



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN  
EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO  
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS  
ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JHON FRANCO APAZA SUAÑA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN**  
**EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO**  
**PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS**  
**ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. JHON FRANCO APAZA SUAÑA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

<b>PRESIDENTE</b>	:	 Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 Mgr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1683-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 14668 presentado por el (la) Bachiller: JHON FRANCO APAZA SUAÑA 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. JHON FRANCO APAZA SUAÑA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** 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. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de 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: JHON FRANCO APAZA SUAÑA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 12 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 15:00 p.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



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

cc. Archivo interesado (s)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1439-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 013510 por el señor (a): JHON FRANCO APAZA SUAÑA quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1324- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 254- 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): JHON FRANCO APAZA SUAÑA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 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° 254- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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): JHON FRANCO APAZA SUAÑA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, 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 DEL CUZCO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

  
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUZCO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1124-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 011686, presentado el señor (a) JHON FRANCO APAZA SUAÑA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1040 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 305-2024 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): JHON FRANCO APAZA SUAÑA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 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° 305-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 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): JHON FRANCO APAZA SUAÑA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Castillo Gusa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (s)



## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
3	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	1%


Submitted to Universidad Autonoma de Chile



## Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Jhon Franco Apaza Suaña
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73780591
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0002-8218-1492">https://orcid.org/0009-0002-8218-1492</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: San Román          Distrito: Juliaca          Latitud: S 15° 29' 27"          Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6">https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p><b>Ingeniería Civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a>  <b>Ingeniería de la construcción</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>
- Librería	


  
 Dr. Elvira Parilla Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHON FRANCO APÁZA SUAÑA, identificado con DNI  
Nro. 73780591, 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:

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO

CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 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 20 de diciembre del 2024



Firma del Asesor  
(obligatoria)



Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

*A mis padres, Feliciano Apaza Mamani y Rosa Irma Suaña Yana. Este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Esta tesis es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes. Gracias por ser los mejores padres del mundo.*



## AGRADECIMIENTO

*En profundo agradecimiento a mis queridos padres, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Esta tesis es el testimonio de su sacrificio y amor, y un recordatorio constante de la importancia del trabajo duro y la educación en nuestras vidas.*



# ÍNDICE GENERAL

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

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	14
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
1.4.1 Justificación técnica.....	16
1.4.2 Justificación económica.....	17
1.4.3 Justificación social.....	18
1.4.4 Justificación ambiental.....	18
1.5 Hipótesis de la investigación.....	19
1.5.1 Hipótesis general.....	19
1.5.2 Hipótesis específicas.....	19
1.6 Variables e indicadores.....	20
1.6.1 Variable independiente.....	20
1.6.2 Variable dependiente.....	20
1.7 Operacionalización de variables.....	21



**CAPÍTULO II  
MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes de la investigación ..... 22

    2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 22

    2.1.2 Antecedente nacional ..... 25

    2.1.3 Antecedente de ámbito local ..... 31

2.2 Bases teóricas ..... 31

    2.2.1 Fibra de carbono ..... 31

    2.2.2 Bases de polímeros reforzados con fibra de carbono ..... 32

    2.2.3 Reforzamiento estructural ..... 44

    2.2.4 Aplicaciones de los sistemas FRP ..... 46

    2.2.5 Aplicaciones en vigas ..... 47

    2.2.6 Aplicaciones en columnas ..... 48

    2.2.7 Aplicaciones en losas ..... 48

    2.2.8 Concreto ..... 49

    2.2.9 Ensayos a compresión y flexión ..... 53

2.3 Marco conceptual ..... 54

**CAPÍTULO III  
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 Diseño de la investigación ..... 58

3.2 Método de la investigación ..... 58

3.3 Nivel y tipo de la investigación ..... 59

    3.3.1 Nivel de la investigación ..... 59

    3.3.2 Tipo de la investigación ..... 59

3.4 Población y muestra ..... 59

    3.4.1 Población de investigación ..... 59

    3.4.2 Muestra de investigación ..... 59

3.5 Técnicas e instrumentos ..... 60

    3.5.1 Técnicas ..... 60

    3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación ..... 60

3.6 Validación y confiabilidad ..... 61

    3.6.1 Validación de los instrumentos ..... 61

    3.6.2 Confiabilidad de instrumentos ..... 61



### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados previos.....	62
4.1.1	Influencia del uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión.....	78
4.1.2	Influencia del uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión.....	84
4.1.3	Influencia del uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión.....	90
4.2	Discusión de Resultados.....	102
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>106</b>



### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Operacionalización de variables ..... 21

**Tabla 2** Valores de materiales ..... 34

**Tabla 3** Numero de muestras ..... 60

**Tabla 4** Granulometria agregado fino ..... 62

**Tabla 5** Peso específico y absorción agregado fino..... 63

**Tabla 6** Peso unitario suelto -agregado fino ..... 64

**Tabla 7** Peso unitario compactado -agregado fino..... 64

**Tabla 8** Contenido de humedad – agregado fino ..... 64

**Tabla 9** Granulometría agregado grueso ..... 65

**Tabla 10** Peso específico y absorción agregado grueso..... 65

**Tabla 11** Peso unitario suelto -agregado grueso ..... 66

**Tabla 12** Peso unitario compactado -agregado grueso..... 67

**Tabla 13** Contenido de humedad – agregado grueso ..... 67

**Tabla 14** Resultados obtenidos ..... 68

**Tabla 15** Dosificación de materiales ..... 70

**Tabla 16** Asentamiento muestra patrón ..... 70

**Tabla 17** Resistencia a la compresión–muestra patrón – 7 das ..... 72

**Tabla 18** Resistencia a la compresión – muestra patrón – 14 das ..... 73

**Tabla 19** Resistencia a la compresión – muestra patrón – 28 das ..... 74

**Tabla 20** Resistencia a flexión – muestra patrón – 7 das..... 75

**Tabla 21** Resistencia a flexión – muestra patrón – 14 das..... 76

**Tabla 22** Resistencia a flexión – muestra patrón – 28 das..... 77

**Tabla 23** Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono ..... 78

**Tabla 24** Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono ..... 79

**Tabla 25** Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 1 capa de fibra de carbono ..... 80

**Tabla 26** Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono.. 81

**Tabla 27** Resistencia a la flexión 14 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono 82

**Tabla 28** Resistencia a la flexión 28 días–muestra patrón + 1 capa de fibra de carbono 83

**Tabla 29** Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón +2capas de fibra de carbono ..... 84



<b>Tabla 30</b> Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón +2capas de fibra de carbono .....	85
<b>Tabla 31</b> Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono .....	86
<b>Tabla 32</b> Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +2capas de fibra de carbono	87
<b>Tabla 33</b> Resistencia a la flexión 14 días–muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono .....	88
<b>Tabla 34</b> Resistencia a la flexión 28 días–muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono .....	89
<b>Tabla 35</b> Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono .....	90
<b>Tabla 36</b> Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono .....	91
<b>Tabla 37</b> Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono .....	92
<b>Tabla 38</b> Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono	93
<b>Tabla 39</b> Resistencia a la flexión 14 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono .....	94
<b>Tabla 40</b> Resistencia a la flexión 28 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono .....	95
<b>Tabla 41</b> Comparativa de resistencia obtenidas durante los 7 días. ....	96
<b>Tabla 42</b> Comparativa de resistencia obtenidas durante los 14 días. ....	97
<b>Tabla 43</b> Comparativa de resistencia obtenidas durante los 28 días. ....	98
<b>Tabla 44</b> Comparativa de resistencia a flexión durante los 7 días. ....	99
<b>Tabla 45</b> Comparativa de resistencia a flexión durante los 14 días. ....	100
<b>Tabla 46</b> Comparativa de resistencia a flexión durante los 28 días. ....	101



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Granulometría del agregado fino..... 63

**Figura 2** Granulometría del agregado grueso..... 66

**Figura 3** Asentamientos promedio muestra patrón ..... 71

**Figura 4** Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 7 días ..... 72

**Figura 5** Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 14 días ..... 73

**Figura 6** Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 28 días ..... 74

**Figura 7** Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 7 días ..... 75

**Figura 8** Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 14 días ..... 76

**Figura 9** Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 28 días ..... 77

**Figura 10** Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 7 días ..... 78

**Figura 11** Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 14 días ..... 79

**Figura 12** Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 28 días ..... 80

**Figura 13** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 7 días..... 81

**Figura 14** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 14 días..... 82

**Figura 15** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 28 días..... 83

**Figura 16** Factores de carga y resistencia, MP +2capas de fibra de carbono a los 7 días ..... 84

**Figura 17** Factores de carga y resistencia, MP +2capas de fibra de carbono a los 14 días ..... 85

**Figura 18** Factores de carga y resistencia, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 28 días..... 86

**Figura 19** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 7 días..... 87

**Figura 20** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2capas de fibra de carbono a los 14 días..... 88

**Figura 21** Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 28 días..... 89



<b>Figura 22</b> Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 7 días .....	91
<b>Figura 23</b> Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 14 días.....	92
<b>Figura 24</b> Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 28 días.....	93
<b>Figura 25</b> Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 7 días.....	94
<b>Figura 26</b> Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 14 días.....	95
<b>Figura 27</b> Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 28 días.....	96
<b>Figura 28</b> Comportamiento de las resistencias logradas a 7 días.....	97
<b>Figura 29</b> Comportamiento de las resistencias logradas a 14 días.....	98
<b>Figura 30</b> Comportamiento de las resistencias logradas a 28 días.....	99
<b>Figura 31</b> Comportamiento del esfuerzo a flexión en 7 días.....	100
<b>Figura 32</b> Comportamiento del esfuerzo a flexión en 14 días.....	101
<b>Figura 33</b> Comportamiento del esfuerzo a flexión en 28 días.....	102



## RESUMEN

La presente investigación "Efecto de la sustitución de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca 2024", tiene el objetivo de analizar el efecto de la aplicación de fibras de carbono sobre el diseño de concreto convencional. La metodología presenta un tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental y método científico de estudio; Como fase preliminar se realizaron los ensayos de granulometría, peso específico, absorción. De igual manera los pesos unitarios tanto del agregado fino y agregado grueso, siendo esta investigación sobre diseño de concreto convencional con la aplicación de fibra de carbono la resistencia de diseño que se tomará será de  $210\text{kg/cm}^2$ , para la compresión y  $64\text{kg/cm}^2$  para la flexión la cantidad de bolsas a utilizarse será de 9.08 bolsas por metro cubico, como primer objetivo específico de igual manera lo resultados de resistencia a compresión y flexión promedio. A los 7 , 14 y 28 días, muestra patrón y con adición de fibras de carbono; muestra patrón;  $134.54\text{kg/cm}^2$ ,  $174.39\text{kg/cm}^2$ ,  $208.07\text{kg/cm}^2$ ;  $40.03\text{kg/cm}^2$ ,  $54.57\text{kg/cm}^2$ ,  $63.79$ ; con 1 capa de fibra de carbono;  $146.66\text{kg/cm}^2$ ,  $191.74\text{kg/cm}^2$ ,  $224.97\text{kg/cm}^2$ ;  $42.47\text{kg/cm}^2$ ,  $60.86\text{kg/cm}^2$ ,  $72.40\text{kg/cm}^2$ ; con 2 capas de fibra de carbono;  $162.65\text{kg/cm}^2$ ,  $202.09\text{kg/cm}^2$ ,  $239.21\text{kg/cm}^2$ ;  $52.03\text{kg/cm}^2$ ,  $71.56\text{kg/cm}^2$ ,  $79.36\text{kg/cm}^2$ ; con 3 capas de fibra de carbono;  $184.72\text{kg/cm}^2$ ,  $222.97\text{kg/cm}^2$ ,  $264.72\text{kg/cm}^2$ ;  $65.01\text{kg/cm}^2$ ,  $83.07\text{kg/cm}^2$ ,  $93.64\text{kg/cm}^2$ . Estos resultados tienen una tendencia de elevar tanto su resistencia a la compresión como a la flexión en cuanto más capas de incrementan tanto en las vigas con en las probetas sus resultados aumentar lo cual es favorable para el reforzamiento de estructuras ya existentes.

**Palabras Clave:** Agregados fino, agregado grueso. aplicación, fibra de carbono, reforzamiento estructural.



### ABSTRACT

The present research "Effect of the substitution of carbon fiber in the conventional concrete design as a proposal for the reinforcement of old structures in the city of Juliaca 2024", has the objective of analyzing the effect of the application of carbon fibers on the conventional concrete design. The methodology presents an applied type, quantitative approach, descriptive level, experimental design and scientific method of study; as a preliminary phase, tests of granulometry, specific weight, absorption were carried out. Similarly the unit weights of both fine aggregate and coarse aggregate, being this research on conventional concrete design with the application of carbon fiber the design strength to be taken will be 210kg/cm<sup>2</sup>, for compression and 64kg/cm<sup>2</sup> for bending the amount of bags to be used will be 9.08 bags per cubic meter, as the first specific objective as well as the results of average compressive and flexural strength. At 7 , 14 and 28 days, standard specimen and with addition of carbon fibers; standard specimen; 134.54kg/cm<sup>2</sup>, 174.39kg/cm<sup>2</sup>, 208.07kg/cm<sup>2</sup>; 40.03kg/cm<sup>2</sup>, 54.57kg/cm<sup>2</sup>, 63.79; with 1 layer of carbon fiber; 146.66kg/cm<sup>2</sup>, 191.74kg/cm<sup>2</sup>, 224.97kg/cm<sup>2</sup>; 42.47kg/cm<sup>2</sup>, 60. 86kg/cm<sup>2</sup>, 72.40kg/cm<sup>2</sup>; with 2 layers of carbon fiber; 162.65kg/cm<sup>2</sup>, 202.09kg/cm<sup>2</sup>, 239.21kg/cm<sup>2</sup>; 52.03kg/cm<sup>2</sup>, 71.56kg/cm<sup>2</sup>, 79.36kg/cm<sup>2</sup>; with 3 layers of carbon fiber; 184.72kg/cm<sup>2</sup>, 222.97kg/cm<sup>2</sup>, 264.72kg/cm<sup>2</sup>; 65.01kg/cm<sup>2</sup>, 83.07kg/cm<sup>2</sup>, 93.64kg/cm<sup>2</sup>. These results have a tendency to increase both their compressive and flexural strength as more layers are increased both in the beams and in the specimens, which is favorable for the reinforcement of existing structures.

**Keywords:** Fine aggregates, coarse aggregate, application, carbon fiber, structural reinforcement.



## INTRODUCCIÓN

Un aumento considerable de las cargas previstas durante el diseño o el funcionamiento de una estructura puede provocar graves deformaciones en los componentes de la misma, lo que puede poner en peligro su funcionalidad y seguridad. En estas circunstancias, es de suma importancia tener en cuenta la aplicación de una solución fiable y sencilla, como el refuerzo estructural, que aumente la capacidad de carga de la estructura y garantice su estabilidad a largo plazo. Es posible que surjan problemas relacionados con la durabilidad del sistema estructural si esta cuestión no se aborda a tiempo. Esto es especialmente cierto en situaciones en las que los materiales que se utilizaron durante la construcción del sistema presentan deficiencias en su calidad o cualidades mecánicas. La mayoría de las veces, es necesario realizar trabajos de refuerzo y reparación en elementos estructurales para garantizar que son seguros y que mantienen su rendimiento. Entre las diversas técnicas a las que se puede acceder, destaca una técnica de refuerzo externo que utiliza fibras de carbono. El elemento estructural dañado se recubre mediante este método, que resulta especialmente útil en situaciones en las que el elemento se encuentra en un estado crítico, como cuando se encuentra en estado de colapso debido a cargas de flexión o cizallamiento. Gracias a este método, es posible restaurar o aumentar la capacidad del elemento para soportar las cargas a las que está sometido. Como resultado, se puede prolongar la vida útil del elemento y reducir el peligro de fallos estructurales catastróficos. La fibra de carbono, un material que tiene un inmenso potencial, está en el horizonte del progreso en el sector de la construcción cuando se trata del negocio de la construcción. Lo que distingue a este material de vanguardia es su característica estructura cristalina, formada por un polímero reforzado con filamentos increíblemente finos y alargados generados por átomos de carbono. La forma de este material le confiere cualidades extraordinarias, que hacen que sea sustancialmente más ligero, fuerte y rígido que el acero convencional. Gracias a estas cualidades únicas, la fibra de carbono está llamada a



convertirse en un recurso revolucionario de gran interés para futuras aplicaciones en los ámbitos estructural y arquitectónico. La fibra de carbono es un material que tiene una amplia gama de aplicaciones y se puede utilizar en una variedad de elementos estructurales para mejorar las propiedades mecánicas que pertenecen específicamente a esos elementos. A modo de ejemplo, la utilización de este material tiene por objeto mejorar la rigidez estructural de las columnas, garantizando así una mayor capacidad para soportar cargas sin experimentar deformaciones sustanciales. Del mismo modo, cuando se aplica a vigas, el objetivo es maximizar su ductilidad, lo que les permitirá absorber y disipar mejor las tensiones provocadas por fuerzas externas. Por otra parte, la inserción de este material en muros tiene como finalidad primordial el aumento de la rigidez global, lo que a su vez reduce la probabilidad de que se produzcan deformaciones indeseables en situaciones de carga o impacto.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática

La problemática se agrava en la ciudad de Juliaca, donde factores como la elevada sismicidad de la región, las bajas temperaturas y el alto contenido de humedad ejercen una presión adicional sobre las edificaciones, comprometiendo su estabilidad y seguridad. Las estructuras de concreto, en particular, muestran una pérdida de capacidad resistente debido al deterioro del concreto y la corrosión de las armaduras de acero. Estas condiciones reducen la vida útil esperada de las estructuras, exponiendo a la población a riesgos de fallas estructurales que pueden ocasionar daños materiales significativos y poner en peligro vidas humanas.

En este contexto, el uso de la fibra de carbono como método de reforzamiento surge como una solución innovadora para mejorar la resistencia y durabilidad de estas edificaciones sin necesidad de una demolición y reconstrucción costosas. La fibra de carbono, conocida por su alta resistencia a la tracción y bajo peso, ofrece una práctica alternativa para reforzar el concreto de diseño convencional, permitiendo así extender la vida útil de las estructuras antiguas y adaptarlas a las necesidades estructurales actuales. Sin embargo, existen desafíos técnicos y económicos relacionados con su implementación, tales como los costos elevados del material y la falta de conocimientos locales especializados.



Por lo tanto, la investigación busca abordar esta problemática mediante un análisis detallado de los efectos de la aplicación de fibra de carbono en estructuras de concreto convencional, evaluando su viabilidad técnica, económica y práctica en el contexto específico de Juliaca. Esto permitirá proporcionar bases técnicas y metodológicas que contribuirán a mejorar la seguridad y resiliencia de las construcciones.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Como influye el uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?
2. ¿Como influye el uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?
3. ¿Como influye el uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?



### 1.3 Objetivos de la investigación

#### 1.3.1 Objetivo general

Analizar el efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar cómo influye el uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.
2. Determinar cómo influye el uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.
3. Determinar cómo influye el uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.

### 1.4 Justificación de la investigación

#### 1.4.1 Justificación técnica

Este estudio se centra en la necesidad de mejorar la capacidad resistente y la vida útil de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca, muchas de las cuales presentan signos de deterioro debido al desgaste natural de los materiales y la exposición a condiciones ambientales adversarias. Con el paso de los años, estas edificaciones han visto comprometida su integridad estructural, y en una región de alta sismicidad como Juliaca, la seguridad de las construcciones es una preocupación crítica.

El concreto reforzado con fibra de carbono se ha estudiado y utilizado en diversos contextos debido a sus propiedades excepcionales: alta resistencia a la tracción,



durabilidad, bajo peso y capacidad de mejorar la resistencia a la flexión y cortante de estructuras de concreto deterioradas. La aplicación de fibra de carbono en estructuras antiguas permite reforzar elementos estructurales sin aumentar significativamente el peso de la edificación ni alterar su configuración original, lo cual es ventajoso en edificios donde es necesario preservar la arquitectura o minimizar el impacto de la intervención.

Técnicamente, el uso de la fibra de carbono como refuerzo externo se presenta como una solución eficiente, especialmente cuando se requiere mejorar la capacidad de carga y la resistencia ante eventos sísmicos sin recurrir a métodos de refuerzo convencionales que implican trabajos invasivos o costosos. Este estudio busca analizar el comportamiento del concreto convencional reforzado con fibra de carbono en condiciones locales específicas, proporcionando así un enfoque técnico fundamentado que pueda aplicarse a edificaciones vulnerables en Juliaca. Además, los resultados contribuirán a la comprensión de las metodologías óptimas de aplicación de refuerzos con fibra de carbono en la región, favoreciendo la adopción de soluciones de ingeniería modernas para el reforzamiento estructural.

### **1.4.2 Justificación económica**

El uso de fibra de carbono como material de refuerzo representa una alternativa económicamente viable frente a las soluciones convencionales, ya que su instalación es menos invasiva, rápida y requiere menor cantidad de mano de obra especializada. Aunque la fibra de carbono tiene un costo inicial relativamente alto en comparación con otros materiales, su durabilidad y alta resistencia justifican la inversión, pues reduce los costos asociados a intervenciones futuras y extiende la vida útil de las edificaciones sin necesidad de mayores trabajos de mantenimiento en el corto y mediano plazo.

Además, la implementación de refuerzos con fibra de carbono permite revalorizar las edificaciones sin recurrir a soluciones complejas o costosas que afectan su funcionalidad y estética. Esto no solo optimiza los recursos económicos a nivel de proyecto,

sino que también permite un aprovechamiento más eficiente de los fondos destinados a la mejora de infraestructura en la región. De este modo, los resultados de esta investigación aportarán evidencia económica sobre la efectividad de la fibra de carbono en proyectos de reforzamiento, incentivando la adopción de esta tecnología y generando un impacto positivo en la economía local a través de soluciones más rentables y sostenibles.

### **1.4.3 Justificación social**

El reforzamiento de estas edificaciones con fibra de carbono representa una solución técnica avanzada que permite aumentar la capacidad estructural sin necesidad de realizar modificaciones drásticas o demoliciones que afectarían directamente a sus ocupantes. Mediante el refuerzo con fibra de carbono, es posible intervenir de manera rápida y efectiva, minimizando el impacto en la vida cotidiana de los usuarios y preservando el valor cultural y funcional de las edificaciones que tienen un papel importante en la historia y desarrollo de la comunidad.

Además, el proyecto tiene un efecto multiplicador en la conciencia social sobre la importancia de la seguridad estructural y la adaptación de infraestructuras a las demandas actuales, promoviendo así una cultura de prevención y resiliencia ante desastres naturales. Los resultados de esta investigación contribuirán a desarrollar soluciones de reforzamiento accesibles y sostenibles, lo cual beneficiará a la población de Juliaca al ofrecerles entornos seguros y con mejores condiciones de vida, garantizando su protección y tranquilidad en edificaciones mejor preparadas para soportar condiciones adversas.

### **1.4.4 Justificación ambiental**

El refuerzo de estructuras antiguas con fibra de carbono permite reducir significativamente estos impactos al extender la vida útil de las edificaciones sin generar grandes volúmenes de residuos. La fibra de carbono, aunque es un material de producción específico, tiene una larga durabilidad, lo que reduce la necesidad de futuras



intervenciones, minimizando el uso de recursos y la generación de desechos a lo largo del tiempo. Además, al rehabilitar estructuras en lugar de reemplazarlas, se disminuye la demanda de materiales de construcción como el cemento, cuya producción es intensiva en consumo de energía y emite altas cantidades de CO<sub>2</sub>, contribuyendo al cambio climático.

Este enfoque de rehabilitación estructural contribuye también a la sostenibilidad urbana, ya que fomenta el uso eficiente de los recursos al maximizar el aprovechamiento de las edificaciones existentes y disminuir el impacto ambiental de nuevas construcciones. La investigación, por lo tanto, no solo busca evaluar la viabilidad técnica del uso de fibra de carbono, sino también promover prácticas de construcción y mantenimiento ambientalmente responsables en la ciudad de Juliaca, contribuyendo a la reducción de la huella ecológica y la sostenibilidad en la región.

## **1.5 Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1 Hipótesis general**

El efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca, mejorara sus características.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

1. El uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a las muestras patrón.
2. El uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a la muestra patrón y con 1 capa de fibra de carbono.



3. El uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a la muestra patrón, con 1 y 2 capas de fibras de carbono.

## 1.6 Variables e indicadores

### 1.6.1 Variable independiente

Fibra de carbono

#### Indicadores:

- Incorporación de 1 capa de fibra de carbono.
- Incorporación de 2 capas de fibra de carbono.
- Incorporación de 3 capas de fibra de carbono.

### 1.6.2 Variable dependiente

Concreto convencional

#### Indicadores:

- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexión
- Granulometría
- Contenido de humedad
- Porcentaje de absorción
- Diseño de mezcla

## 1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
Fibra de carbono	Es un material compuesto por su alta resistencia, ligereza y durabilidad, compuesto por fibras extremadamente finas de carbono agrupadas en haces y generalmente unidas mediante resinas.	Incorporación de fibra de carbono	Incorporación de 1 capa Incorporación de 2 capas Incorporación de 3 capas	Hojas de cálculo Excel
Concreto	Se trata de una sustancia muy utilizada en el campo de la construcción, que se produce combinando diversos componentes importantes en una combinación de proporciones exactas.	Propiedades físicas. Propiedades mecánicas.	Módulo de fineza Granulometría. Contenido de humedad Porcentaje de absorción Diseño de mezcla Resistencia a compresión Resistencia a flexión	Equipos de laboratorio

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Lopez (2022) en su trabajo titulado "Propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibra de carbono (CFRC) después de la exposición a altas temperaturas", sostiene que una investigación experimental sobre las propiedades mecánicas residuales y la microestructura del hormigón reforzado con fibra de carbono (CFRC) después de altas temperaturas. Se prepararon siete mezclas de hormigón diferentes con diversos contenidos de fibra de carbono y longitudes de fibra de carbono. Se informaron y analizaron sistemáticamente los efectos de los contenidos de fibra de carbono y las longitudes de fibra de carbono en la resistencia a la compresión, flexión y división del CFRC después de altas temperaturas. Además, se observaron la microestructura y el modo de falla de la fibra de carbono del plano de fractura del CFRC mediante (SEM) significa microscopía electrónica de barrido. La inserción de fibras de carbono en el material puede aumentar en gran medida tanto la resistencia a la flexión como la resistencia a la tracción indirecta o a la rotura del hormigón reforzado con fibras de carbono (CFRC), según los resultados de las evaluaciones experimentales adquiridas mediante el uso de este método. Sin embargo, es importante señalar que el grado de mejora de la resistencia a la compresión que resulta de esta adición es algo limitado. Esto indica que este parámetro no experimenta un aumento



tan significativo en comparación con las demás cualidades que se han enunciado. Las dosis óptimas de contenidos de fibra de carbono y longitud de fibra de carbono son 1,0 % en peso y 10 mm, respectivamente, en términos de las propiedades mecánicas del CFRC después de altas temperaturas. Los contenidos de fibra de carbono ejercen la mayor influencia en la resistencia a la flexión del CFRC, seguido de la resistencia a la división y la compresión. Sin embargo, la longitud de la fibra de carbono influye de manera insignificante en la resistencia a la compresión, flexión y división del CFRC. Las proporciones residuales de resistencia a la compresión, flexión y división del CFRC después de altas temperaturas dependen principalmente del aumento de la temperatura. Los resultados del SEM muestran que el modo de falla del CFRC bajo carga es principalmente la rotura y el desprendimiento de la fibra de carbono.

.Según Morales., (2023) En este trabajo se investiga "Propiedades de tracción de compuestos de matriz polimérica reforzados con fibra de carbono: aplicación para el refuerzo de estructuras de hormigón armado", sostiene que la determinación de las propiedades materiales de los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono (carbono/epoxi) mediante homogeneización numérica e investigación experimental. Se utiliza un modelo de matriz cuadrada periódica de microestructura con y sin poros para la homogeneización. En el software FEM ANSYS, se realizan la homogeneización numérica, así como la simulación del experimento. En primer lugar, para investigar las características materiales del laminado compuesto de carbono/epoxi, se realizó una prueba de tracción cuasiestática unidireccional. A continuación, se compararon los resultados obtenidos de la investigación numérica y experimental. En segundo lugar, nos ocupamos de la aplicación de láminas compuestas de FRP para el refuerzo de la estructura de hormigón armado . El pegamento epoxi de alta resistencia utilizado en la parte inferior de la viga en la ranura fresada, la lámina compuesta se fijó a la viga. En esta aplicación, en primer lugar se evaluó la viga de cuatro puntos de flexión de hormigón armado con arriostramiento de acero y



luego se consideró el efecto de la lámina adherida. Se utilizó el software MSC MARC y Mechanical APDL ANSYS para el análisis. Se examinaron numéricamente y experimentalmente la tensión y la deflexión de Von Mises de la viga de hormigón armado sin y con arriostramiento de láminas. Los resultados revelaron que el uso de láminas influyó en la reducción de la tensión máxima de tracción en el hormigón y en el refuerzo de hormigón.

Según Perez., (2017) En este trabajo se investiga "Estudio experimental sobre el rendimiento mecánico del hormigón de agregado fino reciclado reforzado con fibras de carbono desechadas", sostiene que con el desarrollo de la tecnología en todos los campos, es necesario recomendar un material ecológico para ser utilizado en la industria de la construcción. Recientemente, el uso de materiales de desecho/reciclados en el hormigón como sustituto es una tendencia para llevar la sostenibilidad a la industria de la construcción, pero los materiales reciclados/de desecho tienen malas propiedades mecánicas, por lo tanto, para mejorar estas malas propiedades, esta investigación estudia el rendimiento mecánico del hormigón sostenible que incorpora materiales de desecho como agregados, el estudio se realiza en tres etapas. En la primera etapa, la arena natural se sustituyó con arena reciclada en el porcentaje de 0, 35, 70 y 100%, y todas las pruebas, es decir, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por hendidura y resistencia a la flexión, se realizaron en hormigón que se curó en agua durante 28 días. Como la sustitución del 35% de arena natural con agregado fino reciclado presentó el rendimiento mecánico óptimo, se seleccionó para la tercera etapa de la investigación. En la segunda y tercera etapas, las fibras de carbono descartadas se utilizaron en el hormigón con un 2, 4 y 6% en peso. Se prepararon un total de 90 muestras para esta investigación, de las cuales 30 muestras eran cubos, 30 muestras eran cilindros y 30 muestras eran vigas, todas las muestras fueron probadas a los 28 días. Se realizó un análisis comparativo para validar y verificar los resultados de este artículo con la literatura relevante. También se realizó la prueba SEM en una superficie de hormigón fracturado para estudiar su microestructura. El



resultado de las pruebas reveló que la utilización de fibras de carbono descartadas en el hormigón mejora la resistencia a la compresión, la tracción dividida y la flexión en un 27,8, 17,8 y 35,9% y actúa como puente de grietas y también restringe la propagación de las primeras grietas. Las fibras también ayudaron al hormigón a mejorar su capacidad de absorción de energía y ductilidad.

### 2.1.2 Antecedente nacional

Según, Calla y Torres, (2015), su investigación titulada “Reforzamiento por flexión de vigas de concreto armado con fibra de carbono”, Se puede afirmar que se ha comprobado, a través de los ensayos realizados, que el momento resistente calculado según la NTE E.060 presenta un margen de seguridad que varía entre el 15% y el 20% en vigas simplemente armadas. Esto es según los datos que se obtuvieron de las vigas que se examinaron. Del mismo modo, estas vigas tienen un impresionante grado de ductilidad, exhibiendo un comportamiento plástico que es aproximadamente de dos a tres veces su capacidad antes de alcanzar el punto de colapso. En cuanto a la eficacia del refuerzo por flexión de fibra de carbono, los resultados obtenidos en las vigas sometidas a prueba demuestran un gran aumento del momento resistente, alcanzando incrementos de aproximadamente entre el treinta y el cuarenta por ciento. Esto en comparación con las vigas que no fueron expuestas a este tipo de refuerzo. Como resultado de estos resultados, la capacidad estructural de las vigas reforzadas ha mejorado significativamente, lo que demuestra que la utilización de fibra de carbono como solución de refuerzo es un método eficaz. En el transcurso de las pruebas realizadas en las vigas, tanto las reforzadas con fibra de carbono como las que no lo estaban, se descubrió que la diferencia en la calidad del hormigón ( $f_c=140$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, y  $f'_c =280$  kg/cm<sup>2</sup>) tiene un efecto de aproximadamente el 10% en la resistencia última de las vigas examinadas. Como resultado de este descubrimiento, parece que es posible llevar a cabo el refuerzo de estructuras de hormigón de baja calidad, siempre que se tomen las debidas precauciones para evitar el



fallo por delaminación en la fibra de carbono. Por lo tanto, se puede deducir que es posible mejorar la capacidad estructural de las vigas, incluso cuando se utiliza hormigón con características mecánicas inferiores a las típicas, siempre que se den las circunstancias adecuadas y se controle bien el procedimiento de aplicación del refuerzo.

Según, Calla, (2020) en su investigación titulada "Análisis y restauración estructural de la superestructura del Puente La Capilla mediante el uso de refuerzos con Fibra de Carbono", En la presente investigación se llevó a cabo una comparación exhaustiva entre los cálculos obtenidos de las hojas de datos del proyecto. Los resultados de esta comparación llevaron a los investigadores a la conclusión de que los daños observados en la superestructura del puente eran consecuencia de defectos de diseño. El diagnóstico definitivo se obtuvo realizando una evaluación completa de la patología estructural del puente de La Kapila como parte del análisis. Esta evaluación se llevó a cabo para obtener el diagnóstico. Durante este procedimiento se llevó a cabo un análisis del comportamiento de los asentamientos provocados por los efectos estructurales de las superestructuras. Se aplicó la normativa vigente de forma rigurosa y comparable a otras evaluaciones realizadas en el pasado. Para realizar los cálculos y simulaciones necesarios se utilizó el programa de diseño y análisis de puentes CsiBridge. Los resultados de estos cálculos y simulaciones proporcionaron una imagen más clara y precisa de las condiciones estructurales del puente, así como de las causas subyacentes de los daños en su superestructura. Este enfoque fue el responsable de la aplicación del planteamiento mencionado. Tras la finalización del análisis y la obtención de los resultados correspondientes, avanzamos en el proceso de mejora del diseño inicial del proyecto. Durante este proceso, descubrimos una serie de defectos en la estructura que se había levantado, alguno de los cuales no cumplía plenamente las normas establecidas por la norma ACI 440.2R-08. Durante el proceso de evaluación y optimización, se demostró que se había incorporado tecnología innovadora. Más concretamente, se demostró la utilización de fibra de carbono como material de refuerzo, frente al uso convencional de acero expandido. Los resultados de



esta investigación han demostrado que la incorporación de plástico reforzado con fibra de carbono (FRP) en la estructura dio lugar a una mejora sustancial de las propiedades mecánicas, especialmente en lo que respecta a la resistencia a la flexión y al cizallamiento. Esta estrategia no sólo demuestra ser una solución muy eficiente desde el punto de vista estructural, sino que también proporciona considerables ventajas en cuanto a costes, lo que la convierte en una alternativa significativamente más rentable en comparación con otras formas convencionales. Además, su instalación es significativamente menos complicada y lleva menos tiempo, lo que ayuda a reducir el tiempo de intervención in situ y los gastos que conllevan los trabajos de refuerzo.

Según, Sanchez, (2018) nos dice que el presente estudio "Estudio comparativo de la capacidad de flexión de una columna de sección cuadrada con una resistencia de  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , reforzado con fibras de carbono frente a un refuerzo convencional, empleando el software Mathcad", El propósito principal de esta tesis es realizar una comparación entre la resistencia a flexión de columnas cuadradas que han sido reforzadas con fibra de carbono y las que no tienen dicho refuerzo. El objetivo de este estudio es examinar las diferencias de comportamiento estructural que existen entre los dos tipos diferentes de columnas y sugerir un enfoque de diseño particular que se puede llevar a cabo con la ayuda del programa Mathcad. En cuanto al enfoque utilizado, se especifica que la utilización de Mathcad, que es una aplicación informática desarrollada específicamente con el fin de realizar, verificar, documentar y reutilizar cálculos de ingeniería, permite la ejecución de estas investigaciones de forma precisa y eficiente. El propósito de este programa es ayudar a la recopilación de datos mediante la realización de un análisis bibliográfico exhaustivo de artículos y tecnologías que están asociados con la utilización fibras. Además, se realizaron cálculos comparativos entre columnas reforzadas y no reforzadas, teniendo en cuenta el correspondiente módulo de elasticidad de la fibra de carbono. Esto ayudó a generar resultados más detallados y fiables en el examen de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados. El análisis lleva a la



siguiente conclusión: en el caso de los cilindros cuadrados, se observa una mejora considerable de la eficacia del refuerzo de fibra, lo que se traduce en un aumento del rendimiento bajo carga axial e instantánea. Esta es la conclusión que puede extraerse de la evaluación. Además, se ha descubierto que ha disminuido la resistencia de las construcciones realizadas con tablero reforzado y hormigón, respectivamente. Basándose en este descubrimiento, parece que la resistencia a la flexión del hormigón puede optimizarse aún más cuando la resistencia a la compresión del hormigón es relativamente baja. Como resultado, es posible llegar a la conclusión de que el comportamiento estructural mejora mucho en términos de flexión. Esto es especialmente cierto cuando las propiedades de compresión del material base disminuyen, lo que permite a las fibras de refuerzo desempeñar un papel más significativo en el rendimiento global de la estructura. En cuanto a la función de carga axial, se prevé un aumento medio del 61,18%, que culminará en un valor del 37,6% para columnas rectangulares cuya sección transversal mide 0,30x0,30 metros. A partir de estos resultados, se puede extraer la siguiente conclusión: la curva de compresión por flexión de las columnas reforzadas con fibra de carbono tiene el potencial de alcanzar un punto de inflexión comparable al de las secciones que no están reforzadas contra flexión. Además, existen pruebas de que se produce un aumento del momento de resistencia nominal cuando se incrementa el refuerzo. Esto, a su vez, se traduce en un aumento de la carga axial máxima que la columna es capaz de soportar. Sobre la base de lo anterior, es posible afirmar que el diseño estructural del miembro mejora considerablemente con la incorporación del refuerzo de fibra de carbono, que optimiza tanto la capacidad de compresión del miembro como su resistencia a la flexión.

Según, Paredes y Rojas (2020) en su investigación titulada "Análisis del impacto del empleo de selladores, varillas planas y revestimientos de fibra de carbono en el desempeño estructural de la losa de concreto reforzado del tablero del puente que cruza el río Mantaro", Según la descripción, el puente está construido con varillas de acero



colocadas tanto en vertical como en horizontal. Estas varillas están soldadas al diseño estructural del puente, y se utilizan losas de hormigón para cubrirlas. Según las conclusiones de la investigación realizada, el agrietamiento de la losa que se produjo después de las obras en la parte superior e inferior hizo necesaria la instalación del refuerzo estructural de la losa que se selló. El crecimiento que se observó en la parte superior fue la causa principal de las grietas, provocadas por el hecho de que no había suficiente refuerzo en ese lugar concreto. Teniendo todo en cuenta, parece que la ausencia de refuerzo suficiente en la pérdida fue un factor que contribuyó significativamente al desarrollo de grietas en la estructura, lo que en última instancia comprometió su integridad. Las tensiones provocadas por la disposición de las conexiones en las secciones verticales y horizontales del puente sobre el río Mantaro están haciendo que las grietas de las losas de hormigón del puente experimenten un proceso de contracción y desplazamiento continuos. Además, las grietas se están calentando como consecuencia de las tensiones. Como resultado de esta configuración, el hormigón está siendo sometido a una presión excesiva, superior a la capacidad de resistencia de las varillas de refuerzo. Las zapatas y los contornos de la estructura están provocando vibraciones adicionales, lo que está conduciendo al empeoramiento gradual de las pérdidas. La interacción que tiene lugar entre los conectores y el refuerzo estructural contribuye de forma significativa a la formación de fracturas, que se agravan con el tiempo como resultado de la acumulación de tensiones y de las vibraciones que se crean.

Según, Castro (2020) en su investigación titulada "Análisis del efecto del empleo de selladores y recubrimientos de fibra de carbono en el rendimiento estructural de las losas de concreto reforzado", El objetivo principal del estudio era investigar y comprobar el impacto que tenía la utilización de fibra de carbono con fines de refuerzo estructural en las columnas de hormigón del centro comercial en cuestión. Gracias a las cualidades de la fibra de carbono, es posible aumentar considerablemente la resistencia a la compresión



de estas columnas, lo que a su vez contribuye a mejorar la estabilidad y durabilidad de la estructura. El tamaño total de este centro comercial es de 625 metros cuadrados, y sus medidas son de 25 metros por 25 metros. Está situado en el barrio limeño de Lince. Además, está diseñado para incorporar un espacio que pueda ser utilizado como estacionamiento. Al final, el propósito de esta investigación es determinar cómo la utilización de este tipo particular de refuerzo podría mejorar las propiedades estructurales de la estructura, contribuyendo así al desempeño y seguridad del edificio a largo plazo. Se desarrollaron y construyeron un total de dos pisos adicionales para reforzar y aumentar la estabilidad de la estructura existente. Esto se hizo con el fin de acomodar la expansión del edificio. Durante este proceso, se reforzaron las columnas anteriores mediante la inserción de filamentos de fibra de carbono, un método novedoso que ha demostrado su eficacia para aumentar la capacidad estructural de la estructura. Durante el proceso de análisis de las columnas reforzadas, se descubrió que presentaban una excelente adherencia externa. Esto fue posible gracias al uso de un adhesivo a base de resina epoxídica, que produjo un aumento sustancial de la resistencia a la compresión de las columnas. Esta intervención no sólo mejoró la capacidad de carga de la estructura, sino que también aumentó su longevidad a lo largo de su vida útil. Además, las investigaciones realizadas sobre el comportamiento de este material en ingeniería estructural han demostrado que la fibra de carbono es entre siete y diez veces más resistente a la tensión que el acero de grado 60. Este hallazgo da más credibilidad a la fibra de carbono. Este hallazgo da más credibilidad a la fiabilidad de esta solución para el refuerzo de estructuras. En el curso de los experimentos de laboratorio que se llevaron a cabo con sondas cilíndricas de fibra de carbono, se descubrió que el hormigón poseía una resistencia a la compresión excepcionalmente alta. Esta forma de investigación se llevó a cabo mediante un análisis cuantitativo exhaustivo, centrándose principalmente en una población concreta. Esta población incluía las columnas de hormigón situadas en el sótano, así como las galerías de referencia situadas en el segundo piso. Con el fin de obtener resultados más representativos y precisos, se tomaron tres muestras circulares de hormigón. Estas



muestras se eligieron para reflejar con precisión la resistencia real de las columnas de hormigón en su estado natural, sin interferencias externas ni refuerzos adicionales. Con el fin de garantizar que los resultados obtenidos fueran fiables y se ajustaran a los criterios de diseño y resistencia exigidos, este método se llevó a cabo de acuerdo con las normas establecidas en las normas técnicas RNE E030 y E060. Los resultados de las pruebas realizadas llevaron a establecer dos grupos de columnas con fines de análisis comparativo. El primer grupo estaba formado por una columna esférica que tenía una capa de fibra de carbono de 600 gramos por metro cuadrado que se utilizó para reforzarla. La resistencia de la columna aumentó considerablemente como resultado de este refuerzo, alcanzando un incremento del 187,76% en comparación con la resistencia inicial de la columna. Por el contrario, el segundo grupo estaba formado por una columna que no contenía ningún refuerzo, lo que dio lugar a una resistencia de sólo el 77,53% de su valor original. Además, se observó que la construcción reforzada mostraba un comportamiento más duradero y respondía adecuadamente a las exigencias planteadas por las pruebas anteriores. Además, el refuerzo no interfirió ni inhibió el funcionamiento del túnel. En términos de rendimiento, la columna reforzada con fibra de carbono demostró una reducción de la flota de hormigón del 58%, lo que evidencia la eficacia del refuerzo aplicado.

### **2.1.3 Antecedente de ámbito local**

Concerniente a antecedentes en el ámbito local no se encontraron referencias bibliográficas de las cuales poder citarlos.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Fibra de carbono**

Tomando en consideración los puntos de vista de los autores Theodore, Brown, Eugene, Bruce y Bursten, cuyo trabajo es reconocido por Fernández (2012), su noción establece lo siguiente:

En otras palabras, las propiedades del grafito son anisótropas, lo que significa que cambian en función de la dirección en la que se recorre el material sólido. Debido al elevado número y fuerza de los enlaces que existen entre los átomos de carbono en esa orientación concreta, el grafito posee un extraordinario nivel de resistencia a lo largo de los planos de carbono en esa orientación concreta. Por otro lado, los enlaces que conectan los distintos planos de carbono son algo más débiles, lo que hace que el grafito tenga una resistencia significativamente menor en la dirección perpendicular a la orientación de los planos.

El grado en que se produce esta alineación puede variar en función del procedimiento que se utilice. Además de ser muy ligeras, estas fibras tienen una baja reactividad química, lo que indica que pueden utilizarse en diversas aplicaciones. Existe una sustancia conocida como carbono amorfo, que suele denominarse fibras de carbono en la industria. Este material se produce mediante un proceso especializado que implica el «estiramiento» y la «orientación» de las fibras a temperaturas controladas.

### 2.2.2 Bases de polímeros reforzados con fibra de carbono

En términos generales, su idea se denomina «sistema de refuerzo diseñado para estructuras de hormigón armado, así como para construcciones de acero y metal». «Este sistema de refuerzo está formado por láminas especializadas que tienen una gran resistencia a la corrosión. Estas láminas están reforzadas con fibra de carbono, y el material del que están hechas se denomina CFRP, que significa polímero reforzado con fibra de carbono» (Sika Perú, 2014, página 1).

- Debido a las excelentes cualidades que ofrecen los materiales compuestos, a veces conocidos como «composites», como la alta resistencia, la gran estabilidad y la baja densidad que proporcionan las fibras de carbono, los materiales compuestos se utilizan con frecuencia. Cuando estos materiales se combinan, generan estructuras que maximizan las propiedades beneficiosas de cada uno de los componentes implicados, consiguiendo así una sinergia de características que



no podría obtenerse de otro modo utilizando cada material por separado. Estos materiales se componen de la combinación de dos o más sustancias que mantienen sus fases diferenciadas entre si. Cuando se trata de materiales compuestos a base de carbono, las fibras de grafito se entretajan de una determinada manera para producir un tejido, que luego se introduce en una matriz. Las fibras se mantienen unidas por esta matriz, que funciona como aglutinante y permite construir una estructura que es sólida y se adhiere a sí misma. Uno de los resultados finales es un material compuesto más robusto y duradero que cualquiera de sus componentes por separado. Esto se consigue utilizando las características únicas de cada componente para producir un material compuesto que es más fuerte que cualquiera de sus componentes individuales.

Como resultado de sus notables cualidades mecánicas, que superan a las de otros tipos de fibras, las fibras de carbono, también denominadas CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), han emergido como una de las soluciones más populares y comúnmente utilizadas en una gran variedad de aplicaciones, tal y como afirma Castillo (2010). Es posible obtener un material que es reconocido por tener cualidades superiores en términos de resistencia y rendimiento en comparación con otras alternativas que actualmente están disponibles en el mercado. Este tipo de fibras se produce haciendo uso de polímeros particulares, como el PITCH o el PAN, que son esenciales para la producción de fibras de carbono. Se sabe que los polímeros de brea, que se forman a partir de petróleo refinado o brea, ofrecen un material versátil que puede utilizarse para diversos fines. Las fibras de brea se fabrican a partir de estos polímeros. Las sorprendentes características mecánicas que poseen estas fibras, como una gran resistencia y un alto módulo de elasticidad, las hacen especialmente valiosas en la producción de materiales que requieren una gran resistencia y rigidez. Estas fibras destacan por sus notables capacidades mecánicas. En industrias donde se requieren atributos de rendimiento notables, este tipo particular de fibra es muy importante, como ha señalado Castillo (2010, página 2). Por otro

lado, las fibras formadas a partir de poliacrilonitrilo (PAN) también son de gran importancia, ya que generan un material excepcionalmente resistente y con un alto módulo de elasticidad. Esto permite utilizarlas en una amplia variedad de aplicaciones que requieren un rendimiento mecánico superior.

**Tabla 2***Valores de materiales*

Material	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia a la tensión (Mpa)	Deformación última a la tensión (%)
<b>Carbono</b>			
Alta resistencia	215.0-235.0	3500.0-4800.0	1.4-2.0
Ultra alta resistencia	215.0-235.0	3500.0-6000.0	1.5-2.3
Alto modulo	350.0-500.0	2500.0-3100.0	0.5-0.9
Ultra alto modulo	500.0-700.0	2100.0-3400.0	0.2-0.4
<b>Vidrio</b>			
E	70.0	1900.0-3000.0	3.0-4.5
S	85.0-90.0	3500.0-4800.0	4.5-5.5
<b>Aramida</b>			
Bajo modulo	70.0-80.0	3500.0-4100.0	4.3-5.0
Alto modulo	115.0-130.0	3500.0-4000.0	2.5-3.5

El carbono es apropiado para aplicaciones que requieren un alto nivel de resistencia tanto a las altas temperaturas como a las condiciones corrosivas, debido a su asombrosa tolerancia a ambos factores. Por otra parte, su elevado coste limita su aplicación a formatos de fibra corta y no a aplicaciones generales. Estas fibras de carbono tienen una gran resistencia y una gran rigidez, lo que les permite funcionar muy bien como refuerzos estructurales a pesar de su baja densidad. Sin embargo, estas características también contribuyen a que su precio sea excesivamente elevado, lo que las hace menos accesibles para proyectos con un presupuesto limitado o para circunstancias en las que la reducción de costes sea el objetivo final. El carbono es apropiado para aplicaciones que requieren un alto nivel de resistencia tanto a las altas temperaturas como a las condiciones corrosivas, debido a su asombrosa tolerancia a ambos factores. Por otra parte, su elevado coste limita su aplicación a formatos de fibra corta y no a aplicaciones generales. Estas fibras de carbono tienen una gran resistencia y una gran rigidez, lo que les permite funcionar muy bien como refuerzos estructurales a pesar de su baja densidad. Sin



embargo, estas características también contribuyen a que su precio sea excesivamente elevado, lo que las hace menos accesibles para proyectos con un presupuesto limitado o para circunstancias en las que la reducción de costes sea el objetivo final (Callister, 2007).

Como afirman los autores Theodore, Brown, Eugene, Bruce y Bursten (citados por Fernández, 2012), la utilización de los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra de carbono (CFRP) viene determinada en función de la forma en que se suministran y de la manera en que se aplican sobre la estructura que se desea reforzar. Estos materiales pueden utilizarse eficazmente en el refuerzo estructural de una gran variedad de elementos, lo que permite una mejora sustancial de la resistencia y durabilidad de las estructuras en las que se incorporan. El tipo de aplicación necesaria y los objetivos del proyecto de refuerzo determinarán el grado de utilización de estos materiales:

- Vigas y losas de concreto armado, sometidas a cargas de flexión, para mejorar su resistencia y capacidad de soportar esfuerzos flexurales.

- Vigas de madera reforzadas para incrementar su capacidad de flexión y aumentar su durabilidad estructural.

- Vigas y columnas de concreto armado reforzado para resistir fuerzas cortantes, mejorando la estabilidad frente a esfuerzos de corte. - Vigas de hormigón armado a momento torsor.

Vigas de concreto armado algunas veces a momentos torsionales, donde el refuerzo aumenta su resistencia a la torsión.

- Columnas reforzadas para soportar esfuerzos combinados de compresión, flexión y corte, aumentando la capacidad estructural en estos elementos.

- Refuerzos que incrementan la ductilidad en columnas de concreto armado, mejorando la capacidad de absorción de energía y deformación antes de la falla.

- Placas de armado concreto, reforzadas para soportar cargas adicionales y mejorar su desempeño ante esfuerzos diversos. (p. 8)

Sika CarboDur es un sistema que se utiliza para reforzar y mejorar la capacidad estructural de estructuras de hormigón, madera y metal. Es aplicable en una amplia gama de escenarios específicos, incluyendo los que se enumeran a continuación:

### **Aumento de la capacidad de carga**

Incremento en las cargas vivas de espacios de almacenamiento.

Aumento del volumen vehicular en estructuras de puentes.

Refuerzo de estructuras expuestas a vibraciones constantes.

Modificaciones en el uso funcional de edificaciones existentes.

### **Deterioro y componentes estructurales**

Desgaste progresivo y envejecimiento natural de material.

Corrosión y debilitamiento de los elementos de refuerzo de acero.

Daños provocados por impactos accidentales de vehículos.

Afectaciones derivadas de incendios y exposición a altas temperaturas.

### **Optimización de la capacidad de servicio**

Reducción en los niveles de deformación estructural.

Minimización experimentada por el acero

Disminución en el ancho y extensión de las fisuras presentes en la estructura.

### **Modificaciones en los sistemas estructurales.**

Remociones estructurales.

Retiro de secciones específica de la pérdida existente.

### **Modificaciones en los sistemas estructurales.**

Remoción de paredes o columnas estructurales.

Retiro de una sección específica de la pérdida existente.



- Como las matrices epoxídicas tienen una extraordinaria capacidad de adhesión, son muy apreciadas en esta categoría de materiales. Esto las convierte en una opción perfecta para dotar a los compuestos de estabilidad y resistencia, ya que son capaces de adherirse al material. A pesar de que las fibras de carbono son el objetivo principal de este caso concreto, este tipo de polímeros reforzados, que pueden combinar fibras de carbono, vidrio o aramida, son materiales que actualmente se emplean ampliamente en diversas industrias. El material accesible en las primeras fases de investigación y aplicación estaba disponible en dos formas principales de presentación. Estas presentaciones estaban determinadas por la forma de aplicación y el modo en que funcionaban. Las pletinas de fibra de carbono, que podían ser rectas o tener forma de «L» en ángulo, y los tejidos de fibra de carbono, que se empleaban en función de las necesidades específicas del refuerzo estructural, eran los componentes que conformaban estos tipos de presentaciones

Gracias a la estabilidad y longevidad de las características mecánicas de las fibras, que permanecen inalteradas frente a diversos elementos, como la humedad, los disolventes, los ácidos, las bases y otros agentes ambientales, este material es una excelente elección para el refuerzo de estructuras cementosas de hormigón armado. Debido a esta propiedad, las fibras son capaces de mantener su integridad incluso después de estar en estrecho contacto con el hormigón durante largos periodos de tiempo. Además, su rendimiento no se ve afectado por las circunstancias ambientales.

Además de lo anterior, es importante señalar que las fibras de carbono poseen características notables, como una resistencia excepcional a largo plazo, que supera incluso los valores alcanzados a corto plazo, incluso cuando se someten a cargas constantes o sostenidas. Estas fibras tienen una elevada resistencia a la tracción y a la compresión, lo que les confiere un rendimiento excepcional bajo diferentes tipos de tensión. Además, su módulo de rigidez es comparable al del acero, lo que les permite



ofrecer una excelente estabilidad estructural. Por otra parte, su comportamiento a la fatiga es igualmente sobresaliente, lo que las convierte en un material muy eficaz y duradero, según Meier(citado por Olmo, 2011).

El proceso de recalentamiento da como resultado cintas perfectamente alineadas y constituidas casi totalmente de carbono en su forma de grafito. Esto se consigue mediante el funcionamiento del proceso de recalentamiento. Las fibras de carbono son el resultado de este proceso, por lo que se denominan fibras de carbono. La aplicación de estas fibras en la industria de la construcción es un desarrollo relativamente reciente; sin embargo, su utilización a escala mundial no es un fenómeno nuevo. Debido a las extraordinarias características que poseen las fibras de carbono, como su gran resistencia a la tracción y su capacidad para resistir la corrosión, las fibras de carbono se han utilizado en diversas industrias durante más de tres décadas. Estas características las han hecho destacar, aportando multitud de beneficios y ventajas en el sector de la construcción, donde se utilizan cada vez más debido a la gran durabilidad y a las características de rendimiento que ofrecen. Flores, 2000, p. 1).

Las fibras tienen un grosor de 0,50 metros y longitudes que varían en función de los requisitos y especificaciones del diseño en el que se van a aplicar. La presentación de estas fibras es en forma de láminas, y la disposición de estas láminas está ordenada en una sola dirección. Las fibras son capaces de dar la resistencia adicional que se requiere para reforzar la estructura o material en el que se incorporan cuando se disponen en esta configuración. Este diseño es muy adecuado para satisfacer los requisitos técnicos de cualquier proyecto individual. (Flores, 2000, p. 3). ara ilustrar su explicación, el mismo autor utiliza el ejemplo de un refuerzo desarrollado para un forjado que se ha aligerado y cuya capacidad de resistencia se va a aumentar. Para lograr este objetivo, se colocan tiras de fibra de carbono bajo las viguetas de la estructura en el número de capas necesario para proporcionar el nivel de resistencia deseado. De manera similar, cuando se trata de una losa reforzada que tiene refuerzo en dos direcciones diferentes, es posible instalar tiras de fibra en ambas direcciones. De este modo, la estructura de la losa cuenta con un refuerzo

adicional equilibrado. Para mejorar la capacidad de carga y la estabilidad de la pérdida de acuerdo con los requisitos del diseño estructural, este proceso permite optimizar ambos aspectos

Por consiguiente, una vez preparada la superficie de hormigón de forma exacta y precisa, el proceso de aplicación de un sistema de refuerzo de polímero reforzado con fibras (FRP) pasa por numerosas etapas, que se describen a continuación. Estos procesos se tratan con más detalle a continuación. Estas fases son esenciales para garantizar la eficacia de la intervención en la estructura de hormigón, asegurando que la unión se realiza correctamente y que el sistema de refuerzo rinde al máximo nivel posible.:

- Una vez finalizados los preparativos necesarios para la superficie de hormigón, se aplica una capa de imprimación epoxídica con la ayuda de un rodillo diseñado específicamente para este fin. Esta imprimación epoxídica, en general, tiene una viscosidad baja, lo que facilita su penetración profunda en la estructura del hormigón. El objetivo principal de esta capa inicial es garantizar que la superficie de hormigón se adhiera al hormigón de la mejor manera posible. Esto es esencial para garantizar que los materiales de refuerzo que se aplicarán posteriormente se fijen correctamente la eficacia y longevidad del sistema de refuerzo que se aplicará a la estructura.
- saturante epoxídico a la superficie preparada para impregnar completamente las fibras secas. Una de las funciones más importantes de este saturante es garantizar que las fibras permanezcan en la orientación y ubicación adecuadas, evitando así que se desplacen a otro lugar. Para garantizar que las fibras se impregnen lo más rápidamente posible y que permanezcan en su lugar preciso mientras comienza. Esto garantiza que las fibras estén correctamente alineadas y adheridas a la superficie, lo que garantiza que el refuerzo estructural seguirá siendo funcional y tendrá un buen rendimiento a largo plazo. Gracias a su sorprendente viscosidad, este saturante facilita la manipulación de las fibras y garantiza su correcta y eficaz aplicación. Además, asegura que la tensión se distribuya uniformemente por las



fibras, lo que se traduce en un aumento tanto de la fuerza como del rendimiento del sistema de refuerzo. Además, este producto funciona como barrera protectora, aislando las fibras de los efectos dañinos de condiciones externas como la humedad, el calor y la exposición a sustancias corrosivas. Además, protege las fibras del desgaste y la abrasión. Esto garantiza que el refuerzo seguirá siendo eficaz y duradero a lo largo del tiempo, maximizando así la cantidad de tiempo que puede utilizarse.

- Las planchas de fibra de carbono se cortan y ajustan con gran precisión de acuerdo con los parámetros de diseño del proyecto. Para que estas planchas se ajusten perfectamente a las regiones especificadas, se preparan de acuerdo con las medidas precisas que requiere el refuerzo estructural. Una vez cortadas las planchas, se colocan cuidadosamente en las zonas adecuadas de la estructura. Esto permite que el saturante empiece a penetrar en las fibras y sea absorbido por ellas. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de este proceso, ya que garantiza que las fibras queden completamente impregnadas y orientadas de la forma correcta, optimizando así su potencial de refuerzo y asegurando que se adhieran al hormigón o a la estructura base con mayor eficacia.
- Una segunda capa de saturante se aplica una vez transcurrido un tiempo predeterminado, que es el necesario para que la hoja de fibra de carbono absorba la primera capa de saturante de forma adecuada. Esta capa adicional tiene la finalidad de cubrir completamente la superficie de la lámina, asegurar que las fibras permanezcan en su ubicación correcta y garantizar que la impregnación sea uniforme en toda la lámina. Esta técnica sirve para optimizar la capacidad de resistencia del material dentro del sistema de refuerzo, lo que a su vez ayuda a reforzar la adherencia del material a la estructura de base.
- En el último paso, se pone una capa de acabado para cubrir completamente el sistema FRP. Esta capa confiere al sistema un aspecto similar al del hormigón



convencional con fines estéticos. Esta capa no sólo cumple una función estética, sino que también desempeña un papel crucial a la hora de garantizar que las fibras de carbono estén protegidas de diversos elementos externos. La protección que proporciona contra los daños provocados por la radiación UV, la acción de productos químicos agresivos, el desgaste abrasivo y las condiciones climáticas extremas es una de sus funciones más importantes. Esto contribuye a garantizar que el sistema de refuerzo siga siendo eficaz y duradero a lo largo del tiempo. (Flores, 2000, p. 4).

Debido al hecho de que es esencial asegurar que el hormigón y la fibra se adhieran entre sí de la manera adecuada, es esencial destacar que la eficacia de este sistema depende en gran medida de la pericia y experiencia del técnico que se encarga de su aplicación. La ejecución de este procedimiento debe realizarse con el máximo cuidado y precisión, y siempre bajo la supervisión de un ingeniero que haya recibido una amplia formación y sea experto en este método. La supervisión profesional garantiza que el proceso de aplicación se lleve a cabo de forma adecuada y que se optimicen las propiedades del sistema para lograr los resultados que se persiguen. De este modo, es de suma importancia destacar que el espesor preciso de cada capa, el control eficaz del tiempo de espera entre la aplicación de cada capa y la presión que se aplica durante el proceso de aplicación son elementos esenciales que tienen un impacto directo en la resistencia global y la eficacia operativa del sistema. Es esencial disponer de estos componentes para garantizar que el sistema funciona adecuadamente y satisface los requisitos necesarios. Por este motivo, no se recomienda que el proceso de aplicación lo lleven a cabo personas que carezcan de conocimientos considerables. Esto se debe a que cualquier imprecisión en estos aspectos podría afectar a la integridad del sistema, así como al rendimiento previsto. (Flores, 2000, p. 4)

Además de la información presentada anteriormente, es esencial tener claro que la mayoría de las fibras de carbono que se utilizan en materiales compuestos se forman a



partir de poliacrilonitrilo (PAN), que es un tipo de polímero que entra dentro de la categoría de los acrílicos. La producción de fibras de carbono con propiedades extraordinarias, como alta resistencia y alto módulo de elasticidad, requiere la utilización de esta sustancia, que es uno de los componentes más importantes. Estas fibras, cuyo diámetro oscila entre 5 y 8 micrómetros, están formadas por partículas de grafito muy pequeñas que se agrupan de forma estructurada. En el caso de un solo cristal de grafito, los átomos de carbono se disponen en un rojo hexagonal ordenado, que es uno de los factores que contribuyen a las extraordinarias capacidades mecánicas de este material. (Groover, 1997, p. 234).

Por lo tanto, el grado de precisión con el que se consigue la orientación de las fibras del módulo de elasticidad por otra parte, está sujeto a alteraciones significativas como consecuencia de las circunstancias particulares y del procedimiento que se utilizan durante el proceso de fabricación. Dicho de otro modo, cualquier modificación de los métodos de producción, como la variación de la temperatura, la presión o la velocidad de fabricación, puede tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas de las fibras, lo que a su vez afecta a su capacidad de deformación bajo carga, así como a su rendimiento estructural en aplicaciones prácticas. Como consecuencia, los defectos en la orientación de las fibras conducen a la producción de huecos que tienen formas complicadas, son alargados y están alineados de forma paralela al eje de la fibra. La presencia de estos huecos no sólo provoca la alteración de la estructura interna de las fibras, sino que también sirven como zonas de concentración de tensiones, lo que da lugar a la formación de zonas vulnerables en el interior de las fibras de carbono. Estas zonas débiles pueden provocar una pérdida significativa de las características mecánicas de las fibras, lo que a su vez puede repercutir en el rendimiento global de las fibras y reducir su utilidad como material de refuerzo en aplicaciones estructurales. (Groover, 1997, p. 234)

De este modo, las fibras de carbono pasan por un proceso que consta de tres fases esenciales. El objetivo de este proceso es alinear las capas de grafeno en la dirección del eje de la fibra. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de esta técnica para garantizar que las capas de grafeno se alineen en la dirección del eje de la fibra.



- **El** proceso de estiramiento es la fase inicial de la producción de fibras de carbono. Este paso implica la orientación del polímero precursor, que es el poliacrilonitrilo (PAN). En la fase inicial del proceso, el polímero se somete a un proceso de estiramiento controlado. Esto se hace para alinear las cadenas moleculares del polímero en la misma dirección en la que se orientará el eje de la fibra en etapas posteriores. Una vez finalizado este proceso de estiramiento, la etapa siguiente consiste en la oxidación del material en una atmósfera que incluye aire a una temperatura que oscila entre 200 y 300 grados Celsius. A lo largo de este proceso, el PAN reacciona con el oxígeno presente en el aire, lo que finalmente da lugar a la incorporación de átomos de oxígeno a la estructura molecular del PAN. Este proceso de oxidación da lugar a la producción de una estructura hexagonal, que también provoca un cambio considerable en el color del material, que pasa del blanco inicial del PAN a un tono negro. Este cambio de color es una indicación de que se ha producido la alteración necesaria en la estructura del polímero.
- Para generar fibras que tengan un nivel de resistencia especialmente alto, el proceso de carbonización de las fibras de carbono es muy necesario. El PAN, acrónimo de poliacrilonitrilo, es el polímero precursor que se somete a tratamiento térmico a temperaturas que oscilan entre 2000 y 2500 grados Celsius durante esta etapa. Las cadenas moleculares del polímero sufren un proceso de reorganización y alineación al someterse a temperaturas extremadamente altas, lo que da lugar a la transformación gradual de estas cadenas en estructuras más organizadas. Como consecuencia de este proceso se crean las láminas de grafeno, que son cintas bidimensionales con una estructura muy ordenada. Estas láminas son increíblemente finas. Este proceso de carbonización implica la eliminación de todos los átomos que no son carbono, lo que finalmente da lugar a la formación de una sustancia que está prácticamente compuesta en su totalidad por carbono. Este tratamiento no sólo altera la estructura molecular del material, sino que también

aumenta drásticamente su resistencia a la tracción. Como resultado, las fibras de carbono que se producen son capaces de soportar tensiones significativamente mayores sin dañarse ni deformarse.

- Para el proceso de grafitización, que es un método sofisticado, se requieren temperaturas superiores a 2.500 grados centígrados. Para lograr el objetivo principal de este tratamiento térmico, que es elevar el módulo de elasticidad de las fibras de carbono, lo que indica un aumento de su rigidez y capacidad para resistir la deformación bajo carga, se aplica el tratamiento térmico. Debido a que el material se somete a condiciones de gran calor durante este proceso, se favorece la organización de las estructuras atómicas del carbono en un grafito rojo cristalino. El proceso de grafitización es especialmente útil en situaciones en las que se desea no sólo mantener la resistencia a la tracción del material a un nivel elevado, sino también aumentar su rigidez. Esto ayuda a mejorar las características mecánicas del material, lo que es especialmente importante en situaciones en las que se requiere un alto rendimiento tanto en resistencia como en elasticidad.

### 2.2.3 Reforzamiento estructural

Es fundamental destacar que, entre todos los sistemas de refuerzo estructural disponibles en la actualidad, el sistema que hace uso de láminas de fibra de carbono es el que ha ganado mayor aceptación debido a los múltiples beneficios que ofrece. Con base en la información proporcionada por Flores (2000), este tipo particular de refuerzo ha sido reconocido por sus características excepcionales, que han resultado en su implementación en una variedad de industrias de ingeniería:

(...) Durante este procedimiento, se colocan una o varias capas de láminas de fibra de carbono alrededor o debajo de las zonas de hormigón que requieren refuerzo. El empleo de estas láminas, junto con una solución adhesiva epoxídica que se ha ideado específicamente, permite lograr una unión completa y fuerte a la superficie de hormigón



que se ha utilizado en primer lugar. Como consecuencia de ello, se produce una capa exterior de refuerzo. Esta capa no sólo ayuda a distribuir y soportar las tensiones que actúan sobre el elemento estructural, sino que también contribuye a evitar deformaciones excesivas, lo que a su vez mejora la estabilidad de la estructura y su capacidad para soportar cargas. «página 2

Debido a diversas circunstancias, en el Perú se ha incrementado significativamente la utilización de sistemas de refuerzo de polímeros reforzados con fibras (FRP). La capacidad de proporcionar un comportamiento estructural extremadamente eficiente y suficiente es uno de los elementos más destacables de estos sistemas de refuerzo. Adicionalmente, su costo es muy inferior al de los sistemas de refuerzo estándar, lo cual es otro aspecto destacable. Es crucial destacar que existen relativamente pocas organizaciones en el país especializadas en el diseño e implementación de estos sistemas, lo que limita aún más su aplicación a gran escala. Y ello a pesar del creciente interés y adopción de estos sistemas. (Flores, 2000, p. 2)

Como los productores de fibras que utilizan este sistema han desarrollado normativas específicas para su uso. Debido a su capacidad para dar cabida a una amplia gama de requisitos, se ha ganado la aceptación general, lo que ha contribuido a su creciente popularidad. Los propietarios de estructuras, en particular, han elogiado la versatilidad que ofrece este sistema, ya que les permite ajustar el uso de las estructuras existentes de manera eficaz. Este sistema ha sido aclamado por su versatilidad. Además, en la decisión de incorporarlo como solución viable y de éxito en diversos proyectos ha influido el hecho de que puede ajustarse fácilmente a los requisitos del edificio y puede implantarse en poco tiempo. (Flores, 2000, p. 2)

Por lo tanto, además de las características que se han comentado anteriormente, debemos incluir la ventaja de su rápida implantación y bajo coste, lo que contribuirá a la consolidación de este sistema como una opción excepcional en el campo de la construcción. La utilización de materiales que poseen una gran resistencia es la base de este sistema, lo que a su vez les proporciona una notable longevidad y rendimiento.

Además, posee una elevada relación rigidez-peso, lo que lo convierte en una excelente opción para una amplia gama de aplicaciones sin comprometer su eficacia estructural ni su estabilidad. Una de sus características más notables es su gran resistencia a una amplia gama de agresiones químicas. Esta resistencia aumenta aún más su fiabilidad y longevidad, lo que lo convierte en una excelente opción para proyectos que requieren materiales que sean a la vez resistentes y duraderos. (Flores, 2000, p. 2)

#### **2.2.4 Aplicaciones de los sistemas FRP**

Su amplia implementación en una variedad de proyectos de construcción puede ser explicada por los siguientes aspectos:

Su peso extremadamente liviano, lo que contribuye a que se agregue una carga mínima muerta adicional a las estructuras.

La notable durabilidad que posee, sumada a sus propiedades anticorrosivas ya su bajo requerimiento de mantenimiento, lo que lo convierte en una opción confiable a largo plazo.

La capacidad de ser instalado de manera rápida, lo que trae consigo un ahorro considerable tanto en términos de tiempo como de costos, dado que la obra se ve optimizada y no se prolonga innecesariamente.

El aumento mínimo en el espesor de la geometría del elemento estructural, lo que asegura que no se comprometan las dimensiones generales de la construcción al aplicar el refuerzo.

Su alta flexibilidad, lo que permite que se adapte sin inconvenientes a diversas formas y configuraciones de los elementos estructurales, brindando soluciones versátiles para cualquier necesidad. (Flores, 2000, p. 4).

Además de estos beneficios, es relevante señalar que las aplicaciones más comunes de este sistema de reforzamiento suelen estar determinadas por los siguientes factores:



Modificaciones en el uso de la edificación o incrementos en las cargas que esta debe soportar, lo que requiere ajustes estructurales.

Deficiencias en el diseño original o en la construcción de la estructura, que pueden hacer necesario un reforzamiento.

Cambios en las normativas de diseño que requieren la actualización o mejora de las estructuras existentes para cumplir con los nuevos requisitos.

Daños ocasionados por eventos sísmicos, que pueden comprometer la integridad de la edificación y requerir una intervención inmediata.

Deflexiones excesivas o movimientos indeseados en los elementos estructurales, que podrían afectar el rendimiento y la seguridad de la construcción. (Flores, 2000, p. 4):.

### **2.2.5 Aplicaciones en vigas**

La capacidad de resistencia que proporciona este sistema de refuerzo es tan notable que, en el caso de una viga que ha sufrido fisuras como consecuencia de las cargas que se le ha exigido soportar, en la medida en que la viga se refuerza en toda su longitud mediante la aplicación de este sistema, es posible que la viga supere incluso su capacidad de carga inicial. Esto ilustra la enorme influencia que tuvo el refuerzo, es decir, que no sólo permitió a la estructura recuperar su rendimiento, sino que también le permitió superar las cargas adicionales que se le impusieron. Como resultado, la resistencia y el rendimiento de la estructura mejoraron significativamente en respuesta a las exigencias que se le impusieron. Es posible producir un gran aumento de la capacidad de la viga para resistir la flexión implementando este sistema de refuerzo en la cara inferior de la viga y distribuyéndolo a lo largo de toda su longitud. Esto permite controlar mejor las deformaciones que puede sufrir la viga. Si, por el contrario, el sistema se aplica en las caras laterales de la viga, se mejora la capacidad de la viga para soportar esfuerzos cortantes. Esto se traduce en una mejora del comportamiento de la viga frente a presiones que tienen tendencia a provocar movimientos o desplazamientos lentos a lo largo de su



sección transversal. Cuando esto ocurre, el refuerzo realiza su función de forma específica para el lugar de la aplicación, maximizando así las características mecánicas de la viga de acuerdo con los requisitos estructurales de cada caso individual. (p. 4)

### **2.2.6 Aplicaciones en columnas**

Una de las aplicaciones más populares de este sistema de refuerzo es mejorar el confinamiento de los pilares y aumentar la resistencia a la flexión de la estructura. En comparación con la alternativa de ampliar drásticamente el tamaño de las columnas, lo que también podría provocar la alteración o pérdida del estilo arquitectónico original de la estructura, esta técnica es una solución mucho más rentable. Mediante la aplicación del refuerzo y el revestimiento adecuados a las columnas, es posible conservar el aspecto estético del diseño inicial sin comprometer su rendimiento. Esto se debe a que, a pesar de que no se altera la forma externa de las columnas, se consigue una mejora significativa en términos de resistencia estructural. (Flores, 2000, p. 4).

### **2.2.7 Aplicaciones en losas**

Concretamente, Flores (2000) llama la atención sobre lo siguiente en lo que se refiere al despliegue del sistema de refuerzo:

En el caso de losas aligeradas o enormes, es posible obtener un aumento significativo de las cargas de servicio sin comprometer el control de su flecha. Esto es cierto independientemente de si las losas se refuerzan en una o dos direcciones separadas. Este tipo de refuerzo es extremadamente útil en una amplia gama de construcciones, como tableros de puentes, forjados de hormigón, losas de aparcamientos y forjados industriales, entre otros tipos de edificios. Por lo tanto, el sistema de refuerzo es aplicable a una amplia variedad de elementos estructurales que, cuando se refuerzan adecuadamente, son capaces de soportar cargas más altas y proporcionar un mejor



comportamiento en términos de deformación y deflexión cuando se someten a condiciones de servicio. 6ª página

Como conclusión, las aplicaciones de este sistema de refuerzo son extensas y variadas, así como variadas y extensas son las necesidades que se pueden presentar para reforzar un edificio. Especialmente en un país que está situado en una zona sísmica y que alberga un gran número de edificios, muchos de los cuales fueron construidos por obreros con poca o ninguna experiencia, sin la orientación técnica adecuada, y sin cumplir con las normas y reglamentos establecidos, la utilización de estos sistemas se vuelve aún más relevante. Esto es algo que debe tenerse en cuenta. Por ello, es muy recomendable que los profesionales del sector presten especial atención a la utilización de estas nuevas tecnologías. Estas tecnologías no sólo aportan soluciones eficientes y eficaces, sino que además presentan una excelente relación entre el beneficio obtenido y el coste que suponen, superando en muchos casos a los métodos tradicionales de refuerzo. Esto es especialmente importante en un país con un alto nivel de actividad sísmica, ya que estas tecnologías ofrecen un método no sólo más accesible, sino también más rápido y económico para mejorar la capacidad estructural y la seguridad de las estructuras. (Flores, 2000, p. 6)

## 2.2.8 Concreto

### a. Definición

Fundamental, es un material que presenta propiedades conceptualmente comparables a las de la roca. Arena, grava, piedra triturada e incluso otras formas de agregados son algunos de los componentes que se mezclan a lo largo del proceso de producción. Este proceso se gestiona con precisión e implica la combinación de diversos elementos. Para unir estos ingredientes se utiliza una sustancia conocida como aglutinante, que es una pasta de cemento. A continuación, se añade agua al aglutinante.



Este aglutinante sirve como componente primario que une todos los áridos entre sí, dando lugar a la formación de una masa sólida y resistente que, una vez endurecida, desarrolla las características que son distintivas del hormigón. Esta capacidad permite al aglutinante cumplir su función en la construcción de estructuras duraderas. Hay situaciones en las que se añaden aditivos al hormigón para modificar o mejorar determinadas propiedades del material. Estas propiedades incluyen la ductilidad, que es la capacidad del material para deformarse sin romperse, la durabilidad, que se refiere a la capacidad del material para resistir el desgaste y los efectos del tiempo. El uso de estos aditivos permite modificar el comportamiento del hormigón de acuerdo con los requisitos específicos de cada proyecto. La resistencia a la compresión del hormigón es extraordinaria, al igual que la de otros materiales pétreos. Esto indica que es capaz de soportar grandes cargas de presión sin deteriorarse. En cambio, cuando el hormigón se somete a esfuerzos de tracción o tensión, su resistencia es significativamente menor. Por ello, su rendimiento se ve entorpecido en circunstancias en las que debe soportar fuerzas que tienen el potencial de estirarse o doblarse.

- **Concreto estructural:** es una frase que incorpora todos los tipos de hormigón que se utilizan con estructuras finas en diversos edificios. Este término incluye tanto el hormigón simple como el hormigón armado, ambos con propiedades suficientes para soportar las cargas y tensiones típicas de las estructuras de los edificios.
- **Concreto simple:** Un tipo de concreto que, a pesar de tener las cualidades necesarias para su uso en aplicaciones estructurales, no contiene ningún tipo de refuerzo metálico, como el acero. Este tipo de hormigón se denomina «hormigón no metálico». La capacidad de este hormigón para resistir esfuerzos de compresión es una de sus características definitorias; sin embargo, no es capaz de resistir esfuerzos de tracción. En consecuencia, su aplicación está restringida en algunas circunstancias en las que es necesario un mayor nivel de resistencia a las fuerzas de estiramiento o flexión.

- **Concreto reforzado:** En los casos en que es importante reforzar la resistencia a la tracción del material, este hormigón se utiliza como solución. El hormigón armado, a diferencia del hormigón simple, se construye con un refuerzo o esqueleto de acero que aumenta la resistencia a la compresión que ya proporciona el hormigón. Gracias a este refuerzo, el hormigón es capaz de soportar cargas de tracción y flexión con mayor flexibilidad, lo que permite utilizarlo para aplicaciones estructurales más exigentes, como vigas, losas y pilares.

### **b. Clasificación del concreto**

Tradicionalmente, el hormigón se ha clasificado principalmente en función de dos características principales: su resistencia a la compresión y su peso unitario. Debido a que repercuten directamente en el comportamiento estructural del material, estas características se han considerado los criterios más importantes y determinantes a la hora de diseñar y producir mezclas de hormigón. La resistencia a la compresión del hormigón es un factor esencial para determinar si es capaz o no de soportar las cargas a las que va a ser sometido. Por otra parte, el peso unitario de una estructura influye en la carga total que puede soportar, así como en su estabilidad y eficacia en el diseño.

### **c. Componentes de concreto convencional**

- **Cemento**

funcionan como un aglutinante eficaz, dando lugar a la formación de una masa homogénea que, una vez fraguada y endurecida, da lugar a una estructura robusta y resistente. Cuando se trata de hormigones contruidos con cemento Portland normal, se ha comprobado que alcanzan las resistencias de diseño esperadas aproximadamente 28 días después de su puesta en obra. Sin embargo, este proceso de aumento de la resistencia no termina ahí; a medida que pasa el tiempo, el hormigón sigue aumentando



su resistencia, aunque a un ritmo algo más lento en comparación con las primeras semanas desde que se vertió.

Debido a que la reacción química que tiene lugar durante el fraguado del hormigón produce calor, hay algunas variedades distintas de cemento Portland que se utilizan para aplicaciones concretas. Este calor hace que el hormigón se expanda durante el proceso de hidratación y, al enfriarse, se contrae, lo que a menudo provoca la aparición de grietas importantes. Este fenómeno, conocido como «fisuración por contracción térmica», es un problema frecuente que debe tenerse en cuenta al desarrollar y utilizar el hormigón en condiciones específicas. El hormigón también es aceptable para su uso en lugares donde puede estar sometido a compuestos agresivos, como diversos cloruros o sulfatos. Tales entornos son ideales para el uso del hormigón. En la construcción marina, donde se requiere el uso de cementos especiales debido a la presencia de agua de mar y otros elementos corrosivos, estas condiciones se dan con frecuencia. Se requieren cementos especiales porque proporcionan un mayor nivel de resistencia y durabilidad frente a estos agentes externos.

### • Agua

Existen requisitos de calidad específicos que debe cumplir el agua que se utiliza en el proceso de mezclado del hormigón para garantizar el buen rendimiento del material. Teniendo esto en cuenta, es de suma importancia que el agua esté totalmente limpia y desprovista de cualquier contaminante que pueda comprometer la integridad estructural del hormigón. Para ser más específicos, debe estar desprovista de cualquier concentración nociva de sustancias como. Por lo tanto, el agua debe ser adecuada para garantizar que el hormigón alcance su potencial de rendimiento óptimo y no sufra cambios desfavorables en su estructura.

### • Agregados

Dado que el costo de los agregados es considerablemente más bajo que el del cemento, resulta económicamente favorable incorporar la mayor cantidad posible de estos materiales en la mezcla. En el concreto se emplean dos tipos principales de agregados: los finos, como la arena, y los gruesos, como la grava, que generalmente se encuentra triturada. Los agregados no solo cumplen con la función de aportar volumen y mejorar las propiedades mecánicas del concreto, sino que también tienen una resistencia propia que contribuye a la capacidad de carga del material. Además, no interfieren ni alteran el proceso de hidratación y endurecimiento del cemento hidráulico, lo que permite que este proceso ocurra de manera eficiente y sin inconvenientes. Gracias a su composición y sus propiedades, los agregados son elementos esenciales que optimizan tanto el rendimiento estructural como la relación costo-beneficio del concreto.

## 2.2.9 Ensayos a compresión y flexión

### Ensayo a la compresión

Este tipo particular de prueba se lleva a cabo con la ayuda de sondas que se han hecho en el pasado con el material que se está probando. En este caso, se requiere que las sondas tengan forma cilíndrica, y los diámetros de las sondas se fijan de acuerdo con las necesidades particulares de la prueba que se va a realizar. Es absolutamente necesario comprobar que las dos bases del cilindro son completamente paralelas entre sí para garantizar que los resultados de la prueba son precisos y coherentes. Para llevar a cabo el procedimiento, se utilizan prensas especializadas que se han desarrollado para este tipo de examen. En estas prensas, una de las placas debe mantenerse en su sitio en todo momento. Esto se hace con la intención de evitar una distribución desigual de las tensiones que se aplican a la sonda, lo que potencialmente podría tener un impacto en la precisión y validez de los resultados que se adquieren durante la prueba. Para obtener mediciones precisas y fiables con el fin de evaluar los atributos del material que se está ensayando, este control de la distribución de las tensiones es absolutamente necesario.

Partiendo de un nivel fijo establecido de antemano, las presiones que se aplican a la sonda aumentan constantemente hasta que se alcanza el punto en que la sonda ya no puede soportar la presión y se rompe o falla. Durante esta operación, el esfuerzo necesario para provocar la rotura de la sonda se registra meticulosamente en los manómetros de la prensa. Esto permite determinar con precisión el valor de la carga máxima que el material es capaz de soportar antes de fracturarse. La tensión de rotura es una métrica vital en el examen de la resistencia del material, y se utiliza para analizar el comportamiento del material en condiciones de tensión creciente.

### **Ensayo a la flexión**

La aplicación inicial de la tensión  $P_f$  tiene lugar en el centro de la sonda, y aumenta gradualmente de acuerdo con un ritmo que se determina en términos de kilogramos por centímetro cuadrado por minuto. Una punta de acero, que sirve de punto de contacto para la aplicación de la carga, se encarga de transferir esta tensión a la sonda. Es el aumento progresivo de la carga lo que hace que el material de la sonda soporte una tensión cada vez mayor hasta que alcanza su límite de resistencia, lo que en última instancia provoca la rotura del material. En algunos casos, la tensión sigue aumentando hasta que resulta difícil seguir aplicando cargas mayores. Esto se debe a que el material comienza a fluir o deformarse, lo que impide la transferencia de tensiones adicionales. Es esencial llevar a cabo este procedimiento para determinar la capacidad de carga máxima que el material es capaz de soportar antes de colapsarse.

## **2.3 Marco conceptual**

### **a. Fibra de carbono (barras)**

A efectos de refuerzo y consolidación de edificios de hormigón y mampostería, se entiende por tal una barra de sección rectangular que se construye utilizando fibra de carbono de calidad aeroespacial y una matriz polimérica. Esta barra está específicamente



destinada a este fin. Este tipo de barra combina las propiedades excepcionales de la fibra de carbono, conocida por su gran resistencia y ligereza, con la flexibilidad y adherencia de la matriz polimérica. Como resultado, es una opción extremadamente eficaz para mejorar la integridad estructural de edificios y estructuras en situaciones en las que se requiere una mayor capacidad de carga o resistencia a factores externos (Aparicio & Andrés, 2020)

### **b. Concreto**

Se compone principalmente de un aglutinante en el que se insertan diversas partículas o trozos de un árido, además de agua y aditivos particulares que cumplen propósitos concretos.

### **c. Concreto armado**

Construido principalmente por un aglutinante en el que se integran diversas partículas o fragmentos de un árido, junto con agua y aditivos particulares que cumplen tareas específicas.

### **d. Concreto hidráulico**

Este material está conformado de muestras específicas, los cuales, al reaccionar químicamente con el agua a través de un proceso conocido como hidratación. (Estupiñan & Caballero, 2020)

### **e. Inyección epoxica**

Se denomina así a una técnica que se utiliza para establecer la unión de varias porciones de hormigón mediante la aplicación de una resina epoxídica con una viscosidad excepcionalmente baja. (Pérez & Fernando, 2016)

### **f. Diseño de mezcla**



Este procedimiento tecnológico se refiere al reto de identificar las proporciones óptimas de los distintos componentes que forman un material compuesto, como el hormigón, para garantizar que se satisfacen varias necesidades específicas relacionadas al coste del material. El hormigón es un ejemplo de material compuesto..(Apaza Lazo & Salcedo Tejeda, 2019).

### **g. Nivelación de superficie**

La formulación de estas resinas epoxídicas se ha adaptado para satisfacer los requisitos especiales de relleno de cavidades, huecos y defectos superficiales de tamaño inferior a 0,5 centímetros. Se distinguen por su extraordinario poder de adherencia al hormigón, que les permite establecer un vínculo sustancial y duradero con la superficie. Esta es su principal característica. (Estupiñan & Caballero, 2020).

### **h. Polímero**

Se denomina así a un tipo de sustancia macromolecular que se obtiene mediante la combinación química de monómeros. Dependiendo de la composición que se utilice, estos monómeros pueden tener una composición química idéntica o distinta. (Estupiñan & Caballero, 2020).

### **i. Refuerzo estructural**

El término «capacidad estructural» se refiere al proceso de aumentar la capacidad estructural de un componente que se encuentra en un estado de mantenimiento adecuado. La finalidad de este procedimiento es permitir que el componente se modifique o adapte para que pueda resistir un cambio en las cargas a las que estará sometido. (Estupiñan & Caballero, 2020).

### **j. Refuerzo estructural de edificaciones**



Con el fin de reducir o prevenir posibles daños causados por catástrofes o situaciones de emergencia, este concepto comprende una serie de procedimientos especializados y el uso de diversos materiales para reforzar un edificio o estructura. También se incluye en este concepto la utilización de varios materiales diferentes.(Estupiñan & Caballero, 2020).



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la investigación

Este diseño experimental permitirá determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la aplicación de fibra de carbono en concretos convencionales, proporcionando datos relevantes para futuras aplicaciones de sostenibilidad en la construcción urbana de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca. (Amorós Morote & Bendezú Ulloa, 2019) **El diseño es experimental.**

#### 3.2 Método de la investigación

El método de investigación científica que se seguirá permitirá responder de manera objetiva a las hipótesis planteadas. Al final de la investigación, se obtendrán resultados cuantificables sobre la aplicación de fibras de carbono en el concreto convencional, y se ofrecerán conclusiones sobre la viabilidad de su uso en la construcción sostenible. (Reyes, 2022) **El método es científico.**

### 3.3 Nivel y tipo de la investigación

#### 3.3.1 Nivel de la investigación

Este nivel permite obtener un panorama detallado sobre cómo la aplicación de carbono en el concreto convencional como propuesta de reforzamiento. Aunque no se busca establecer relaciones causales en este nivel, los resultados obtenidos proporcionarán una base sólida para futuras investigaciones más profundas que puedan explorar los mecanismos subyacentes y determinar el potencial. (Reyes, 2022) **El nivel es descriptivo.**

#### 3.3.2 Tipo de la investigación

En este caso, la investigación tiene como objetivo investigar la aplicación de fibra de carbono en un concreto convencional, con la intención de mejorar su desempeño estructural. (Gomez Rojas, 2020) **El tipo es aplicada.**

### 3.4 Población y muestra

#### 3.4.1 Población de investigación

Incluye todas las estructuras antiguas de concreto ubicadas en la ciudad de Juliaca que requieren reforzamiento debido a su deterioro estructural o a la necesidad de mejorar su capacidad de carga. Esto abarca edificaciones residenciales, comerciales e institucionales que fueron construidas con técnicas de diseño convencional y que podrían beneficiar de la aplicación de fibra de carbono como solución de refuerzo. (Ojeda, 2020)

#### 3.4.2 Muestra de investigación

La muestra será representativa y se determinará mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo aquellas estructuras que estén disponibles para la evaluación y que se ajusten a los criterios mencionados. La aplicación de la fibra de carbono se realizará en una parte de la muestra, mientras que el resto servirá como grupo

de control para comparar los efectos del refuerzo en términos de capacidad de carga, durabilidad y comportamiento estructural.

**Tabla 3**

*Numero de muestras*

Ensayo	Concreto convencional patrón	Concreto + 1 capa de fibra de carbono	Concreto + 2 capas de fibra de carbono	Concreto + 3 capas de fibra de carbono.	Total
Resistencia a compresión	5	5	5	5	20
Resistencia a flexión	5	5	5	5	20
	10	10	10	10	40

### 3.5 Técnicas e instrumentos

#### 3.5.1 Técnicas

- Observación directa
- Análisis de materiales
- Formulas
- Diseño de mezcla
- Ensayos de laboratorio

#### 3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

- Datos de campo
- Máquinas de laboratorio
- Bolsas de conservación
- Formatos Excel
- Plantillas



### **3.6 Validación y confiabilidad**

#### **3.6.1 Validación de los instrumentos**

Es fundamental para asegurar la calidad y exactitud de los datos obtenidos, los cuales servirán como base para la evaluación del grado de contaminación ambiental y la posterior formulación de propuestas de manejo y mitigación (Suárez P. et al., 2022)

Para lograr una validación rigurosa, se emplearán los siguientes métodos y criterios

- Revisión teórica y normativa
- Prueba de confiabilidad
- Validez de contenido
- Pruebas de validez predictiva
- Entrenamiento y estandarización del personal
- Pruebas de sensibilidad y especificidad

#### **3.6.2 Confiabilidad de instrumentos**

Se emplearán en esta investigación es un aspecto clave para asegurar la calidad de los datos obtenidos. En este contexto, los instrumentos de medición, tanto para la calidad del aire, el suelo y el agua, deben ser capaces de entregar resultados consistentes a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones de medición. (Suárez P. et al., 2022).

Para garantizar esta confiabilidad, se utilizarán los siguientes enfoques y criterios:

- Calibración de los instrumentos
- Pruebas de reproducibilidad
- Estabilidad temporal
- Pruebas de consistencia interna
- Control de calidad en el campo
- Validación cruzada con instrumentos alternativos

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados previos

**Tabla 4**

*Granulometría agregado fino*

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	24.95	4.99	4.99	95.01
N° 8	53.30	10.66	15.65	84.35
N° 16	53.10	10.62	26.27	73.73
N° 30	69.45	13.89	40.16	59.84
N° 50	157.20	31.44	71.60	28.40
N° 100	101.45	20.29	91.89	8.11
N° 200	1	0.20	92.09	7.91
FONDO	39.55	7.91	100.00	0.00
SUMA	500.00	100.00		
Mf = MÓDULO DE FINEZA			2.51	

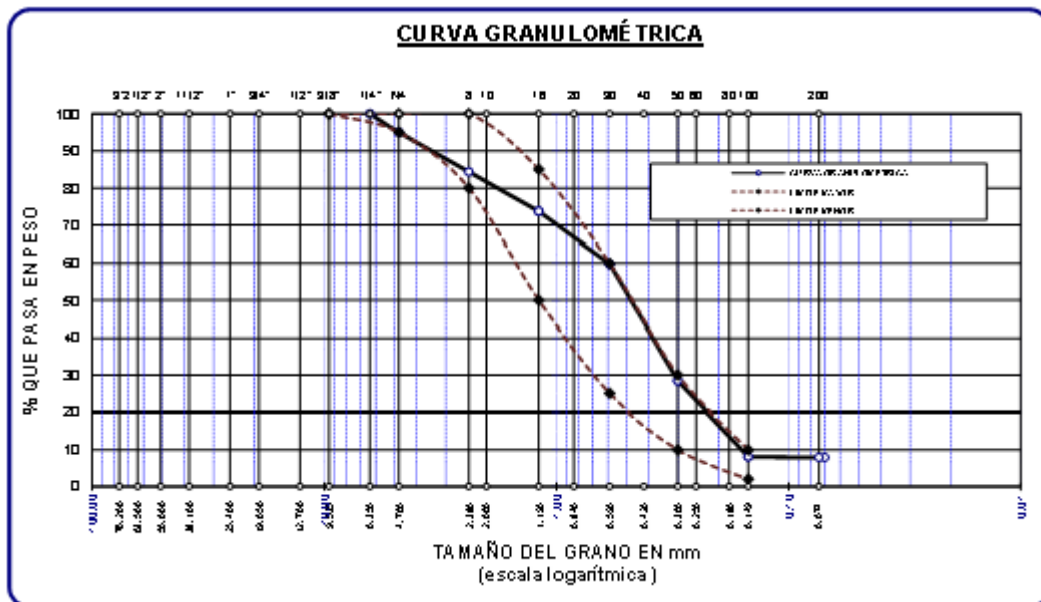
**Tabla 5**

*Peso específico y absorción agregado fino*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
A	-PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO		486.33
B	-PESO DE MUESTRA SATURADA SECA (SSS)		500.00
WC	-PESO DEL PICNÓMETRO CON AGUA		1311.01
	-PESO DEL PIC. + MUESTRA + AGUA		1616.04
PESO ESPECÍFICO			
WC+B =	1811	WC+B-W =	195
PE =	$\frac{B}{WC + B - W}$	=	2.56 GR/CM3
ABSORCIÓN			
B =	500.00	B-A =	13.67
ABS =	$\frac{(B-A) \times 100}{A}$	=	2.81 %

**Figura 1**

*Granulometría del agregado fino*



**Tabla 6***Peso unitario suelto -agregado fino*

peso unitario suelto – agregado fino			
peso molde	6270 gr	6270 gr	6270 gr
volumen molde	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>
	caída libre	caida libre	caida libre
peso molde+muestra suelta	9810.00 gr	9794.00 gr	9790.00 gr
peso muestra suelta	3540.00 gr	3524.00 gr	3520.00 gr
densidad muestra seca	1.682 gr/cm <sup>3</sup>	1.674 gr/cm <sup>3</sup>	1.672 gr/cm <sup>3</sup>
promedio		1.676 gr/cm <sup>3</sup>	

**Tabla 7***Peso unitario compactado -agregado fino*

peso unitario compactado – agregado fino			
peso molde	6270 GR	6270 GR	6270 GR
volumen molde	2105 CM <sup>3</sup>	2105 CM <sup>3</sup>	2105 CM <sup>3</sup>
capas	3	3	3
golpes por capa	25	25	25
peso molde+muestra compactada	9933.00 gr	9940.00 gr	9950.00 gr
Peso muestra compactada	3663.00 gr	3670.00 gr	3680.00 gr
Densidad muestra seca	1.740 gr/cm <sup>3</sup>	1.743 gr/cm <sup>3</sup>	1.748 gr/cm <sup>3</sup>
promedio		1.744 gr/cm <sup>3</sup>	

**Tabla 8***Contenido de humedad – agregado fino*

agregado fino	
tarro n°	1
peso muestra humeda + tarro (gr.)	359.12
peso muestra seca + tarro (gr.)	333.00
peso tarro (gr.)	54.12
peso muestra humeda (gr.)	305.00
peso muestra seco (gr.)	278.88
peso agua (gr.)	26.12
% HUMEDAD	9.37



**Tabla 9**

*Granulometría agregado grueso*

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	300	8.57	8.57	91.43
1/2"	1350	38.57	47.14	52.86
3/8"	700	20.00	67.14	32.86
1/4"				
N° 4	500	14.29	81.43	18.57
FONDO	650.00	18.57	100.00	0.00
SUMA	3500.00	100.00		

**Tabla 10**

*Peso específico y absorción agregado grueso*

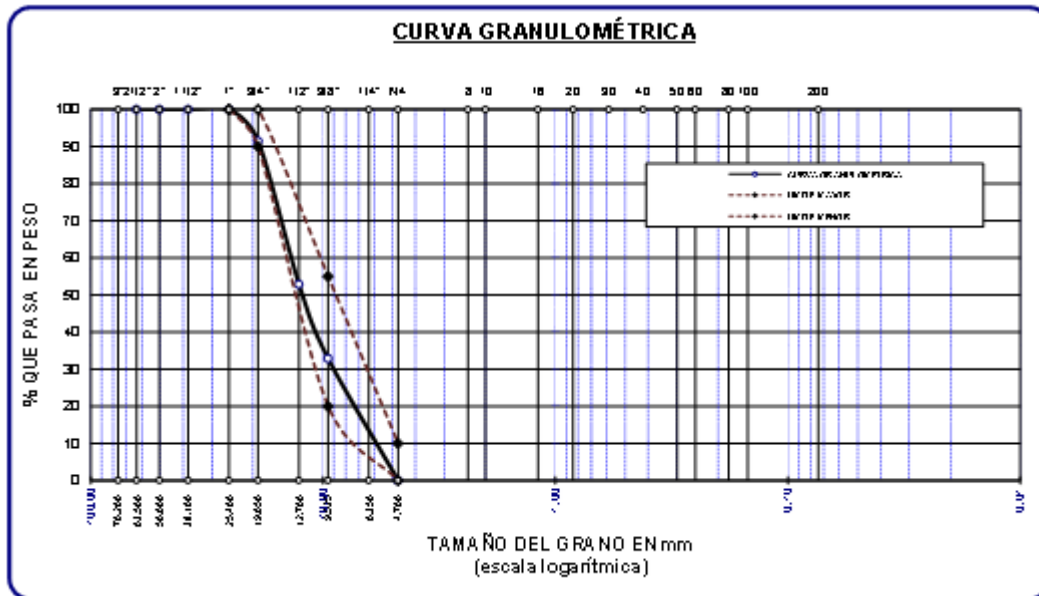
<b>Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro</b>			
A	-Peso de muestra secada al horno		786.26
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)		800.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua		1311.01
W	-Peso del Pic. + muestra + agua		1798.67
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			
Wc+B =	2111	Wc+B-W =	312
Pe =	$\frac{B}{Wc + B - W}$	=	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
<b>ABSORCIÓN</b>			

$$B = 800.00 \quad B-A = 13.74$$

$$\text{Abs} = \frac{(B-A) \times 100}{A} = 1.75 \%$$

**Figura 2**

*Granulometría del agregado grueso.*



**Tabla 11**

*Peso unitario suelto -agregado grueso*

peso unitario suelto-agregado grueso			
peso molde	7142gr	7142gr	7142gr
volumen molde	3200cm3	3200cm3	3200cm3
	caída libre	caída libre	caída libre
peso molde+muestra suelta	11313.00 gr	11344.00 gr	11350.00 gr
peso muestra suelta	4171.00 gr	4202.00 gr	4208.00 gr
densidad muestra seca	1.303 gr/cm3	1.313 gr/cm3	1.315 gr/cm3
promedio		1.310 gr/cm3	

**Tabla 12***Peso unitario compactado -agregado grueso*

peso unitario compactado-agregado grueso			
peso del molde	7142.GR	7142.GR	7142.GR
volumen del molde	3200.CM3	3200.CM3	3200.CM3
n° de capas	3	3	3
n° de golpes por capa	25	25	25
peso del molde + muestra compactada	11814.gr	11850.gr	11835.gr
peso de la muestra compactada	4672.gr	4708.gr	4693.gr
densidad maxima de la muestra seca	1.460gr/cm3	1.471gr/cm3	1.466 gr/cm3
promedio		1.466gr/cm3	

**Tabla 13***Contenido de humedad – agregado grueso*

agregado grueso	
tarro	2
peso muestra húmeda + tarro(gr.)	341.88
peso muestra seca + tarro(gr.)	335.00
peso tarro(gr.)	54.12
peso muestra húmeda (gr.)	287.76
peso muestra seco(gr.)	280.88
peso del agua(gr.)	6.88
% humedad	2.45

**Diseño de mezcla 210 kg/cm<sup>2</sup> (NORMA ACI 211)****Proceso de diseño**

f'c	=210kg/cm <sup>2</sup> (28días)
f'cr	=294kg/cm <sup>2</sup>
Slump	= 3" a 4"
Cemento	= Portland Tipo IP
T.M.N.	= 1/2" (12.7mm)



### Resultados de laboratorio

**Tabla 14**

*Resultados obtenidos*

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA	AGREGADO FINO ARENA
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.56	2.56
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1466	1744
P.U. Suelto	1310	1676
% de Absorción	1.75	2.81
% de Humedad Natural	2.45	9.37
Módulo de Fineza	-	2.51

#### Paso 1

Selección de asentamiento = 3" a 4"

#### Paso 2

Selección del tamaño máximo nominal = T.M.N. = 1/2"

#### Paso 3

Cantidad de agua = 216 lt/m<sup>3</sup>

#### Paso 4

Aire incorporado = 2.5%

#### Paso 5

Relación agua/cemento = a/c = 0.56

#### Paso 6

Cantidad de cemento =  $216 / 0.56 = 386$  kg/m<sup>3</sup>



### Paso 7

Cantidad de agregado grueso =  $0.58 \times 1466 = 849 \text{ kg/m}^3$

### Paso 8

Cálculo de volúmenes absolutos

Volumen de agua	= $216 / 1000$	= 0.216
Volumen de cemento	= $386 / (3.15 \times 1000)$	= 0.122
Volumen de A.G.	= $849 / (2.56 \times 1000)$	= 0.332
Volumen aire atrapado	= $2.5 / 100$	= 0.025
Volumen sub total		<hr/> = 0.695
Volumen arena	= $1000 - 0.695$	= 0.305 m <sup>3</sup>
Peso agregado fino	= $0.305 \times 2.56 \times 1000$	= 782 kg/m <sup>3</sup>

### Paso 9

Corrección de pesos de agregados

Agregado grueso húmedo	= $849 \times 1.0244944$	= 870 kg
Agregado fino húmedo	= $782 \times 1.0937$	= 855 kg

### Paso 10

Corrección de agua efectiva

Agua efectiva =  $216 - 849 \times (2.45 - 1.75) / 100 - 782 ( 9.37 - 2.81) / 100 = 159 \text{ lt/m}^3$

### Paso 11

Dosificación de materiales

**Tabla 15***Dosificación de materiales*

agregado	dosificación peso seco (kg/m <sup>3</sup> )	proporción volumen peso seco	dosificación peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	proporción volumen peso húmedo
Cemento	386	1.00	386	1.00
Agua	216	0.56	159	0.41
A Grueso	849	2.20	870	2.26
A. Fino	782	2.03	855	2.22
Aire	2.5 %		2.5 %	

Cantidad de cemento = 9.08bolsas /m<sup>3</sup> de cemento

**Paso 12***Dosificación por peso*

Cemento	=42.50kg
Agregado fino humedo	= 94.24kg
Agregado grueso humedo	= 95.88kg
Agua efectiva	= 17.49kg

**Slump****a. Asentamiento****Tabla 16***Asentamiento muestra patrón*

Muestra	Asentamiento	Slump	Promedio
M - 01	3" - 4"	3.90	3.81
		3.81	
		3.71	
		3.56	
M - 02	3" - 4"	3.86	3.75
		3.74	
		3.48	
		3.95	
M - 03	3" - 4"	3.64	3.69
		3.64	
M - 04	3" - 4"	3.45	3.74

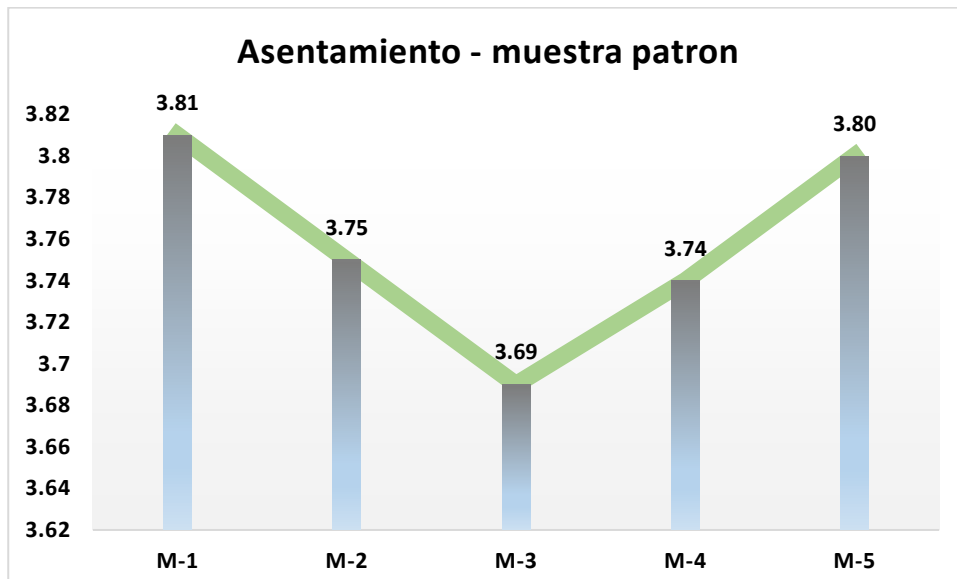
---

		3.85		
		3.93		
		3.85		
M - 05	3" - 4"	3.80		3.80
		3.75		

---

**Figura 3**

*Asentamientos promedio muestra patrón*



Se muestra los promedios de asentamiento de una "muestra patrón" en cinco puntos (M-1 a M-5). Se observa que el asentamiento más alto ocurre en M-1 (3.81) y el más bajo en M-3 (3.69). Después de M-3, los valores comienzan a recuperarse, alcanzando casi el nivel inicial en M-5 (3.80). En general, los asentamientos fluctúan levemente, pero se mantienen dentro de un rango estrecho de 3.69 a 3.81, lo que indica una variación mínima en los resultados de asentamiento.

### Resistencia a la compresión muestra patrón

#### Prueba de resistencia a la compresión muestra patrón 7 días

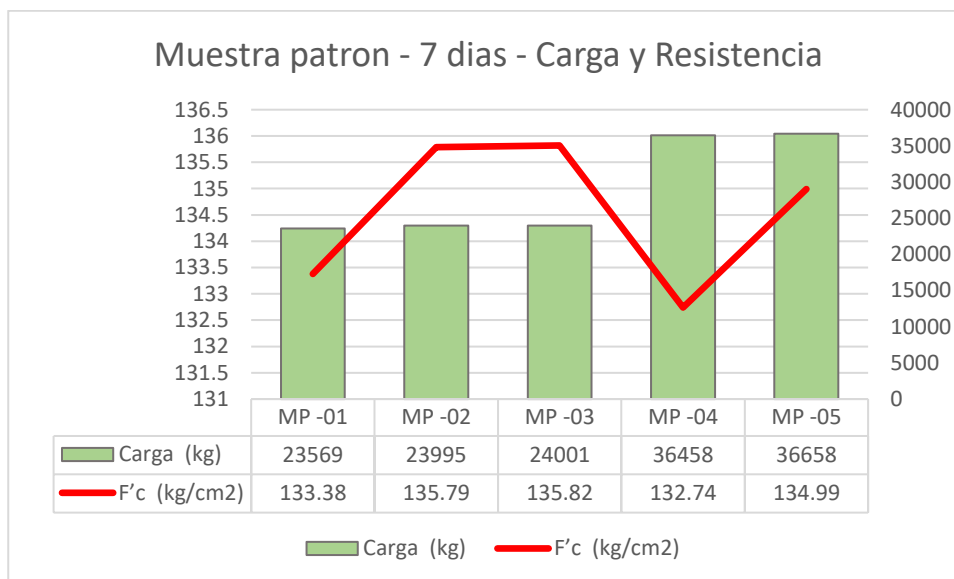
Tabla 17

Resistencia a la compresión–muestra patrón – 7 das

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP-1	23569	133.38		
MP-2	23995	135.79		
MP-3	24001	135.82	210	7
MP-4	36458	132.74		
MP-5	36658	134.99		

Figura 4

Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 7 días



La figura presenta los resultados de carga y resistencia a la compresión para cinco muestras (MP-01 a MP-05) a los 7 días. Las barras verdes representan la carga máxima en kilogramos (kg), y la línea roja muestra la resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>. La carga y la resistencia varían entre las muestras, siendo MP-05 la que soporta la mayor carga (36,658 kg) y presenta una alta resistencia (134.99 kg/cm<sup>2</sup>). Aunque hay fluctuaciones entre las muestras, los valores de carga y resistencia son relativamente consistentes, lo que sugiere una calidad homogénea en el material evaluado.

### Prueba de resistencia a la compresión muestra patrón 14 días

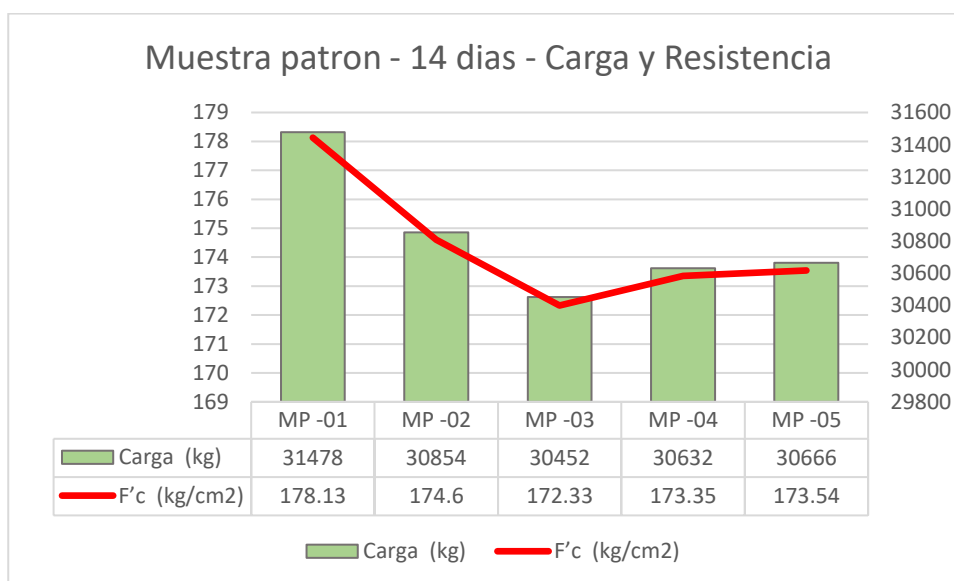
**Tabla 18**

*Resistencia a la compresión – muestra patrón – 14 das*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP-1	31478	178.13		
MP-2	30854	174.60		
MP-3	30452	172.33	210	14
MP-4	30632	173.35		
MP-5	30666	173.54		

**Figura 5**

*Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 14 días*



La figura muestra cómo la carga (barras verdes) y la resistencia a la compresión (línea roja) varían en cinco muestras después de 14 días. Observamos que la carga se mantiene en niveles similares entre muestras, mientras que la resistencia disminuye inicialmente hasta MP-03 y luego presenta un leve aumento en las últimas muestras. Esto podría indicar variaciones en la resistencia del material durante el proceso de curado.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón 28 días

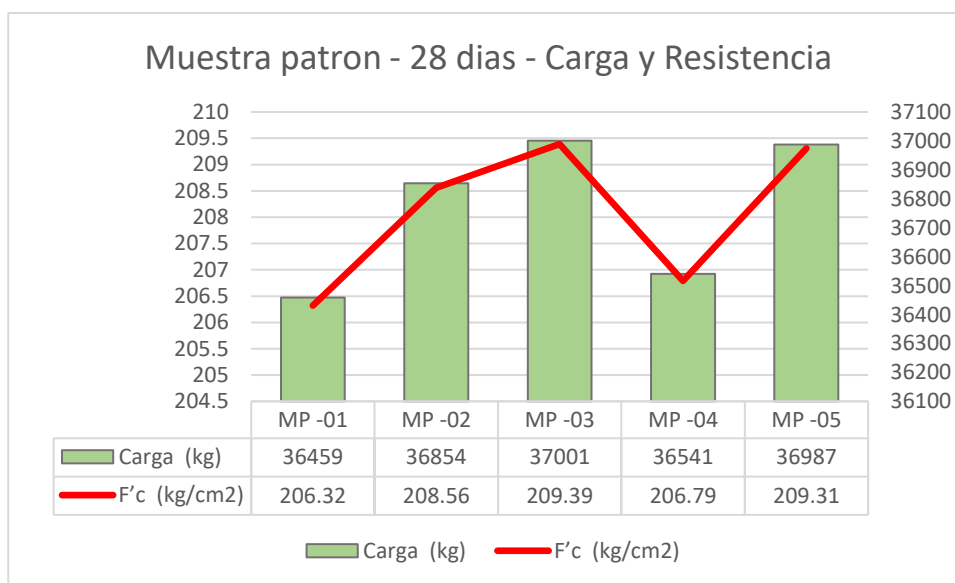
**Tabla 19**

*Resistencia a la compresión – muestra patrón – 28 das*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP-1	36459	206.32		
MP-2	36854	208.56		
MP-3	37001	209.39	210	28
MP-4	36541	206.79		
MP-5	36987	209.31		

**Figura 6**

*Factores de carga y resistencia, muestra patrón a los 28 días*



La figura ilustra la carga (barras verdes) y la resistencia a la compresión (línea roja) de cinco muestras tras 28 días. Se observa un incremento inicial en ambas variables hasta MP-03, seguido de una leve disminución en MP-04, y un repunte en MP-05. Este comportamiento indica un aumento en la resistencia del material con el tiempo, aunque con ligeras fluctuaciones en la etapa final del curado.

### Resistencia a flexión de muestra patrón

#### Prueba de resistencia a flexión muestra patrón 7 días

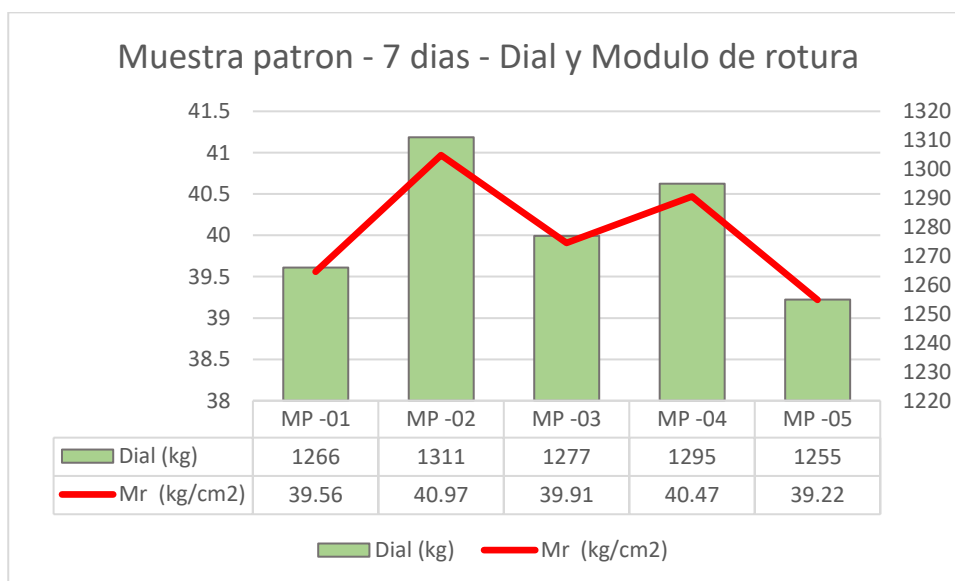
**Tabla 20**

*Resistencia a flexión – muestra patrón – 7 das*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexion de diseño	Días
MP -01	1266	39.56		
MP -02	1311	40.97		
MP -03	1277	39.91	64	7
MP -04	1295	40.47		
MP -05	1255	39.22		

**Figura 7**

*Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 7 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) de cinco muestras tras 7 días. Se observa que el módulo de rotura aumenta inicialmente hasta MP-02, disminuye en MP-03 y luego vuelve a subir en MP-04, para bajar nuevamente en MP-05. Esta variación en el módulo de rotura indica fluctuaciones en la resistencia temprana del material a la rotura.

### Prueba de resistencia a flexión muestra patrón 14 días

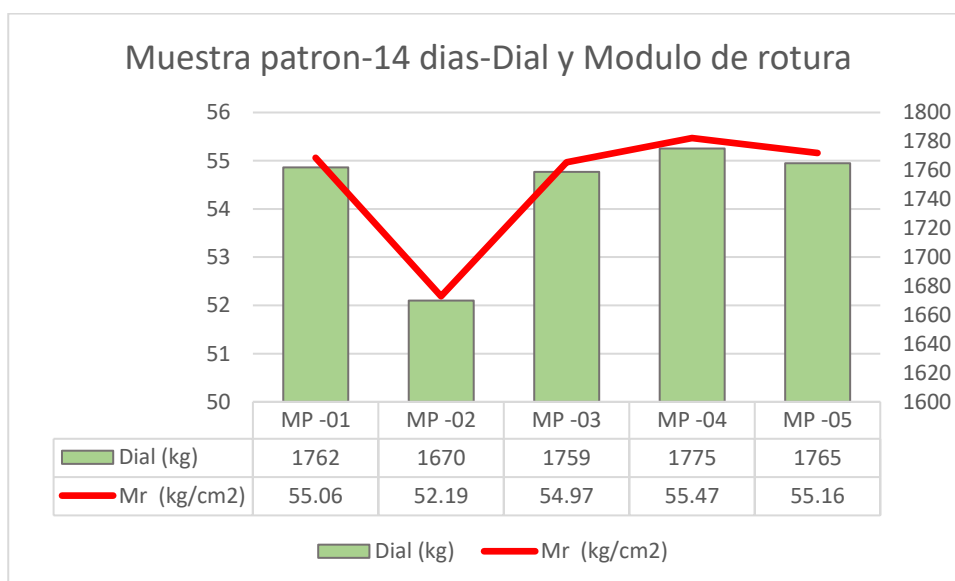
**Tabla 21**

*Resistencia a flexión – muestra patrón – 14 das*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexion de diseño	Días
MP-1	1762	55.06		
MP-2	1670	52.19		
MP-3	1759	54.97	64	14
MP-4	1775	55.47		
MP-5	1765	55.16		

**Figura 8**

*Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 14 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras después de 14 días. Se observa que el módulo de rotura disminuye notablemente en MP-02, luego aumenta progresivamente hasta MP-04 y se mantiene estable en MP-05. Este comportamiento sugiere una mejora en la resistencia a la rotura tras la primera semana, estabilizándose en los últimos días.

### Prueba de resistencia a flexión muestra patrón 28 días

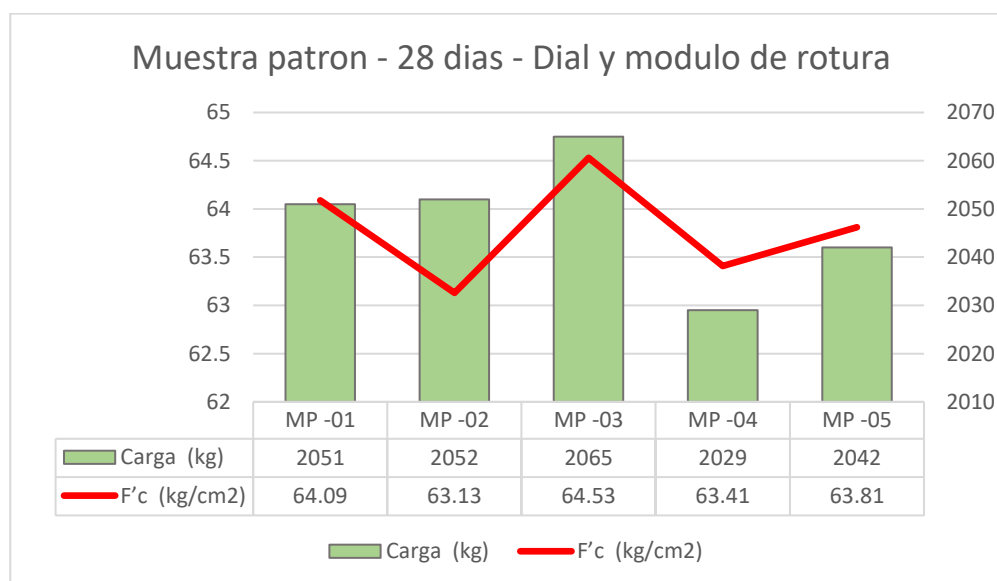
**Tabla 22**

*Resistencia a flexión – muestra patrón – 28 das*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP-1	2051	64.09		
MP-2	2052	63.13		
MP-3	2065	64.53	64	28
MP-4	2029	63.41		
MP-5	2042	63.81		

**Figura 9**

*Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 28 días*



La figura presenta la relación entre carga (barras verdes) y Modulo de rotura (línea roja) en cinco muestras tras 28 días muestra una variación notable, con un aumento en MP-03 y una disminución en MP-04, estabilizándose ligeramente en MP-05. Este patrón sugiere fluctuaciones en la resistencia a la compresión en las diferentes muestras, posiblemente debido a diferencias en las condiciones de curado o en las características del material.

### 4.1.1 Influencia del uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono, 7 días

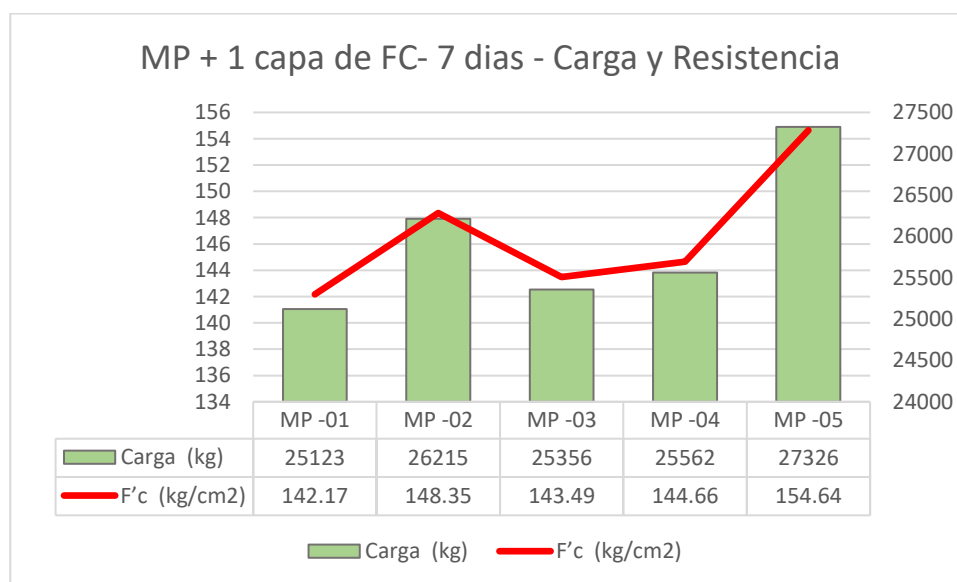
Tabla 23

Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón + 1 capa de fibra de carbono

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
M -01	25123	142.17		
M -02	26215	148.35		
M -03	25356	143.49	210	7
M -04	25562	144.66		
M -05	27326	154.64		

Figura 10

Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 7 días



La figura muestra la relación entre la carga (barras verdes) y la resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 7 días. Observamos un incremento en la resistencia en MP-02, seguido de una ligera disminución en MP-03 y MP-04, y un aumento notable en MP-05. Este comportamiento sugiere que la capa

adicional de FC contribuye a variaciones en la resistencia, alcanzando su punto más alto en la última muestra.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono, 14 días

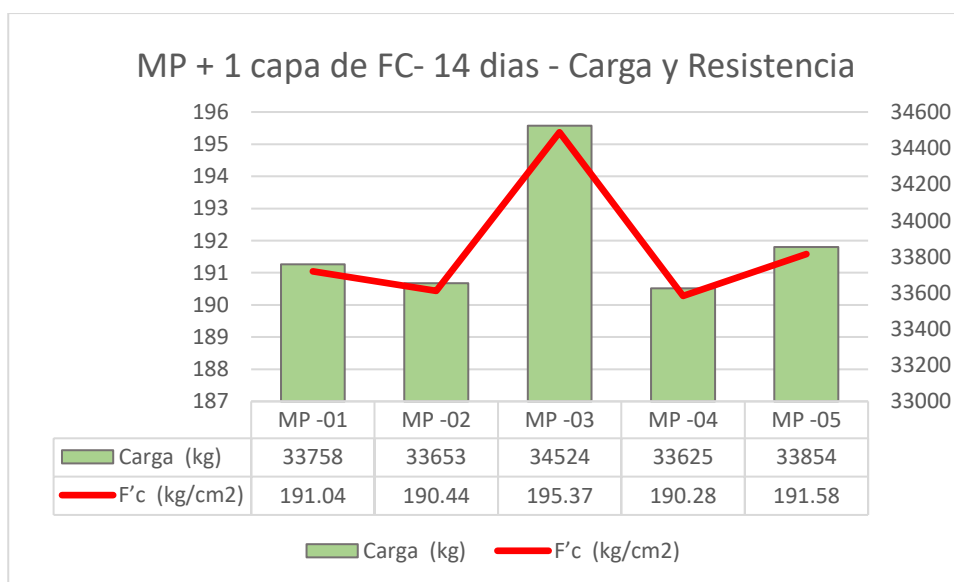
**Tabla 24**

*Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP-1	33758	191.04		
MP-2	33653	190.44		
MP-3	34524	195.37	210	14
MP-4	33625	190.28		
MP-5	33854	191.58		

**Figura 11**

*Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 14 días*



La figura muestra la relación entre carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 14 días. La resistencia alcanza su punto máximo en MP-03, mientras que en las demás muestras se mantiene en un rango similar. Esto indica que la resistencia a la compresión experimenta un aumento

significativo en MP-03, sugiriendo posibles variaciones en la estructura interna o el proceso de curado en esta muestra específica.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono, 28 días

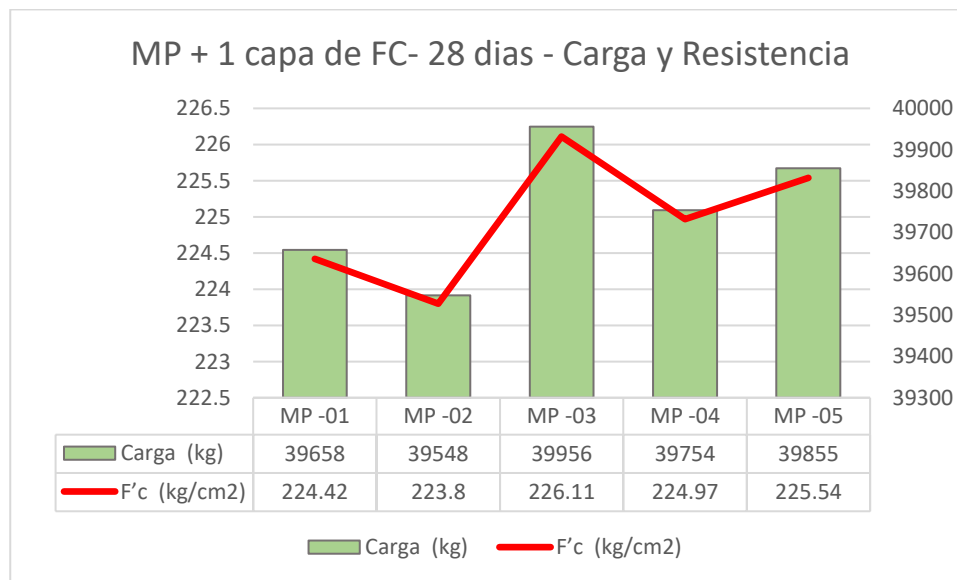
**Tabla 25**

*Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 1 capa de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP-1	39658	224.42		
MP-2	39548	223.80		
MP-3	39956	226.11	210	28
MP-4	39754	224.97		
MP-5	39855	225.54		

**Figura 12**

*Factores de carga y resistencia, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 28 días*



La figura muestra la relación entre carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 28 días. La resistencia alcanza su valor máximo en MP-03 y luego disminuye ligeramente en las muestras

posteriores, manteniéndose en un rango alto. Este comportamiento sugiere que la resistencia a la compresión se estabiliza después de alcanzar un pico en MP-03, lo cual podría indicar una consolidación en la estructura del material a lo largo del tiempo.

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

**Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono, 7 días.**

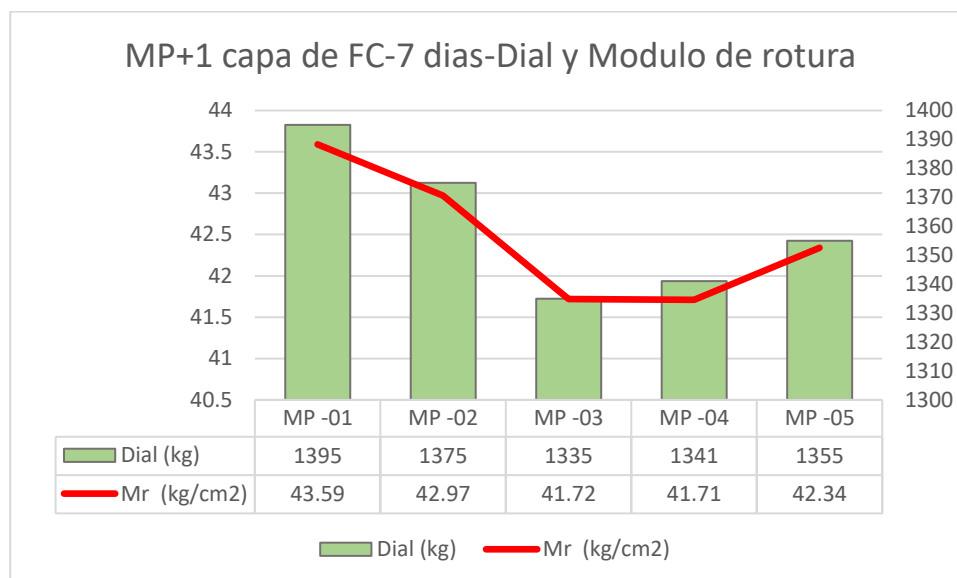
**Tabla 26**

*Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP-1	1395	43.59		
MP-2	1375	42.97		
MP-3	1335	41.72	64	7
MP-4	1341	41.71		
MP-5	1355	42.34		

**Figura 13**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 7 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 7 días. Se observa una disminución continua en el módulo de rotura desde MP-01 hasta MP-03, seguida de un

leve aumento en MP-04 y MP-05. Este patrón sugiere una reducción inicial en la resistencia a la rotura, con una ligera recuperación al final del período evaluado, posiblemente debido a cambios en la estructura interna del material durante el curado temprano.

### Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono, 14 días

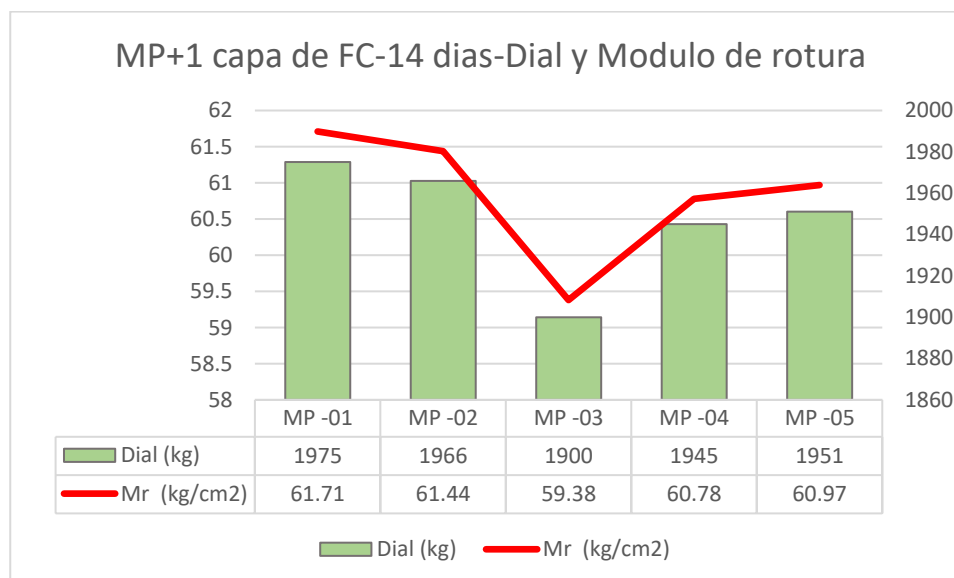
Tabla 27

Resistencia a la flexión 14 días – muestra patrón +1capa de fibra de carbono

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP -01	1975	61.71		
MP -02	1966	61.44		
MP -03	1900	59.38	64	14
MP -04	1945	60.78		
MP -05	1951	60.97		

Figura 14

Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 14 días



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 14 días. Se observa que el módulo de rotura disminuye en MP-03 y luego se recupera en las muestras siguientes.

Este comportamiento indica una reducción temporal en la resistencia a la rotura en MP-03, seguida de una mejora progresiva, lo cual podría estar relacionado con variaciones en el proceso de curado o la homogeneidad del material.

### Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 1 capa de fibra de carbono,

28 días

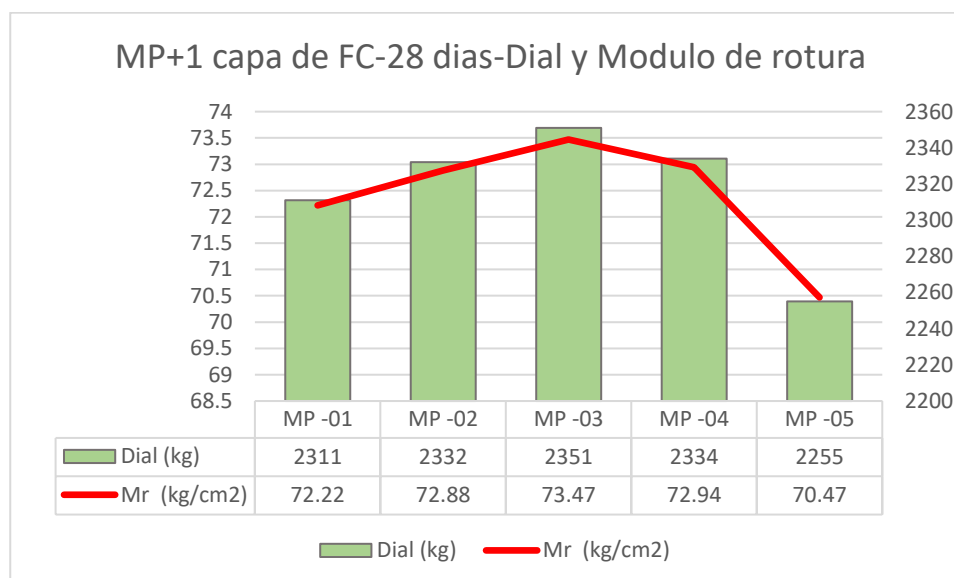
**Tabla 28**

*Resistencia a la flexión 28 días–muestra patrón + 1 capa de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP -01	2311	72.22		
MP -02	2332	72.88		
MP -03	2351	73.47	64	28
MP -04	2334	72.94		
MP -05	2255	70.47		

**Figura 15**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 1 capa de fibra de carbono a los 28 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con una capa adicional de FC tras 28 días. Observamos que el módulo de rotura aumenta gradualmente hasta MP-03, alcanzando su valor máximo, y

luego disminuye en MP-04 y MP-05. Este comportamiento sugiere una resistencia máxima en el material alrededor de los 28 días, seguida de una ligera reducción, lo cual podría estar relacionado con factores de envejecimiento o consolidación estructural del material.

### 4.1.2 Influencia del uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 7 días

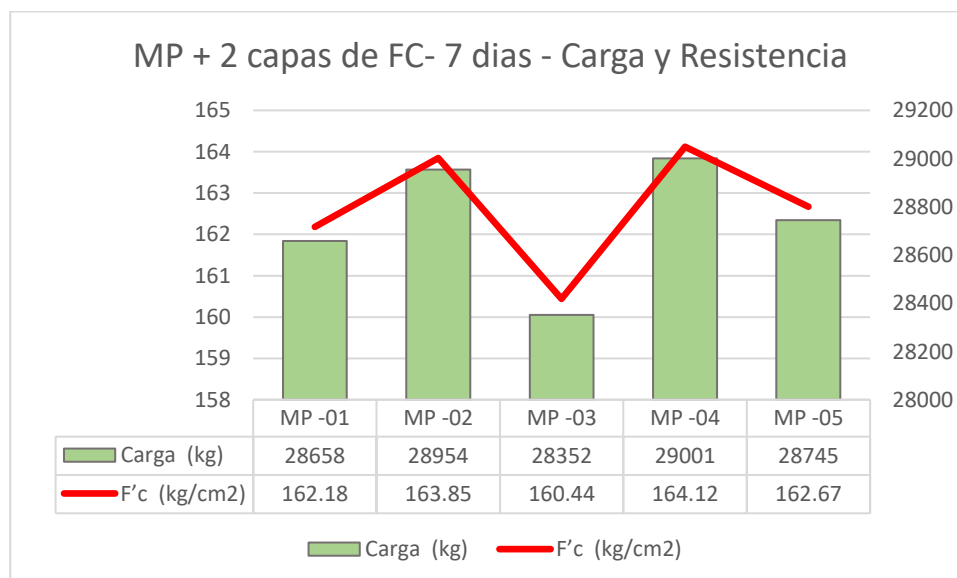
Tabla 29

Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón +2capas de fibra de carbono

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
M -01	28658	162.18		
M -02	28954	163.85		
M -03	28352	160.44	210	7
M -04	29001	164.12		
M -05	28745	162.67		

Figura 16

Factores de carga y resistencia, MP +2capas de fibra de carbono a los 7 días



La figura presenta la relación entre carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 7 días. Se observa que la resistencia a la compresión tiene un comportamiento en forma de "M", con picos en MP-02 y MP-04, y valores más bajos en MP-03 y MP-05. Esto sugiere una variabilidad en la resistencia inicial a la compresión, posiblemente influenciada por la aplicación de las capas adicionales de FC y las condiciones de curado.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 14 días

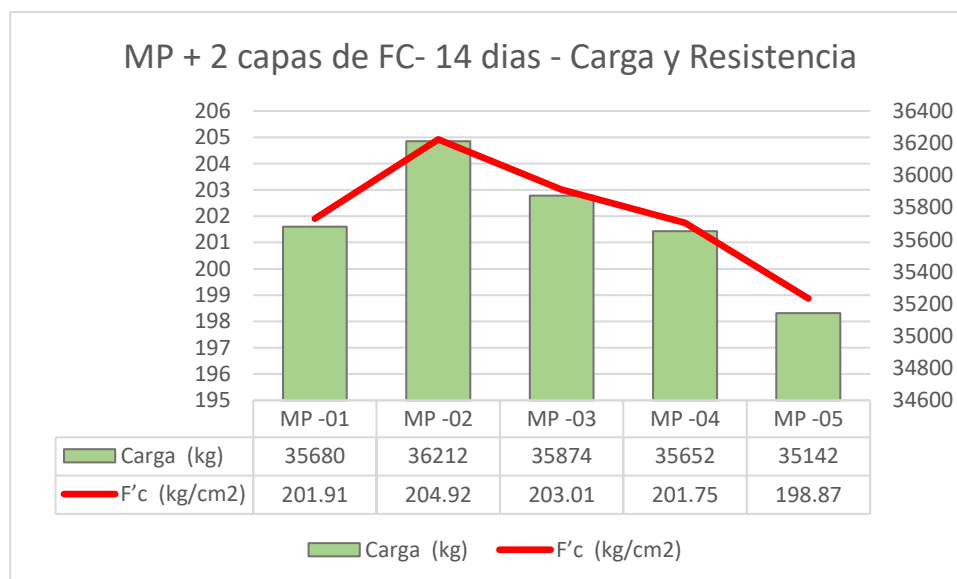
**Tabla 30**

*Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón +2capas de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP -01	35680	201.91		
MP -02	36212	204.92		
MP -03	35874	203.01	210	14
MP -04	35652	201.75		
MP -05	35142	198.87		

**Figura 17**

*Factores de carga y resistencia, MP +2capas de fibra de carbono a los 14 días*



La figura muestra la relación entre carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 14 días. Se observa que la resistencia a la compresión alcanza su valor máximo en MP-02 y disminuye progresivamente en las muestras siguientes. Este patrón sugiere una reducción en la capacidad de resistencia a medida que avanza el tiempo, posiblemente debido a factores internos del material o condiciones de curado que afectan su estabilidad estructural.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 28 días

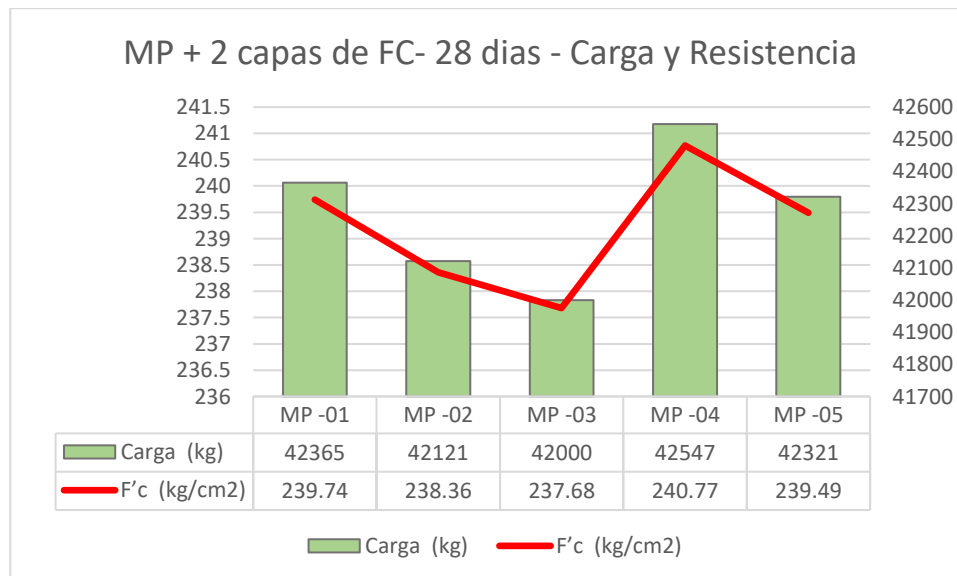
**Tabla 31**

*Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
MP -01	42365	239.74		
MP -02	42121	238.36		
MP -03	42000	237.68	210	28
MP -04	42547	240.77		
MP -05	42321	239.49		

**Figura 18**

*Factores de carga y resistencia, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 28 días*



La figura muestra la relación entre carga (barras verdes) y resistencia a la compresión ( $F'c$ ) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 28 días. La resistencia a la compresión disminuye inicialmente hasta MP-03, luego aumenta en MP-04, alcanzando su punto máximo, y vuelve a bajar en MP-05. Este comportamiento sugiere fluctuaciones en la resistencia a lo largo del tiempo, posiblemente asociadas con la estabilidad y consolidación del material a medida que madura.

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

**Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 7 días.**

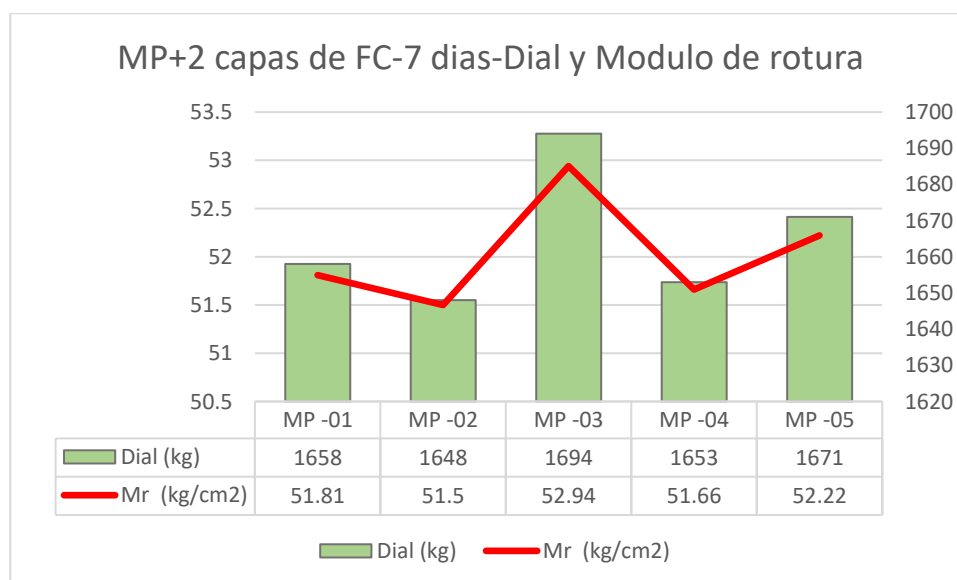
**Tabla 32**

*Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +2 capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP-1	1658	51.81		
MP-2	1648	51.50		
MP-3	1694	52.94	64	7
MP-4	1653	51.66		
MP-5	1671	52.22		

**Figura 19**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 7 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 7 días. Se observa que el módulo de rotura alcanza su valor máximo en MP-03, mientras que en las demás muestras presenta valores más bajos y fluctuantes. Este patrón sugiere que la resistencia a la rotura varía significativamente en la etapa temprana de curado, con un pico en MP-03 que podría estar relacionado con las características específicas del material o el proceso de curado en esa muestra.

### Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 14 días

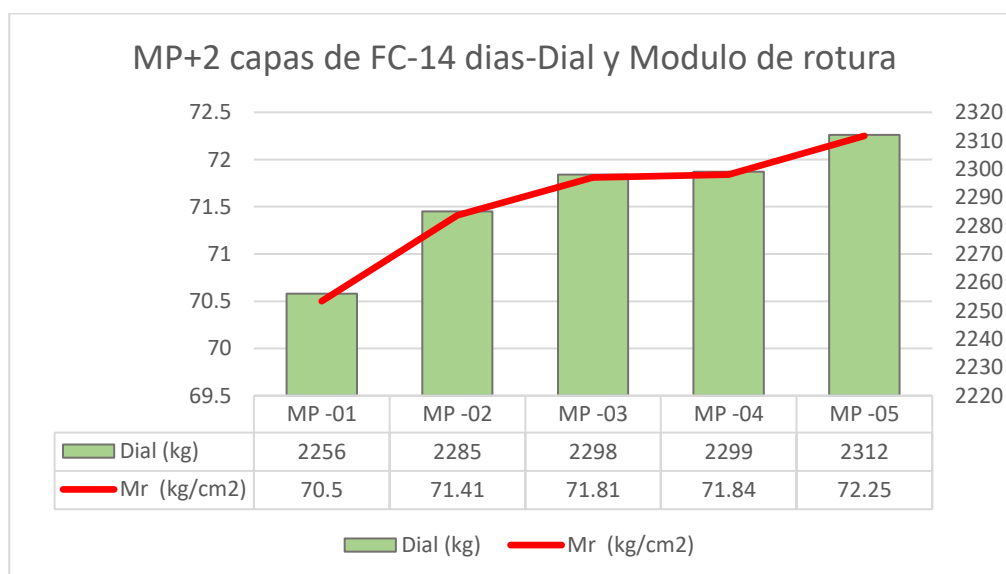
**Tabla 33**

*Resistencia a la flexión 14 días–muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP-1	2256	70.50		
MP-2	2285	71.41		
MP-3	2298	71.81	64	14
MP-4	2299	71.84		
MP-5	2312	72.25		

**Figura 20**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2capas de fibra de carbono a los 14 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura ( $M_r$ ) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 14 días. Observamos un aumento progresivo tanto en el dial como en el módulo de rotura a través de las muestras, alcanzando sus valores más altos en MP-05. que el material sigue ganando estabilidad y resistencia a lo largo de este período.

### Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 2 capas de fibra de carbono, 28 días

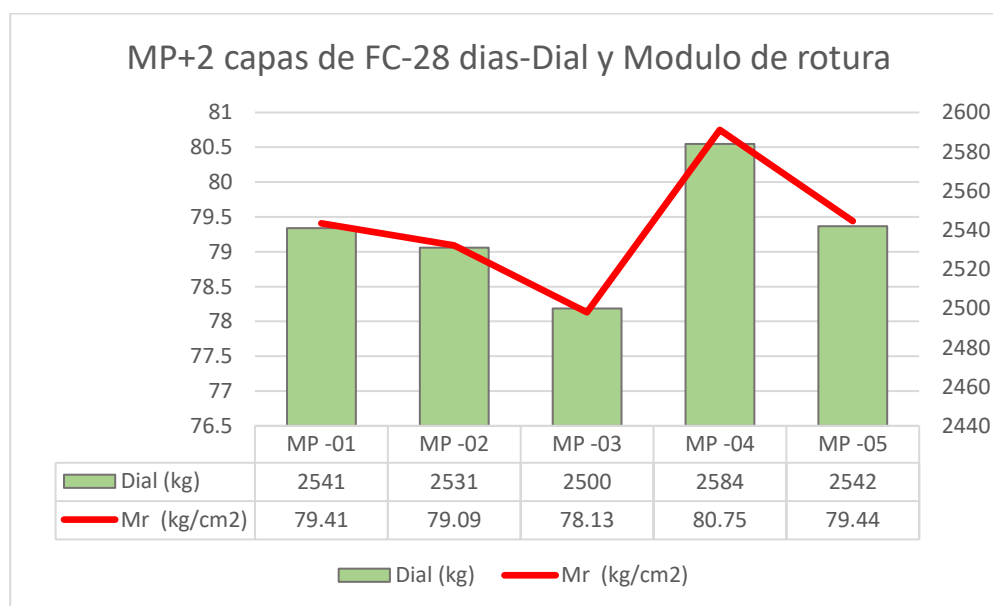
**Tabla 34**

*Resistencia a la flexión 28 días–muestra patrón + 2 capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	$M_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP -01	2541	79.41		
MP -02	2531	79.09		
MP -03	2500	78.13	64	28
MP -04	2584	80.75		
MP -05	2542	79.44		

**Figura 21**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 2 capas de fibra de carbono a los 28 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura ( $M_r$ ) (línea roja) en cinco muestras con dos capas adicionales de FC tras 28 días. Se observa que el módulo de rotura tiene un incremento significativo en MP-04, alcanzando su valor máximo, mientras que en las demás muestras muestra valores más bajos y variables. Este patrón sugiere que, aunque la resistencia a la rotura aumenta en ciertos puntos, existen fluctuaciones en la estabilidad del material, posiblemente influenciadas por las características del curado o la homogeneidad de la mezcla.

#### 4.1.3 Influencia del uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a compresión y flexión

##### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono, 7 días

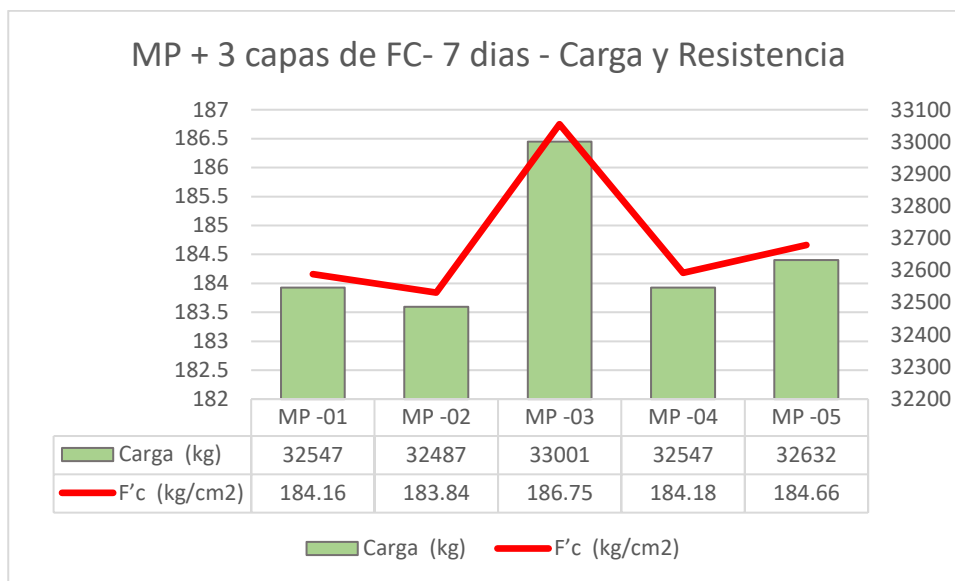
Tabla 35

*Resistencia a la compresión 7 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	Días
M -01	32547	184.16		
M -02	32487	183.84		
M -03	33001	186.75	210	7
M -04	32547	184.18		
M -05	32632	184.66		

**Figura 22**

*Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 7 días*



(barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 7 días. La resistencia a la compresión alcanza su valor máximo en MP-03 y disminuye en las muestras posteriores, mientras que la carga se mantiene relativamente constante en las demás muestras. Este comportamiento indica un pico de resistencia temprana en MP-03, seguido de una estabilización en las otras muestras, lo cual puede reflejar variaciones en el proceso de curado o la composición del material.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono, 14 días

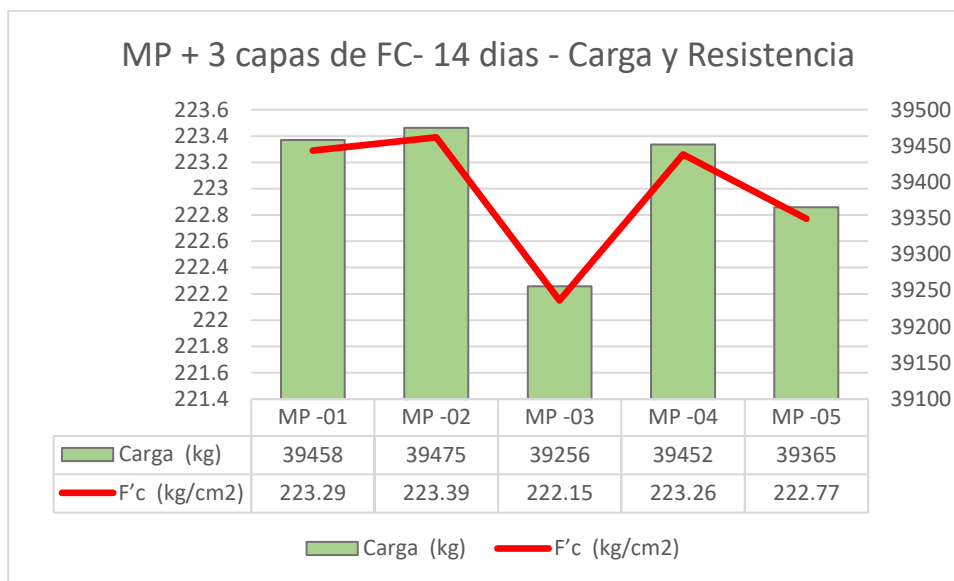
**Tabla 36**

*Resistencia a la compresión 14 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm2)	Resistencia de diseño	Días
MP -01	39458	223.29		
MP -02	39475	223.39		
MP -03	39256	222.15	210	14
MP -04	39452	223.26		
MP -05	39365	222.77		

**Figura 23**

*Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 14 días*



Carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 14 días. La resistencia a la compresión disminuye notablemente en MP-03 y luego se recupera en MP-04, manteniendo un patrón en forma de "M". Esto sugiere fluctuaciones en la resistencia posiblemente asociadas a variaciones en el proceso de curado o la composición del material en esta etapa.

### Pruebas de resistencia a la compresión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono, 28 días

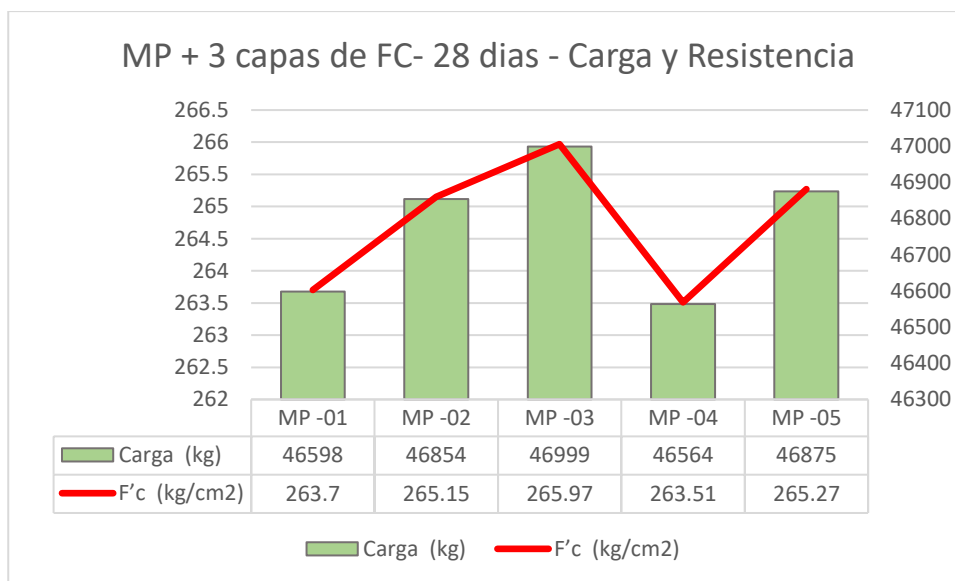
**Tabla 37**

*Resistencia a la compresión 28 días – muestra patrón + 3 capas de fibra de carbono*

Muestra	Carga (kg)	F'c (kg/cm2)	Resistencia de diseño	Días
MP-1	46598	263.70		
MP-2	46854	265.15		
MP-3	46999	265.97	210	28
MP-4	46564	263.51		
MP-5	46875	265.27		

**Figura 24**

*Factores de carga y resistencia, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 28 días*



Carga (barras verdes) y resistencia a la compresión (F'c) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 28 días. La resistencia a la compresión alcanza su punto máximo en MP-03 y disminuye en MP-04, manteniendo un patrón en forma de "M". Esto indica que, aunque el material logra una alta resistencia en MP-03, esta no se mantiene de forma uniforme en todas las muestras, lo que sugiere variaciones en la estabilidad del material tras el proceso de curado.

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

**Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono, 7 días.**

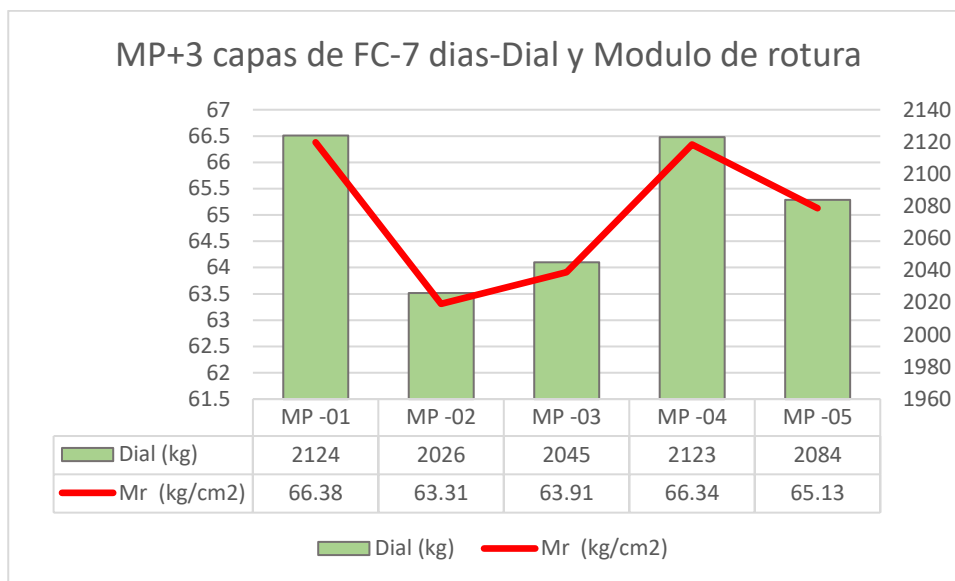
**Tabla 38**

*Resistencia a la flexión 7 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm2)	Flexión de diseño	Días
MP-1	2124	66.38		
MP-2	2026	63.31		
MP-3	2045	63.91	64	7
MP-4	2123	66.34		
MP-5	2084	65.13		

**Figura 25**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 7 días*



Dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 7 días. El módulo de rotura disminuye inicialmente hasta MP-02, luego sube alcanzando su máximo en MP-04 y vuelve a bajar en MP-05, presentando un patrón en forma de "V" invertida. Este comportamiento sugiere una variabilidad en la resistencia a la rotura en los primeros días de curado, posiblemente debido a diferencias en la estructura o consistencia del material.

### Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono,

#### 14 días

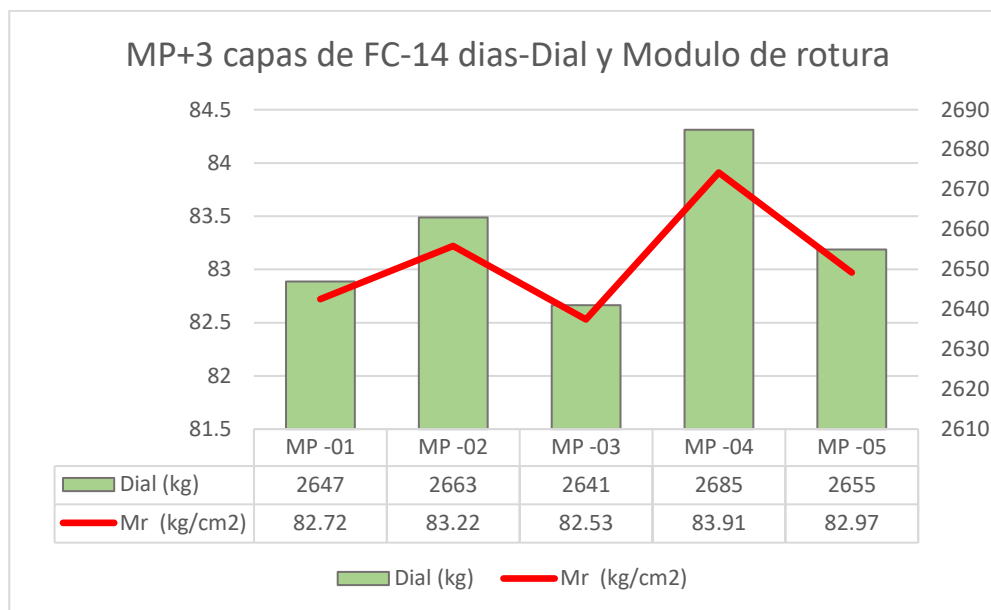
**Tabla 39**

*Resistencia a la flexión 14 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm2)	Flexión de diseño	Días
MP-1	2647	82.72		
MP-2	2663	83.22		
MP-3	2641	82.53	64	14
MP-4	2685	83.91		
MP-5	2655	82.97		

**Figura 26**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 14 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 14 días. El módulo de rotura alcanza su valor máximo en MP-04, mientras que las demás muestras muestran valores más bajos y variables, formando un patrón en forma de "M". Este comportamiento sugiere fluctuaciones en la resistencia a la rotura a mitad del período de curado, posiblemente influenciadas por la consistencia y la estructura del material.

### **Pruebas de resistencia a la flexión muestra patrón con 3 capas de fibra de carbono,**

**28 días**

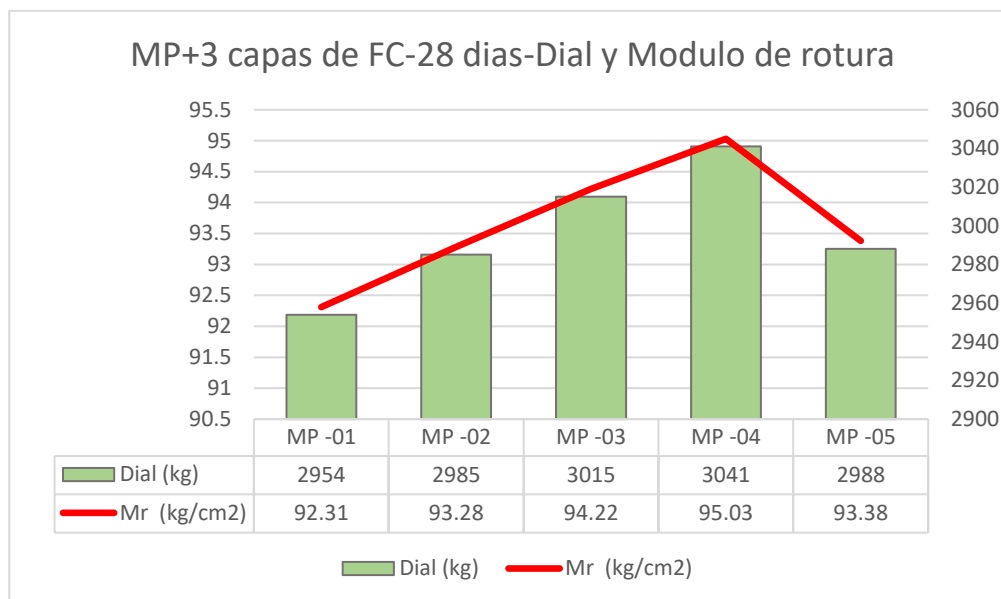
**Tabla 40**

*Resistencia a la flexión 28 días – muestra patrón +3capas de fibra de carbono*

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión de diseño	Días
MP-1	2954	92.31		
MP-2	2985	93.28		
MP-3	3015	94.22	64	28
MP-4	3041	95.03		
MP-5	2988	93.38		

**Figura 27**

*Factores de dial y módulo de rotura, MP + 3 capas de fibra de carbono a los 28 días*



La figura muestra la relación entre el dial (barras verdes) y el módulo de rotura (Mr) (línea roja) en cinco muestras con tres capas adicionales de FC tras 28 días. Se observa que el módulo de rotura aumenta gradualmente hasta alcanzar su valor máximo en MP-04 y luego disminuye en MP-05. Este comportamiento indica una tendencia de incremento en la resistencia a la rotura hasta MP-04, seguida de una ligera disminución, lo cual puede reflejar la consolidación del material al final del período de curado.

### ANÁLISIS COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

**Tabla 41**

*Comparativa de resistencia obtenidas durante los 7 días.*

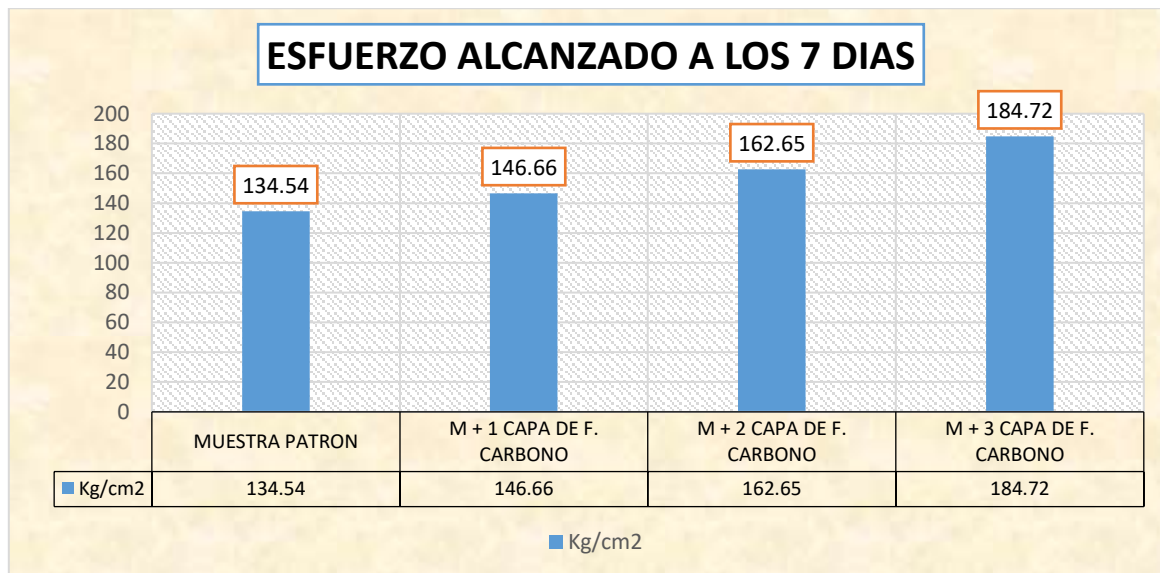
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	DÍAS
<b>MUESTRA PATRON</b>	134.54		
<b>M + 1 CAPA DE F. CARBONO</b>	146.66		
<b>M + 2 CAPA DE F. CARBONO</b>	162.65	210	7
<b>M + 3 CAPA DE F. CARBONO</b>	184.72		

La tabla compara las resistencias alcanzadas a los 7 días para una muestra patrón y muestras reforzadas con 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. Se observa un incremento

progresivo de resistencia al aumentar las capas, desde 134.54 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra patrón hasta 184.72 kg/cm<sup>2</sup> con 3 capas. La resistencia de diseño es 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 28**

*Comportamiento de las resistencias logradas a 7 días.*



La figura representa las resistencias alcanzadas a los 7 días, mostrando un incremento desde 134.54 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra patrón hasta 184.72 kg/cm<sup>2</sup> con 3 capas de fibra de carbono. Esto evidencia la mejora progresiva con el refuerzo.

**Tabla 42**

*Comparativa de resistencia obtenidas durante los 14 días.*

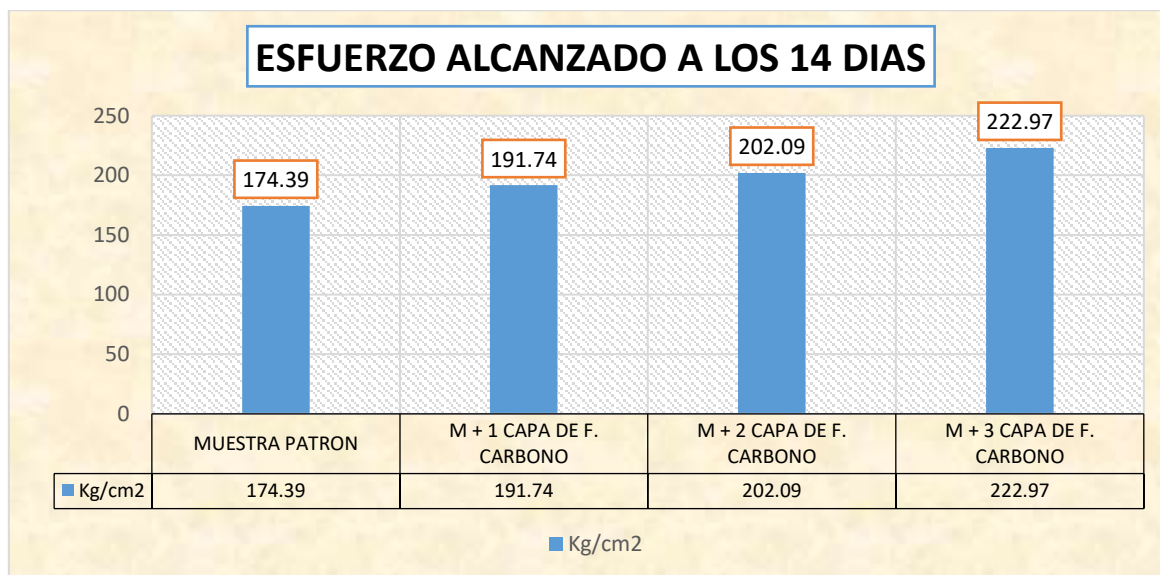
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	DÍAS
MUESTRA PATRON	174.39		
M + 1 CAPA DE F. CARBONO	191.74		
M + 2 CAPA DE F. CARBONO	202.09	210	14
M + 3 CAPA DE F. CARBONO	222.97		

La tabla presenta las resistencias alcanzadas a los 14 días para diferentes muestras, incluyendo una muestra patrón y otras con 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. La resistencia aumenta progresivamente desde 174.39 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) hasta 222.97

kg/cm<sup>2</sup> (3 capas), superando la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Esto evidencia la mejora significativa del refuerzo con fibra de carbono.

**Figura 29**

*Comportamiento de las resistencias logradas a 14 días.*



La figura muestra el aumento de resistencia a los 14 días, desde 174.39 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra patrón hasta 222.97 kg/cm<sup>2</sup> con 3 capas de fibra de carbono. Todas las muestras reforzadas superan la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 43**

*Comparativa de resistencia obtenidas durante los 28 días.*

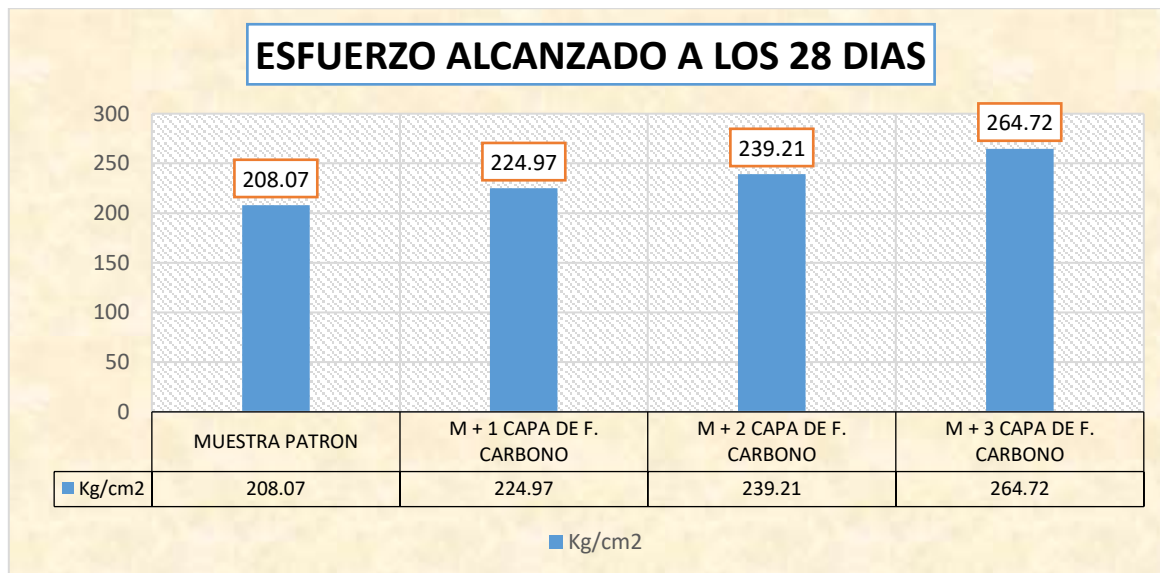
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	DÍAS
MUESTRA PATRON	208.07		
M + 1 CAPA DE F. CARBONO	224.97		
M + 2 CAPA DE F. CARBONO	239.21	210	28
M + 3 CAPA DE F. CARBONO	264.72		

La tabla muestra la resistencia alcanzada a los 28 días para una muestra patrón y otras con refuerzo de 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. La resistencia incrementa desde 208.07 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) hasta 264.72 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas), superando la resistencia de diseño

de 210 kg/cm<sup>2</sup> en las muestras reforzadas. Esto confirma la efectividad del refuerzo en mejorar significativamente las propiedades mecánicas del material.

**Figura 30**

*Comportamiento de las resistencias logradas a 28 días.*



La figura muestra el incremento de resistencia a los 28 días, desde 208.07 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra patrón hasta 264.72 kg/cm<sup>2</sup> con 3 capas de fibra de carbono. Todas las muestras reforzadas superan la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### ANÁLISIS COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

**Tabla 44**

*Comparativa de resistencia a flexión durante los 7 días.*

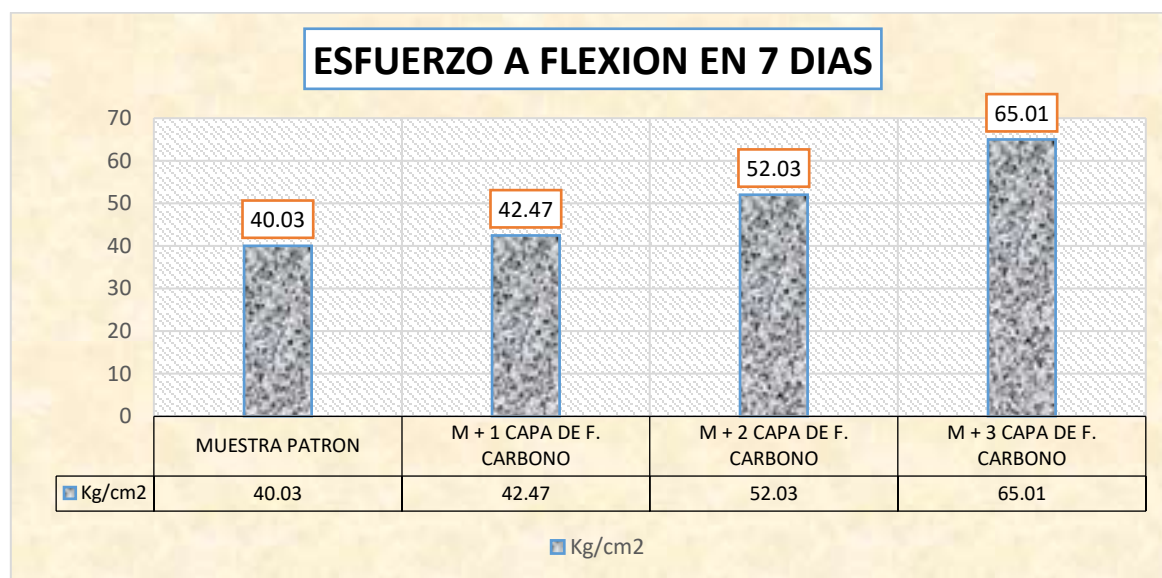
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	FLEXIÓN DE DISEÑO	DÍAS
MUESTRA PATRON	40.03		
M + 1 CAPA DE F. CARBONO	42.47		
M + 2 CAPA DE F. CARBONO	52.03	64	7
M + 3 CAPA DE F. CARBONO	65.01		

La tabla presenta la resistencia a flexión a los 7 días para una muestra patrón y muestras con 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. Se observa un aumento de resistencia desde 40.03

kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) hasta 65.01 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas), superando la flexión de diseño de 64 kg/cm<sup>2</sup> en las últimas dos muestras. Esto demuestra la mejora significativa del refuerzo en la resistencia a flexión.

**Figura 31**

*Comportamiento del esfuerzo a flexión en 7 días.*



La figura muestra el aumento de resistencia a flexión a los 7 días, desde 40.03 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) hasta 65.01 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas de fibra de carbono). Las muestras con 2 y 3 capas superan la flexión de diseño de 64 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 45**

*Comparativa de resistencia a flexión durante los 14 días.*

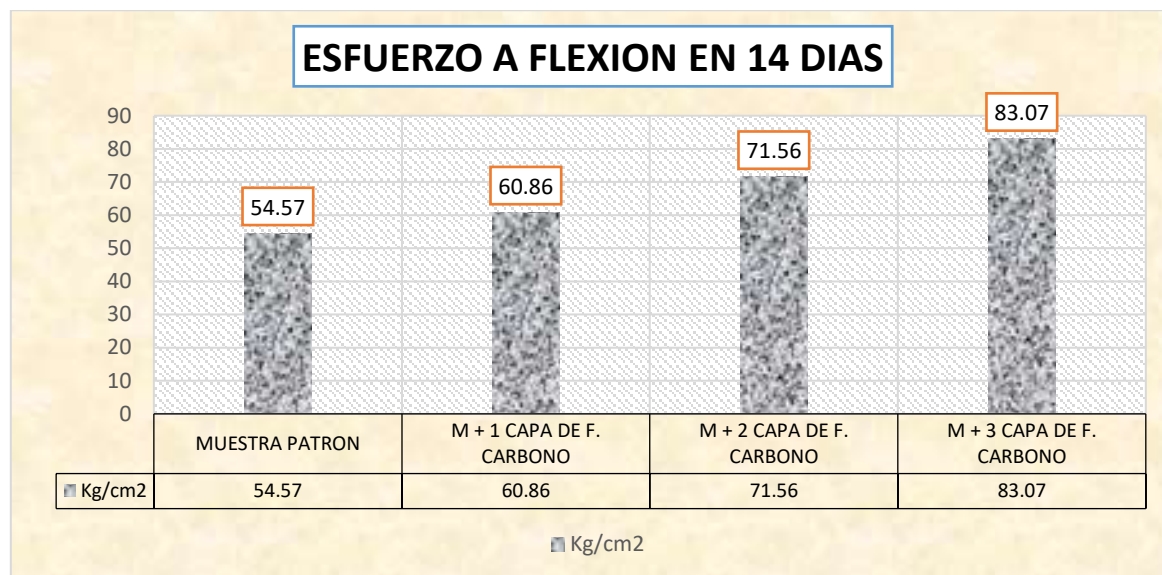
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	FLEXIÓN DE DISEÑO	DÍAS
MUESTRA PATRON	54.57		
M + 1 CAPA DE F. CARBONO	60.86		
M + 2 CAPA DE F. CARBONO	71.56	64	14
M + 3 CAPA DE F. CARBONO	83.07		

La tabla muestra la resistencia a flexión a los 14 días para una muestra patrón y muestras reforzadas con 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. La resistencia aumenta de 54.57 kg/cm<sup>2</sup>

(muestra patrón) a 83.07 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas), superando la flexión de diseño de 64 kg/cm<sup>2</sup> en las muestras con 2 y 3 capas.

**Figura 32**

*Comportamiento del esfuerzo a flexión en 14 días.*



La figura presenta el aumento de resistencia a flexión a los 14 días, de 54.57 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) a 83.07 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas de fibra de carbono). Las muestras con 2 y 3 capas superan la flexión de diseño de 64 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 46**

*Comparativa de resistencia a flexión durante los 28 días.*

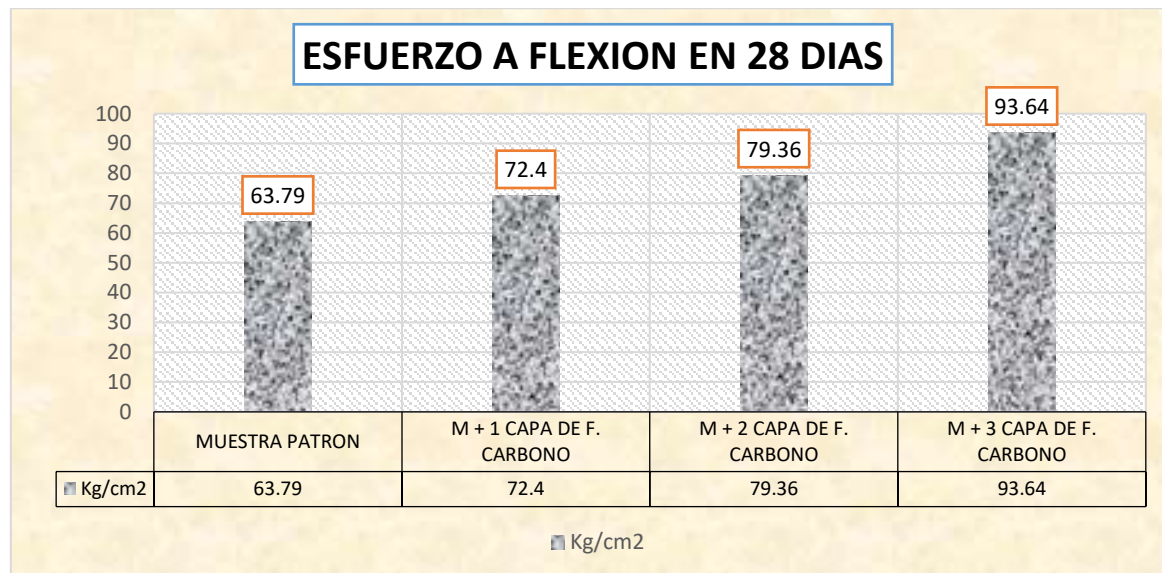
MUESTRA	RESISTENCIA ALCANZADAS	FLEXIÓN DE DISEÑO	DÍAS
MUESTRA PATRON	63.79		
M + 1 CAPA DE F. CARBONO	72.40		
M + 2 CAPA DE F. CARBONO	79.36	64	28
M + 3 CAPA DE F. CARBONO	93.64		

La tabla muestra las resistencias a flexión a los 28 días para una muestra patrón y muestras reforzadas con 1, 2 y 3 capas de fibra de carbono. La resistencia incrementa de 63.79 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) a 93.64 kg/cm<sup>2</sup> (3 capas), superando la flexión de diseño de 64

kg/cm<sup>2</sup> en las muestras con refuerzo. Esto evidencia la mejora significativa del material con la incorporación de fibras de carbono.

**Figura 33**

*Comportamiento del esfuerzo a flexión en 28 días.*



La figura presenta el aumento de resistencia a flexión a los 28 días, desde 63.79 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra patrón hasta 93.64 kg/cm<sup>2</sup> con 3 capas de fibra de carbono. Las muestras con 2 y 3 capas superan la flexión de diseño de 64 kg/cm<sup>2</sup>.

## 4.2 Discusión de Resultados

. **La influencia de uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión en vigas y briquetas**, se realizó para cada día de curado 7, 14 y 28 días para cada día con 5 muestras; (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN) 7 días, M-1= 142.17kg/cm<sup>2</sup>, M-2=148.35, M-3= 143.49kg/cm<sup>2</sup>, M-4=144.66kg/cm<sup>2</sup>, M-5=154.64kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 191.04kg/cm<sup>2</sup>, M-2=190.44, M-3= 195.37kg/cm<sup>2</sup>, M-4=190.28kg/cm<sup>2</sup>, M-5=191.58kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 224.42kg/cm<sup>2</sup>, M-2=223.42, M-3= 226.11kg/cm<sup>2</sup>, M-4=224.97kg/cm<sup>2</sup>, M-5=225.54kg/cm<sup>2</sup>; (RESISTENCIA A LA FLEXIÓN) 7 días, M-1= 43.59kg/cm<sup>2</sup>, M-2=42.97, M-3= 41.72kg/cm<sup>2</sup>, M-4=41.71kg/cm<sup>2</sup>, M-5=42.34kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 61.71kg/cm<sup>2</sup>, M-2=61.44, M-3= 59.38kg/cm<sup>2</sup>, M-



4=60.78kg/cm<sup>2</sup>, M-5=60.97kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 72.22kg/cm<sup>2</sup>, M-2=72.88KG/CM<sup>2</sup>, M-3= 73.47kg/cm<sup>2</sup>, M-4=72.94kg/cm<sup>2</sup>, M-5=70.47kg/cm<sup>2</sup>.

**La influencia de uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión en vigas y briquetas**, se realizó para cada día de curado 7, 14 y 28 días para cada día con 5 muestras;(RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN) 7 días, M-1= 162.18kg/cm<sup>2</sup>, M-2=163.85kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 160.44kg/cm<sup>2</sup>, M-4=164.12kg/cm<sup>2</sup>, M-5=162.67kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 201.91kg/cm<sup>2</sup>, M-2=204.92kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 203.01kg/cm<sup>2</sup>, M-4=201.75kg/cm<sup>2</sup>, M-5=198.87kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 239.74kg/cm<sup>2</sup>, M-2=238.36, M-3= 237.68kg/cm<sup>2</sup>, M-4=240.77kg/cm<sup>2</sup>, M-5=239.49kg/cm<sup>2</sup>; (RESISTENCIA A LA FLEXIÓN) 7 días, M-1= 51.81kg/cm<sup>2</sup>, M-2=51.50kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 52.94kg/cm<sup>2</sup>, M-4=51.66g/cm<sup>2</sup>, M-5=52.22kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 70.50kg/cm<sup>2</sup>, M-2=71.41kgcm<sup>2</sup>, M-3= 71.81kg/cm<sup>2</sup>, M-4=71.84kg/cm<sup>2</sup>, M-5=72.25kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 79.41kg/cm<sup>2</sup>, M-2=79.09kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 78.13kg/cm<sup>2</sup>, M-4=80.75kg/cm<sup>2</sup>, M-5=79.44kg/cm<sup>2</sup>.

**La influencia de uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión en vigas y briquetas**, se realizó para cada día de curado 7, 14 y 28 días para cada día con 5 muestras;(RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN) 7 días, M-1= 184.16kg/cm<sup>2</sup>, M-2=183.84kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 186.75kg/cm<sup>2</sup>, M-4=184.18kg/cm<sup>2</sup>, M-5=184.66kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 223.29kg/cm<sup>2</sup>, M-2=223.39kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 222.15kg/cm<sup>2</sup>, M-4=223.26kg/cm<sup>2</sup>, M-5=222.77kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 263.70kg/cm<sup>2</sup>, M-2=265.15, M-3= 265.97kg/cm<sup>2</sup>, M-4=263.51kg/cm<sup>2</sup>, M-5=265.27kg/cm<sup>2</sup>; (RESISTENCIA A LA FLEXIÓN) 7 días, M-1= 33.38kg/cm<sup>2</sup>, M-2=63.31kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 63.91kg/cm<sup>2</sup>, M-4=66.346g/cm<sup>2</sup>, M-5=65.13kg/cm<sup>2</sup>; 14días, M-1= 82.72kg/cm<sup>2</sup>, M-2=83.22kgcm<sup>2</sup>, M-3= 82.53kg/cm<sup>2</sup>, M-4=71.84kg/cm<sup>2</sup>, M-5=72.25kg/cm<sup>2</sup>; 28días, M-1= 92.31kg/cm<sup>2</sup>, M-2=93.28kg/cm<sup>2</sup>, M-3= 94.22kg/cm<sup>2</sup>, M-4=95.03kg/cm<sup>2</sup>, M-5= kg/cm<sup>2</sup>.



## CONCLUSIONES

- C.1.** La influencia del uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 224.97kg/cm<sup>2</sup>; y su resistencia a la flexión promedio de 72.40kg/cm<sup>2</sup>; comparando con el promedio de la muestra patrón a Iso 28 días; compresión de 208.07kg/cm<sup>2</sup>, flexión de 63.79kg/cm<sup>2</sup>, un incremento del 8.12% y 13.49% respectivamente.
- C.2.** La influencia del uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 239.21kg/cm<sup>2</sup>; y su resistencia a la flexión promedio de 79.36kg/cm<sup>2</sup>; comparando con el promedio de la muestra patrón a Iso 28 días; compresión de 208.07kg/cm<sup>2</sup>, flexión de 63.79kg/cm<sup>2</sup>, un incremento del 14.97% y 24.41% respectivamente.
- C.3.** La influencia del uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 264.72kg/cm<sup>2</sup>; y su resistencia a la flexión promedio de 93.64kg/cm<sup>2</sup>; comparando con el promedio de la muestra patrón a Iso 28 días; compresión de 208.07kg/cm<sup>2</sup>, flexión de 63.79kg/cm<sup>2</sup>, un incremento del 27.23% y 46.79% respectivamente.



## RECOMENDACIONES

- R.1.** Dado el incremento de resistencia a la compresión y flexión (8.12% y 13.49% respectivamente), se recomienda aplicar una capa de fibra de carbono en casos donde se desee un refuerzo leve en estructuras sin comprometer significativamente el costo y peso.
- R.2.** El aumento en la resistencia a la compresión y flexión (14.97% y 24.41%) hace que esta opción sea adecuada para proyectos que requieran un refuerzo intermedio. Es una buena opción para mejorar la durabilidad y resistencia sin una aplicación excesiva de fibra.
- R.3.** Dado el incremento sustancial en la resistencia a la compresión y flexión (27.23% y 46.79%), esta aplicación es recomendable para estructuras que necesiten un alto nivel de refuerzo, soportando condiciones de carga y durabilidad más exigentes.

## REFERENCIAS

- Angeles Ulloa, J. A., & Prudencio Jimenez, Y. C. (2022a). Evaluación de propiedades físicas mecánicas del adoquín estabilizado con solución porcentual de ceniza de carrizo y confitillo, Cayasbamba, Yungay, Ancash. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105678>
- Angeles Ulloa, J. A., & Prudencio Jimenez, Y. C. (2022b). Evaluación de propiedades físicas mecánicas del adoquín estabilizado con solución porcentual de ceniza de carrizo y confitillo, Cayasbamba, Yungay, Ancash. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105678>
- Aparicio, R., & Andrés, F. (2020). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los agregados finos y gruesos con mayor demanda en la ciudad de Tunja* [Bachelor thesis].  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29821>
- Apaza Lazo, E. V., & Salcedo Tejeda, J. L. (2019). *Influencia de la Ceniza de Hoja de Maíz, Agregados finos reciclados y Bagazo de Caña de Azúcar (Materiales Puzolánicos Artificiales), Como Sustitutos Parciales del Cemento en la Resistencia del Concreto Para Diseños:  $F'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  en la Ciudad de Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8803>
- Apaza, T., & Michel, J. (2020). Análisis comparativo entre el adoquín tradicional y el adoquín reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno—2019. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57615>
- Babé, C., Kidmo, D. K., Tom, A., Mvondo, R. R. N., Boum, R. B. E., & Djongyang, N. (2020). Thermomechanical characterization and durability of adoquíns reinforced with millet waste fibers (sorghum bicolor). *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00422.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00422>



- Cahuana, I., & Alberto, R. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos – 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67187>
- Capcha Acuña, Y., & Rojas Candiotti, A. D. (2022). *Influencia de ceniza de hoja de maíz y ceniza de cascara del trigo en compresión y tracción del ladrillo artesanal*. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/796354af-84a8-4e4e-9acc-96d9bbad0c7d>
- Carrasco, A., & Virgilio, O. (2019). Incidencia de la fibra vegetal «paja ichu» en la resistencia mecánica del adoquín en el distrito de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3273>
- Castillo Castillo, L. M., & Trujillo de la Cruz, E. (2019). Elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto—Áncash. *Repositorio Institucional - UNS*. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3456>
- Charaja Pasihun, E., Meléndez Cruz, I. H., & Quispe Pumacayo, D. (2022). *Adoquín ecológico a base de mucílago de penca de tuna ( opuntia ficus -indica ) para el uso en la construcción de viviendas unifa miliares, obrajillo, canta , 2020*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6953>
- Chonlon Gonzales, A. A., & Mejia Martinez, N. (2023). Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Adoquín Agregando Viruta de Madera y Tusa de Maíz. *Repositorio Institucional - USS*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11432>
- Colque Lipa, J., & Ordoño Quilca, J. G. (2022). Evaluación de propiedades físico mecánico en muros de adoquín adicionando fibra de cabuya—Totora reciclada, distrito de Putina, Puno-2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/108402>
- Espinoza Espinoza, R. E., & Pacori Zapana, J. C. (2023). Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín incorporando mucílago de penca de tuna y lana de ovino, Ayacucho, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/125970>



- Estupiñan, D. F. J., & Caballero, J. J. G. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*, 2(1), Article 1.
- Gomez Rojas, N. G. (2020, febrero 4). «Metodología de la investigación, ¿para qué?: La producción de los datos y los diseños», Néstor Cohen, Gabriela Gómez Rojas (2020). *Portal de la Comunicación*. <https://incom.uab.cat/portalcon/books/libros/metodologia-de-la-investigacion-para-que-la-produccion-de-los-datos-y-los-disenos-nessor-cohen-gabriela-gomez-rojas-2020/>
- Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, Tenório, J. A. S., Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, & Tenório, J. A. S. (2018). Relación entre el tamaño de partícula y el contenido de las fases cristalinas presentes en una escoria de aluminio. *DYNA*, 85(206), 348-354. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.74252>
- Herrera Jimenez, K. A. (2023). Evaluación de las propiedades mecánicas del adoquín al incorporar crin de caballo. *Repositorio Institucional - USS*. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11389>
- Iftikhar, B., Alih, S. C., Vafaei, M., Ali, M., Javed, M. F., Asif, U., Ismail, M., Umer, M., Gamil, Y., & Amran, M. (2023). Experimental study on the eco-friendly plastic-sand paver blocks by utilising plastic waste and basalt fibers. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17107>
- Mejia Zuñiga, E. J. (2018). *Propuesta de un modelo de diseño sísmico en construcciones de adoquín y su incidencia en la reducción de desastres en la zona rural de Huaraz—Ancash – 2016*.
- Morales Tirado, M. A., & Morón Corimanya, J. O. (2020). Influencia de las cenizas de afrecho de cebada y rastrojo de maíz en las propiedades del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Apurímac, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64394>
- Ñaupá, C., & Raul, D. (2022). Influencia de la ceniza de estiércol de vaca para mejorar la resistencia a compresión del adoquín – Pisacoma, Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96192>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.



- Olarte Mamani, I. E., & Velasquez Mamani, L. M. (2022). Adición de lana de ovino procesado para mejorar las propiedades del adoquín en viviendas altoandinas, distrito de Palca, Puno, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99880>
- Ouedraogo, M., Dao, K., Millogo, Y., Aubert, J.-E., Messan, A., Seynou, M., Zerbo, L., & Gomina, M. (2019). Propiedades físicas, térmicas y mecánicas de adoquines estabilizados con paja de fonio ( *Digitaria exilis* ). *Journal of Building Engineering*, 23, 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.02.005>
- Pérez, G., & Fernando, J. (2016). *Aprovechamiento de cenizas de carbón mineral producidas en la industria local como material conglomerante en la construcción* [masterThesis, Universidad de Medellín]. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/65>
- Portuguez Vinces, M. H., & Calderón Trujillo, B. A. (2020). Influencia de la fibra de lana de oveja en las unidades de adoquín para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654176>
- Puma Carrizales, Y. (2022). Propiedades físicas y mecánicas en muros de albañilería de adoquín adicionando paja de cebada, distrito de Juliaca, Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88256>
- Ramakrishnan, S., Loganayagan, S., Kowshika, G., Ramprakash, C., & Aruneshwaran, M. (2021). Adoquín blocks reinforced with natural fibres: A review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6493-6499. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.377>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Reyes Vargas, D., & Rudas Ocas, J. K. (2024). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas en adoquines artesanales con adición de cenizas de maleza y concreto reciclado, Cajamarca-2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/141211>
- Sika Perú. (2019). *SikaCem® Acelerante PE*.



Suchithra, S., Oviya, S., Raja Rethinam, S., & Monisha, P. (2022). Production of paver block using construction demolition waste and plastic waste – A critical review. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1133-1137. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.164>

Sumerente, G., Lovon, H., Tarque, N., & Chácará, C. (2020). Assessment of Combined In-Plane and Out-of-Plane Fragility Functions for Adoquín Masonry Buildings in the Peruvian Andes. *Frontiers in Built Environment*, 6. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00052>

*Tecnología del Hormigón - Unidad 6.*



## ANEXOS



### Anexo. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Analizar el efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>El efecto de la aplicación de fibra de carbono en el concreto de diseño convencional como propuesta de reforzamiento de estructuras antiguas en la ciudad de Juliaca, mejorara sus características.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>FIBRA DE CARBONO</p> <p><b>Dimensiones:</b> Capas con Fibra de carbono</p> <p><b>Indicadores:</b> <i>Incorporación con 1 capa de FC</i> <i>Incorporación con 2 capas de FC</i> <i>Incorporación con 3 capas de FC</i></p>	Fichas y Herramientas de Laboratorio
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Como influye el uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Como influye el uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Como influye el uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar cómo influye el uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Determinar cómo influye el uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Determinar cómo influye el uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>El uso de 1 capa de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a las muestras patrón.</p> <p>El uso de 2 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a la muestra patrón y con 1 capa de fibra de carbono.</p> <p>El uso de 3 capas de fibra de carbono sobre la resistencia a la compresión y flexión para reforzamiento de concreto convencional en estructuras de la ciudad de Juliaca, variara con respecto a la muestra patrón, con 1 y 2 capas de fibras de carbono.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>CONCRETO CONVENCIONAL</p> <p><b>Dimensiones:</b> <i>Propiedades de Concreto convencional</i></p> <p><b>Indicadores:</b> <i>Módulo de fineza</i> <i>Granulometría</i> <i>Contenido de humedad</i> <i>Porcentaje de absorción</i> <i>Diseño de mezcla</i> <i>Resistencia a compresión</i> <i>Resistencia a flexión</i></p>	



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



**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.  
**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

### 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 = 486.33
N° 4	24.95	4.99	4.99	95.01	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	53.30	10.66	15.65	84.35	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1311.01
N° 16	53.10	10.62	26.27	73.73	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1616.04
N° 30	69.45	13.89	40.16	59.84	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
N° 50	157.20	31.44	71.60	28.40	Wc+B =	1811
N° 100	101.45	20.29	91.89	8.11	Wc+B-W =	195
N° 200	1	0.20	92.09	7.91	Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
FONDO	39.55	7.91	100.00	0.00	<b>ABSORCIÓN</b>	
SUMA	500.00	100.00			B =	500.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B-A =	13.67
Mf = MÓDULO DE FINEZA					Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$	2.81 %

#### 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 = 786.26
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800.00
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1311.01
3/4"	300	8.57	8.57	91.43	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1798.67
1/2"	1350	38.57	47.14	52.86	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
3/8"	700	20.00	67.14	32.86	Wc+B =	2111
1/4"	500	14.29	81.43	18.57	Wc+B-W =	312
FONDO	650.00	18.57	100.00	0.00	Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
SUMA	3500.00	100.00			<b>ABSORCIÓN</b>	
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B =	800.00
					B-A =	13.74
					Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$	1.75 %

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. Arnoldo Yana Torres  
CIP: 103257E



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



## DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

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

### PROCESO DE DISEÑO:

**NORMAS:** ACI 211.1.74

ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup> a los 28 días.  
entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.<sup>2</sup>

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

SE UTILIZARA EL CEMENTO YURA TIPO HS

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: 1/2" (12.70mm)

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	2.56	2.56
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1466	1744
P.U. Suelto	1310	1676
% de Absorción	1.75	2.81
% de Humedad Natural	2.45	9.37
Modulo de Fineza	-	2.51

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 1/2" (12.70mm)
3. 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: 216 Lt/m<sup>3</sup>
4. Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.5 %
5. Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
6. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de: ( 216 Lt/m<sup>3</sup> ) / ( 0.56 ) = 386 Kg/m<sup>3</sup>



*Mgr. Arnaldo Yana Torres*  
CIP: 141254



7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.51 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1466 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1/2" (12.70mm) se recomienda el uso de 0.649 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.58) \cdot (1466) = 849 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> 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:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (216) / (1000) = 0.216 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (386) / (3.15 \cdot 1000) = 0.122 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (849) / (2.56 \cdot 1000) = 0.331 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.5) / (100) = 0.025 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.695 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.695) = 0.305 \text{ m}^3$$

$$(0.305) \cdot (2.56) \cdot 1000 = 782 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\text{Agregado grueso húmedo } (849) \cdot (1.024494) = 870 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (782) \cdot (1.0937) = 856 \text{ Kg.}$$

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

$$216 - 849 \cdot \left( \frac{2.45 - 1.75}{100} \right) - 782 \left( \frac{9.37 - 2.81}{100} \right) = 159$$

### DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HUMEDO
Cemento	386	1.00	386	1.00
Agua	216	0.56	159	0.41
Agreg. Grueso	849	2.20	870	2.26
Agreg. Fino	782	2.03	855	2.22
Aire	2.5 %		2.5 %	

### 9.08 BOLSAS / m<sup>3</sup> DE CEMENTO

#### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	94.21 Kg.
Agregado grueso húmedo	95.84 Kg.
Agua efectiva	17.49 Kg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 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

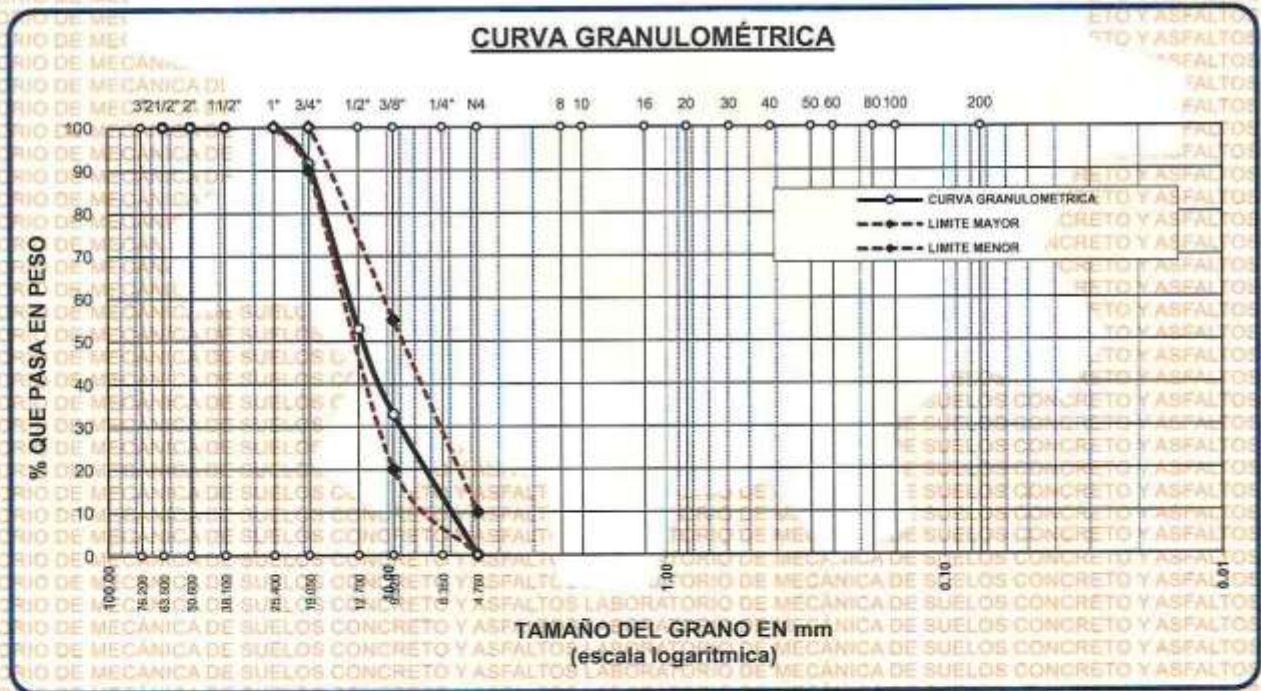


### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

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" <b>OBSERVACIONES:</b>
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
3/4"	19.050	300.00	8.57	8.57	91.43	90 - 100 %	
1/2"	12.700	1350.00	38.57	47.14	52.86		
3/8"	9.525	700.00	20.00	67.14	32.86	20 - 55 %	
1/4"	6.350						
Nº4	4.760	500.00	14.29	81.43	18.57	0 - 10 %	
BASE		650.00	18.57	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		18.57					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO M.S.C.A.  
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL  
 Mtro. Arnaldo Yana Torres  
 CUI 30325



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

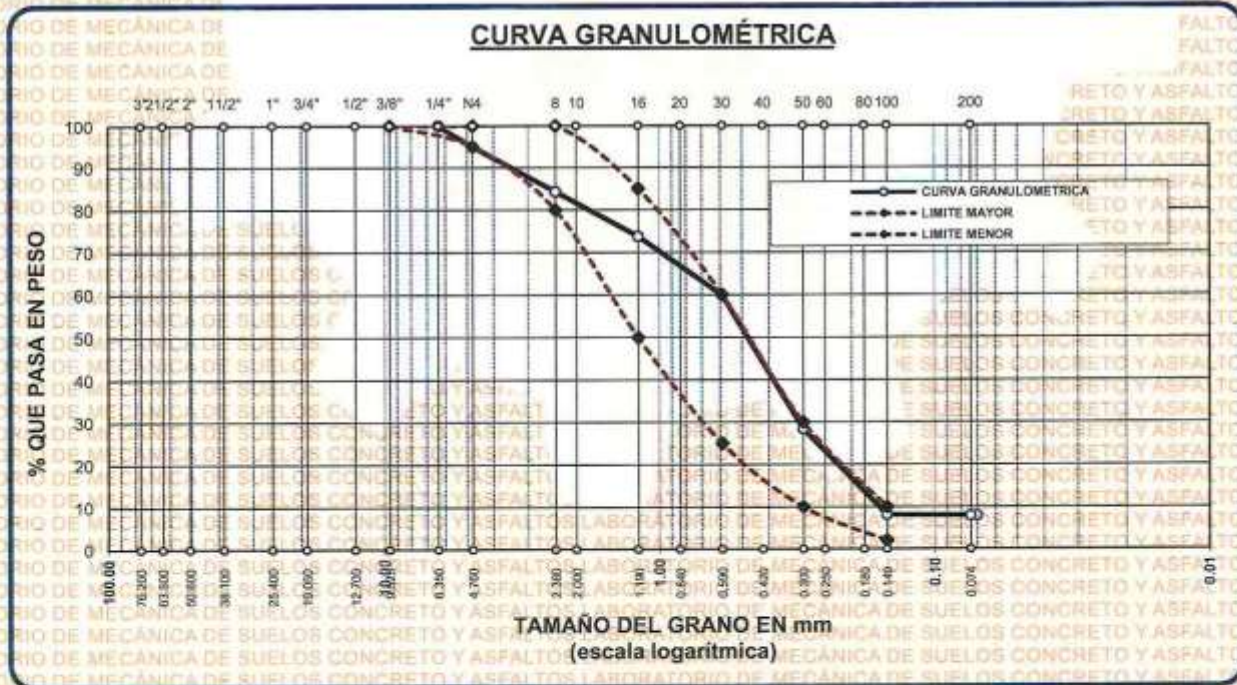


### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

TAMICES	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 gr. Módulo de Fineza = 2.51 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	24.95	4.99	4.99	95.01	80 - 100 %	
No8	2.380	53.30	10.66	15.65	84.35		
No10	2.000						
No16	1.190	53.10	10.62	26.27	73.73	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	69.45	13.89	40.16	59.84	25 - 60 %	
No40	0.420						
No50	0.300	157.20	31.44	71.60	28.40	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	101.45	20.29	91.89	8.11	2-10%	
No200	0.074	1.00	0.20	92.09	7.91		
BASE		39.55	7.91	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		7.91					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - C.I.P. INGENIERÍA CIVIL

M. Sc. Arnaldo Luna Torres

10/15/21





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** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

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

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	6270 gr	6270 gr	6270 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9810.00 gr	9794.00 gr	9790.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3540.00 gr	3524.00 gr	3520.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.682 gr/cm <sup>3</sup>	1.674 gr/cm <sup>3</sup>	1.672 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.676 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	6270 gr	6270 gr	6270 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>	2105 cm <sup>3</sup>
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9933.00 gr	9940.00 gr	9950.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3663.00 gr	3670.00 gr	3680.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.740 gr/cm <sup>3</sup>	1.743 gr/cm <sup>3</sup>	1.748 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.744 gr/cm <sup>3</sup>		

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
  
 Mgtr. Arnoldo Yana Torres  
 193257





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** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

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

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)

PESO DEL MOLDE	7142 gr	7142 gr	7142 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm <sup>3</sup>	3200 cm <sup>3</sup>	3200 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11313.00 gr	11344.00 gr	11350.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4171.00 gr	4202.00 gr	4208.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.303 gr/cm <sup>3</sup>	1.313 gr/cm <sup>3</sup>	1.315 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO		1.310 gr/cm <sup>3</sup>	

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	7142 gr	7142 gr	7142 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm <sup>3</sup>	3200 cm <sup>3</sup>	3200 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	11814.00 gr	11850.00 gr	11835.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4672.00 gr	4708.00 gr	4693.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.460 gr/cm <sup>3</sup>	1.471 gr/cm <sup>3</sup>	1.466 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO		1.466 gr/cm <sup>3</sup>	

**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  
Mg. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103251



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



## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

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

### MUESTRA : AGREGADO FINO

Nº DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	359.12
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	333.00
PESO DEL TARRO (gr.)	54.12
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	305.00
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	278.88
PESO DEL AGUA (gr.)	26.12
% HUMEDAD	9.37

### MUESTRA : AGREGADO GRUESO

Nº DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	341.88
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	335.00
PESO DEL TARRO (gr.)	54.12
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	287.76
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	280.88
PESO DEL AGUA (gr.)	6.88
% HUMEDAD	2.45

#### OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - IAR, INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yana Torres  
CAR. 1421167

BIE : B020 - 00241500



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR 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 COMPRESIÓN

NTP 339.034

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

**MUESTRA** : MUESTRA PATRON

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	23569.00	15.00	176.71	133.38	210	7	63.51%
2	MUESTRA PATRON	23995.00	15.00	176.71	135.79	210	7	64.66%
3	MUESTRA PATRON	24001.00	15.00	176.71	135.82	210	7	64.68%
4	MUESTRA PATRON	23457.00	15.00	176.71	132.74	210	7	63.21%
5	MUESTRA PATRON	23854.00	15.00	176.71	134.99	210	7	64.28%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	31478.00	15.00	176.71	178.13	210	14	84.83%
2	MUESTRA PATRON	30854.00	15.00	176.71	174.60	210	14	83.14%
3	MUESTRA PATRON	30452.00	15.00	176.71	172.33	210	14	82.06%
4	MUESTRA PATRON	30632.00	15.00	176.71	173.35	210	14	82.55%
5	MUESTRA PATRON	30666.00	15.00	176.71	173.54	210	14	82.64%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	36459.00	15.00	176.71	206.32	210	28	98.25%
2	MUESTRA PATRON	36854.00	15.00	176.71	208.56	210	28	99.31%
3	MUESTRA PATRON	37001.00	15.00	176.71	209.39	210	28	99.71%
4	MUESTRA PATRON	36541.00	15.00	176.71	206.79	210	28	98.47%
5	MUESTRA PATRON	36987.00	15.00	176.71	209.31	210	28	99.67%

### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



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

*[Firma]*  
Mgtr. Arnaldo Yana Jara  
CIP: 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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHÓN FRANCO APAZA SUAÑA

**MUESTRA** : MUESTRA PATRON +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	25123.00	15.00	176.71	142.17	210	7	67.70%
2	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	26215.00	15.00	176.71	148.35	210	7	70.64%
3	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	25356.00	15.00	176.71	143.49	210	7	68.33%
4	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	25562.00	15.00	176.71	144.66	210	7	68.88%
5	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	27326.00	15.00	176.71	154.64	210	7	73.64%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	33758.00	15.00	176.71	191.04	210	14	90.97%
2	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	33653.00	15.00	176.71	190.44	210	14	90.69%
3	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	34524.00	15.00	176.71	195.37	210	14	93.03%
4	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	33625.00	15.00	176.71	190.28	210	14	90.61%
5	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	33854.00	15.00	176.71	191.58	210	14	91.23%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	39658.00	15.00	176.71	224.42	210	28	106.87%
2	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	39548.00	15.00	176.71	223.80	210	28	106.57%
3	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	39956.00	15.00	176.71	225.11	210	28	107.67%
4	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	39754.00	15.00	176.71	224.97	210	28	107.13%
5	MUESTRA +1 CAPA DE FIBRA DE CARBONO	39855.00	15.00	176.71	225.54	210	28	107.40%

### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

  
 MIGUEL ARMADO JASSO TORRES  
 INGENIERO CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA  
 C.P. 103257

BIE : B020 - 00241500



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR 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 COMPRESIÓN

NTP 339.034

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

**MUESTRA** : MUESTRA PATRON +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	28658.00	15.00	176.71	162.18	210	7	77.23%
2	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	28954.00	15.00	176.71	163.85	210	7	78.02%
3	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	28352.00	15.00	176.71	160.44	210	7	76.40%
4	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	29001.00	15.00	176.71	164.12	210	7	78.15%
5	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	28745.00	15.00	176.71	162.67	210	7	77.46%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	35680.00	15.00	176.71	201.91	210	14	96.15%
2	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	36212.00	15.00	176.71	204.92	210	14	97.58%
3	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	35874.00	15.00	176.71	203.01	210	14	96.67%
4	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	35652.00	15.00	176.71	201.75	210	14	96.07%
5	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	35142.00	15.00	176.71	198.87	210	14	94.70%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	DIAS	
1	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	42365.00	15.00	176.71	239.74	210	28	114.16%
2	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	42121.00	15.00	176.71	238.36	210	28	113.51%
3	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	42000.00	15.00	176.71	237.68	210	28	113.18%
4	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	42547.00	15.00	176.71	240.77	210	28	114.65%
5	MUESTRA +2 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	42321.00	15.00	176.71	239.49	210	28	114.04%

### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL  
Metr. Arnaldo Yano Torres  
CIP 103257

BIE: B020-00241500



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR 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 COMPRESIÓN

NTP 339.034

**PROYECTO** : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : BACHILLER JHON FRANCO APAZA SUAÑA

**MUESTRA** : MUESTRA PATRON +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	32547.00	15.00	176.71	184.18	210	7	87.71%
2	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	32487.00	15.00	176.71	183.84	210	7	87.54%
3	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	33001.00	15.00	176.71	186.75	210	7	88.93%
4	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	32547.00	15.00	176.71	184.18	210	7	87.71%
5	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	32632.00	15.00	176.71	184.66	210	7	87.94%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	39458.00	15.00	176.71	223.29	210	14	106.33%
2	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	39475.00	15.00	176.71	223.39	210	14	106.38%
3	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	39256.00	15.00	176.71	222.15	210	14	105.79%
4	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	39452.00	15.00	176.71	223.26	210	14	106.31%
5	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	39365.00	15.00	176.71	222.77	210	14	106.08%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	DIAS	
1	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	46598.00	15.00	176.71	263.70	210	28	125.57%
2	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	46854.00	15.00	176.71	265.15	210	28	126.26%
3	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	46999.00	15.00	176.71	265.97	210	28	126.65%
4	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	46564.00	15.00	176.71	263.51	210	28	125.48%
5	MUESTRA +3 CAPAS DE FIBRA DE CARBONO	46875.00	15.00	176.71	265.27	210	28	126.32%

### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



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

*[Handwritten signature]*  
M.Sc. JEFATURA  
Miguel Ángel Yano Torres



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 20-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHON FRANCO APAZA SUAÑA

Dirección: Psj. LOS VIRREYES Urb. GUADALUPE MZ. M LT.9

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73780591

Teléfono: 922 027 656 email: jhonfrancoapaza.s@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: EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN EL CONCRETO DE DISEÑO

CONVENCIONAL COMO PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGREGADOS FINO, AGREGADO GRUESO, APLICACIÓN, FIBRA DE CARBONO, REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

1

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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  Título  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 LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

20-12-2024

Fecha