



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y**  
**DESARROLLO INMOBILIARIO**

**TESIS**

**FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS**  
**ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO**  
**REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACION**  
**TECNICO PRODUCTIVA PISCO – PERU 2020**

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

**AUTORES:**

**Bach. OROSCO JIMENEZ PAUL ALEXANDER**

**Bach. RUIZ GAMBOA FELIX EDISON**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

# **ASESOR DE TESIS**

.....  
**Mg. DENIS CHRISTIAN OVALLE  
PAULINO**

## **JURADO EXAMINADOR**

.....  
**Dr. WILLIAM MIGUEL MOGROVEJO COLLANTES**  
**PRESIDENTE**

.....  
**Mg. JUAN ANTENOR CACEDA CORILLOCLA**  
**SECRETARIO**

.....  
**Mg. DANIEL SURCO SALINAS**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque gracias a él hemos concluido nuestra carrera.

A nuestra familia, puesto que aquí demostramos el sacrificio que ellos tuvieron que hacer con tanto apoyo que nos brindaron.

A todos los universitarios, ingenieros profesionales y público en general dedicados al mundo de la construcción que este trabajo de investigación sea de mucha ayuda.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por estar presente en nosotros y acompañarnos durante todo este proceso de ejecución de nuestra tesis y mantenernos con salud en medio de toda la pandemia mundial que estamos viviendo.

A la Universidad Privada Telesup, que junto a sus docentes lograron inculcar y compartir conocimientos que nos ayudaron a desarrollar nuestra profesión.

## RESUMEN

En la ingeniería civil siempre se está trabajando con conocimientos nuevos con respecto a la tecnología, innovaciones, métodos y materiales que surgen de la necesidad de solucionar problemas o de reemplazar algunos materiales o métodos antiguos que se usan muy pocos en la actualidad por algo mejor, de esta manera se sustituye lo antiguo por lo nuevo.

Por ello en el reforzamiento de estructuras existen varios métodos de reforzar un elemento estructural, como una viga, columna o losa aligerada, de tal forma que depende de muchos factores como el costo, tiempo, y los buenos resultados que se obtiene. Se vienen realizando un tipo de reforzamiento estructural no muy frecuente por falta de práctica y conocimientos de su uso correcto y de información verídica, nos referimos al reforzamiento estructural con fibra de carbono.

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que el uso de la fibra de carbono como reforzamiento en elementos estructurales de concreto armado para del Centro de producción técnico productivo (CEPRO) Pisco, es muy eficiente con respecto al tiempo y costo, y sobre todo con los buenos resultados que se obtiene, puesto que aumenta la resistencia en las estructuras casi al 50% y así mismo disminuye las posibles fallas por flexión, corte y aplastamiento. Estos resultados son muy buenos cuando uno requiere aumentar la resistencia de sus estructuras ya sea por diferentes motivos como soportar las sobrecargas, cuando un elemento ya alcanzó su tiempo de servicio o cuando una estructura ha sido afectada por un movimiento sísmico debilitando las estructuras.

En este proyecto se ha utilizado el tipo de investigación aplicada, y el método de investigación cuantitativa y el diseño de la investigación experimental.

Como resultado se ha logrado obtener que la fibra de carbono si influye en el reforzamiento estructural. Para la obtención de estos resultados se llevó a un laboratorio certificado las muestras: probetas, losas pequeñas y vigas con y sin fibra de carbono para la ejecución de ensayos a comprensión y flexión, por lo tanto, se diferenció la resistencia de ambas estructuras, dando un resultado de mayor resistencia las estructuras con fibra de carbono.

**Palabras claves:** reforzamiento de estructuras, fibra de carbono.

## ABSTRACT

In civil engineering, you are always working with new knowledge regarding the technology, innovations, methods and materials that arise from the need to solve problems or replace some old materials or methods that are little used nowadays for something better, in this way the old is replaced by the new. This happens as long as the new working tool is more efficient than the old one.

Therefore, in the reinforcement of structures, there are several methods of reinforcing a structural element, such as a beam, column or lightened slab, in such a way that it depends on many factors such as cost, time, and the good results obtained. In Peru, like other countries, a type of structural reinforcement is being carried out that is not very frequent due to a lack of practice and knowledge of its correct use and information. We refer to structural reinforcement with carbon fiber.

The objective of this work is to demonstrate that the use of carbon fiber as reinforcement in structural elements of the Pisco Technical Production Center (CEPRO), is very efficient with respect to time and cost, and above all with the good results obtained. It obtains, since it increases the resistance in the structures almost to 50% and likewise it diminishes the possible failures by flexion, cut and crushing. These results are very good when one needs to increase the resistance of their structures either for different reasons such as withstanding overloads, when an element has already reached its service time or when a structure has been affected by seismic movement, weakening the structures due to cracks caused.

In this project the type of applied research has been used, and the method of quantitative research and the design of experimental research.

As a result, it has been possible to obtain that carbon fiber does influence structural reinforcement, providing greater resistance to structures and reducing the time and cost for such execution. In order to obtain these results, the samples were taken to a certified laboratory: test tubes, small ones and beams with and without carbon fiber for the execution of tests for compression and bending, therefore the strength of the structures, giving a result of increased strength carbon fiber structures.

**Keywords:** reinforcement of structures, carbon fiber.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
ASESOR DE TESIS .....	ii
JURADO EXAMINADOR .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1 Problema general.....	17
1.2.2 Problemas específicos.....	17
1.3 JUSTIFICACIÓN Y APORTES DEL ESTUDIO.....	18
1.3.1 Justificación teórica.....	18
1.3.2 Justificación practica .....	18
1.3.3 Justificación social .....	18
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos .....	19
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	20
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	23
2.2 BASES TEORICAS DE LAS VARIABLES.....	25
2.2.1 Variable Independiente: Fibra de carbono.....	25
2.2.2 Variable dependiente: Elementos Estructurales.....	39
2.3 DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.....	52
<b>III. MÉTODOS Y MATERIALES.....</b>	<b>55</b>
3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	55



3.1.1 Hipótesis General.....	55
3.1.2 Hipótesis específicas.....	55
3.2 VARIABLE DE ESTUDIO.....	55
3.2.1 Definición Conceptual.....	55
3.3 TIPO Y NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.3.1 Tipo de investigación.....	56
3.3.2 Método de la investigación.....	57
3.4. Diseño de la Investigación.....	57
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO.....	58
3.5.1 Población.....	58
3.5.2 Muestra.....	58
3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	58
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	58
3.6.2 Instrumento de recolección de datos.....	59
3.7 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMNTO.....	59
3.7.1 Validación del Instrumento.....	59
3.7.2 Confiabilidad del Instrumento.....	59
3.8 METODO DE ANALISIS DE DATO.....	60
3.9 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE VALOR.....	60
3.10 ASPECTOS DEONTOLOGICOS.....	60
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
4.1 LUGAR DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	62
4.2 DISEÑO DE MEZCLA.....	65
4.3 DIMENSIONES DE PROBETAS Y VACIADO SEGÚN NORMA.....	67
4.3.1 Elaboración de las probetas y vaciado en campo.....	68
4.3.2 Curado de las probetas.....	72
4.4 REFORZAMIENTO DE LAS PROBETAS CON FIBRA DE CARBONO.....	73
4.5 ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO.....	82
4.5.1 Ensayos a compresión.....	82
4.5.2 Ensayos a tracción por compresión diametral.....	85
4.5.3 Ensayo a flexión.....	86
4.6 ESTADISTICA INFERENCIAL.....	88
4.6.1 Estadística inferencial de ensayos a compresión.....	88
4.6.2 Estadística inferencial en ensayos a tracción por compresión diametral.....	91
4.6.3 Estadística inferencial de ensayos a flexión.....	93

4.7 PRESUPUESTO DE LA FIBRA DE CARBONO.....	96
4.8 SOFTWARE SIKA CARBODUR.....	96
4.9 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	97
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>104</b>
5.1 ANÁLISIS DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	104
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
6.1 CONCLUSIONES.....	106
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
7.1 RECOMENDACIONES.....	108
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	114
ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.....	116
ANEXO 3: INSTRUMENTO VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRA DE CARBONO...117	
ANEXO 4: INSTRUMENTO VARIABLE DEPENDIENTE: ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	118
ANEXO 5: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO.....	119
ANEXO 6: ENTREVISTA A EXPERTO EN DESARROLLO DEL TEMA DE APLICACIONES.....	120
ANEXO 7: RESULTADO DE LABORATORIO DE DISEÑO DE MEZCLA.....	121
ANEXO 8: RESULTADO DE LABORATORIO DE ENSAYO A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL.....	126
ANEXO 9: RESULTADO DE LABORATORIO DE ENSAYO A FLEXIÓN.....	127
ANEXO 10: HOJA TÉCNICA DE SIKA WRAP – 600C.....	128
ANEXO 11: HOJA TÉCNICA DE SIKA CARBODUR.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los elementos estructurales para su diseño.....	40
Tabla 2: Requerimiento de materiales para el diseño de mezcla.....	66
Tabla 3: Materiales para vaciado de concreto en probetas.....	70
Tabla 4: Resultados de ensayos a la compresión.....	84
Tabla 5: Resultados de ensayos a la tracción por compresión diametral.....	86
Tabla 6: Resultados de ensayos en laboratorio.....	89
Tabla 7: Resultados de la desviación estándar.....	89
Tabla 8: Resultados de la desviación estándar.....	92
Tabla 9: Resultados de la desviación estándar.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tejido CFRP – Envoltura de fibra de carbono unidireccional de alta resistencia pre-saturada Proceso de tejido .....	28
Figura 2: diagrama de los esquemas de carbonización para las meso fases de alquitrán y PAN.0..	31
Figura 3: Uso de la fibra de carbono en la industria de la construcción como reforzamiento de estructuras .....	32
Figura 4: lamina de fibra de carbono .....	37
Figura 5: tejido de fibra de carbono .....	38
Figura 6: Elementos estructurales .....	41
Figura 7: Elementos que conforman una estructura .....	41
Figura 8: Elementos que conforman una estructura .....	42
Figura 9: imagen de ejemplo de un cuerpo puesto a tracción .....	43
Figura 10: Elemento sometido a tracción.....	44
Figura 11: Esfuerzos de tracción.....	44
Figura 12: Equipo de perforación para la extracción de núcleos .....	45
Figura 13: Viga sometido a flexión.....	46
Figura 14: Esfuerzos de flexión .....	46
Figura 15: Viga con refuerzo longitudinal .....	47
Figura 16: Viga sometido a flexión.....	47
Figura 17: Agrietamiento en vigas por flexión .....	48
Figura 18: Distribución de deformaciones para los diversos tipos de fallas en flexión .....	49
Figura 19: Comportamiento de elementos de concreto armado sometidos a compresión .....	50
Figura 20: Esfuerzos de compresión .....	50
Figura 21: elemento sujeto a flexo compresión.....	51
Figura 22: Diagrama de interacción en sección rectangular .....	51
Figura 23: (a, b, c) tipo de fisuras en elementos más esbeltos, (d) fisura por pandeo y C son cuando las cargas están en orden de 85% y90% .....	52
Figura 24: Elemento de concreto sometido a compresión .....	52
Figura 25: plano de ubicación del CETPRO de pisco.....	63
Figura 26: imagen actual del CETPRO de pisco.....	64
Figura 27: visita al CETPRO de pisco .....	64
Figura 28: pabellón “A” afectado por causa del terreno del 2007 .....	65
Figura 29: inspección de estructuras dañadas por causa del terremoto del 2007 .....	65
Figura 30: solicitud de servicio para el diseño de mezcla.....	67
Figura 31: probetas cilíndricas de 10cm de diámetro x 20 cm de largo.....	69
Figura 32: diseño de mezcla.....	69
Figura 33: selección de agregados .....	70
Figura 34: pesado de agregado según diseño de mezcla.....	71
Figura 35: vaciado de agregado al trompo para elaboración del concreto .....	71
Figura 36: aplicación de aditivo desmoldante a probetas.....	72
Figura 37: vaciado de concreto en vigas en 2 etapas .....	72
Figura 38: concreto vaciado después de 24 horas .....	73
Figura 39: desmoldado de probetas cilíndricas .....	73

Figura 40: curado de probetas en una poza de agua con cal .....	74
Figura 41: materiales para el reforzamiento de probetas.....	75
Figura 42: materiales y herramientas para el proceso de colocación de la fibra de carbono .....	76
Figura 43: secado de probetas a temperatura ambiente.....	77
Figura 44: fibra de carbono y epòxico .....	77
Figura 45: mezclado de epòxico para el pegado de la fibra de carbono.....	78
Figura 46: aplicación del epòxico en la probeta cilíndrica.....	78
Figura 47: aplicación del epòxico sobre el tejido para su adherencia .....	79
Figura 48: pegado de la fibra de carbono sobre la probeta cilíndrica .....	79
Figura 49: probetas reforzadas con la fibra de carbono .....	80
Figura 50: lijado y limpieza de superficie de viga .....	80
Figura 51: aplicación de SIKa CARBODUR s512 en viga .....	81
Figura 52: marcado de vigas para su respectivo ensayo a flexión .....	82
Figura 53: probetas listas para su ensayo correspondiente.....	82
Figura 54: probeta patrón en ensayo a compresión.....	83
Figura 55: rotura de probeta reforzada con fibra de carbono .....	84
Figura 56: ensayo a tracción por compresión diametral de probeta patrón.....	85
Figura 57: ensayo a tracción por compresión diametral de probeta reforzada.....	86
Figura 58: viga lista para su respectivo ensayo a flexión.....	87
Figura 59: ensayo de viga hasta que se produce la falla .....	88
Figura 60: Rotura de viga reforzada con fibra de carbono.....	88
Figura 615 Software SIKa CARBODUR.....	99

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto que lleva por nombre: “fibra de carbono y su influencia en elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva pisco – Perú 2020”, contiene ciertos capítulos que están organizados para detallar la descripción de este trabajo.

Capítulo I. “El Problema”, aquí se describe de manera clara la problemática que surge con respecto al aumento de resistencia de los elementos estructurales que se requieren, para darle el uso adecuado a las estructuras o solucionar un problema de reforzamiento estructural, de esta manera planteamos una solución con objetivos claros que nos llevaron a investigar y comprobar resultados.

Capítulo II. “Marco Teórico”, nos presenta toda la información verídica con respecto a la fibra de carbono y los elementos estructurales, tales como de su origen, el uso, y sus características que nos llevan a comprender la relación de estas dos variables para darle una solución al problema planteado.

Capítulo III. “Metodología”, aquí se indica los métodos que se usaron, como también se menciona las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recopilación de la información que nos permite desarrollar este proyecto.

Capítulo IV. “Resultados”, “fibra de carbono y su influencia en elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva pisco – Perú 2020” es un método de reforzamiento de estructuras que, si influye y nos permite dar solución al centro de educación técnico productivo, de tal manera que sus estructuras dañadas recuperen la resistencia inicial que se perdió tras el terremoto de pisco del año 2007, y se puede dar uso para diferentes labores educativos. Esto es gracias a la aplicación del uso de la fibra de carbono en sus columnas y vigas dañadas.

Capítulo VI. “Conclusiones”, en este capítulo se detallará las conclusiones del proyecto investigado a raíz de los resultados obtenidos, tras los ensayos en laboratorio y las muestras realizadas simulando las estructuras del centro de educación técnica productiva de pisco, lo cual dará a conocer que si se puede usar este proyecto como un método de solución práctico.

Capitulo VII. "Recomendaciones", en este punto de la tesis se mencionará las recomendaciones del proyecto, para una buna ejecución y para el uso correcto de esta información que brindamos para el público en general que sea de su interés.

# I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las construcciones están presente en todos los países, vienen generando alta demanda en la cual se ha generado un reto para la ingeniería civil, sabemos que toda estructura tiene un tiempo de vida útil y un procedimiento establecido para su ejecución de manera correcta .Generalmente estas estructuras presentan déficit con respecto a su resistencia para la cual fue diseñado debido al incremento de carga de servicio, mala ejecución, uso de materiales inapropiados o dañadas y primordialmente a la fuerza de la naturaleza como el sismo. Anteriormente estas estructuras eran reparadas o reforzadas de manera convencional dependiendo el caso, con el avance de los nuevos materiales que surgen en los últimos años se ha optado en reforzar las estructuras con la fibra de carbono, un material novedoso y útil no solo para el mundo de la aeronáutica sino también para el mundo de la construcción. De esta manera este material se está involucrando mucho en el boom de las construcciones generando buenos resultados como el aumento de resistencia de las estructuras mediante el reforzamiento. Asimismo, es importante para la ingeniería civil saber las distintas metodologías y materiales empleados en el reforzamiento estructural que tiene como finalidad contrarrestar las falencias estructurales que presenta una edificación. (Helene, 2003)

En el Perú, históricamente, el reforzamiento estructural que se ha venido utilizando a lo largo de los años ha sido de manera convencional como utilizando elementos metálicos como ayuda de soporte a las cargas excesivas de la edificación. Sin embargo, en la actualidad se está optando por hacer los reforzamientos con materiales compuestos con alta tecnología lo cual es muy efectivo como la fibra de carbono, este es un polímero más efectivo a la tracción del acero. (sarzalejo, 2007)

En base a lo anterior una de las principales causas que dañan las estructuras es el sismo lo cual afecta las estructuras tales como (viga, columna y losa aligerada)



por lo tanto en el Perú se sabe que la provincia de Pisco debido al terremoto sufrido en el año 2007 dejó muchos daños en los elementos estructurales, de esta manera se pondrá a disposición la mencionada fibra de carbono planteando como la solución a todas las edificaciones que presentan daños estructurales, principalmente a los centros educativos donde es muy importante estar seguro de que la estructura en donde se desarrollan las clases estén en buen estado y no presenten amenaza alguna para los estudiantes.

Este procedimiento consiste en aplicar los pliegos y platinas de fibra de carbono a los elementos estructurales y agregando un aditivo como pegamento para darle uniformidad de tal manera que al secar aumenta el refuerzo a compresión, flexión, cortante y confinamiento según sea el caso del elemento estructural reforzado.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo la fibra de carbono influye en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?

¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?

¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN Y APORTES DEL ESTUDIO**

### **Justificación teórica**

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento existente sobre el uso de fibra de carbono como reforzamiento en los elementos estructurales para aumentar el refuerzo a tracción, flexión y compresión, donde se evalúa a través de ensayos y cálculos estructurales demostrando lo práctico con la teoría.

### **Justificación práctica**

Esta investigación se realiza con la finalidad de demostrar una solución para toda edificación que tenga la necesidad de reforzar los elementos estructurales de concreto armado para aumentar el refuerzo a flexión, tracción y compresión, para ello se demostrara mediante prácticas, ensayos y la manera correcta de cómo funciona este sistema, lo cual implica a la fibra de carbono como material principal e importante para dicha reparación o reforzamiento de estructuras.

### **Justificación social**

Esta investigación se realiza con un objetivo de aportar a las investigaciones básicas ya existentes e informar al público en general detalladamente de cómo se puede dar solución a la necesidad de un reforzamiento de una edificación, para aumentar la resistencia y así mismo mejorar las estructuras y seguir construyendo estructuralmente dicha edificación sin ningún problema.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Comprobar cómo la fibra de carbono influye en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la tracción de los elementos de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

Comprobar cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

Evaluar cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Se encontró la tesis del investigador Alegre Gago, Gianfranco (2017) cuyo título es “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA Y DUCTILIDAD DE LAS FIBRAS DE CARBONO UTILIZADAS COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO”, UNIVERSIDAD PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ, LIMA – PERU.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento elástico e inelástico de vigas de concreto armado sometidos a flexión y reforzadas con fibra de carbono.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor de diseño experimental y de acuerdo a los ensayos realizados se considera una investigación descriptiva, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Alegre en su investigación es que comprobó que la fibra de carbono aumenta la resistencia de secciones de concreto armado sometidos a flexión y disminuye la ductilidad de la sección, sin embargo, se considera utilizar la guía del (ACI-440.2R, 2017)

Se encontró la tesis del investigador Peña Ponte, Warner (2017) cuyo título es “REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO CON LÁMINAS DE FIBRA DE CARBONO EN VIVIENDAS DEL PROYECTO MULTIFAMILIAR MI VIVIENDA PARIACOTO, BREÑA – LIMA”. UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – PERU.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la relación entre el reforzamiento de las vigas de concreto armado con las láminas de fibra de carbono.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño experimental y de acuerdo a la naturaleza del estudio que reúne las condiciones es considerada una investigación descriptiva, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Peña en su investigación es que se comprobó el incremento de la resistencia a la compresión en probetas con refuerzo de láminas de fibra de carbono y siguiendo una buena relación entre la ductilidad y el refuerzo logrando deformarse en el rango elástico.

Se encontró la tesis del investigador Aquino Cusquisibán, Santos (2019) cuyo título es “VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORZADAS CON LÁMINAS DE FIBRA DE CARBONO (CFRP)” CAJAMARCA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA – PERU.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibra de carbono.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño experimental y la investigación que utilizó es descriptiva, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Aquino en su investigación se comprobó que los resultados obtenidos en el laboratorio son muy eficientes ya que aumentan la resistencia a la flexión de las vigas y también aumentan la ductilidad, en las vigas tipo 1 su patrón alcanzó una resistencia a flexión de 3.99Tn a 6.53Tn reforzadas con lamina de fibra de carbono (Sika Carbodur (Cutti, 2016) S512). De igual manera en la viga de tipo 2 de 4.36TN a 6.96Tn.

Se encontró la tesis del investigador Cutti Huallpa, Karina (2015) cuyo título es “ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL USO DE LAS FIBRAS DE CARBONO PARA EL REFORZAMIENTO EN UNA VIGA PERALTADA, DE CONCRETO ARMADO PARA

UNA EDIFICACION EN LA CIUDAD DE LIRCAY -ANGARES – HUANCAMELICA”.  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA – PERU.

La tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar mediante análisis experimental el uso de las fibras de carbono para reforzamiento en una viga peraltada, al incrementar cargas.

En cuanto a la metodología que utilizo el autor fue de diseño experimental y la investigación que utilizo es cuasi experimental, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribo Cutti, en su investigación se comprobó en laboratorio que una viga con reforzamiento, incrementa las cargas utilizando la fibra de carbono en 1000kg, para esto se basa en la guía de diseño y construcción de sistemas de FRP externamente adherido para refuerzo de estructuras de concreto según la norma del ACI 440-2R-17 y utilizando los cálculos matemáticos con SIKACARBODUR S 1012.

Se encontró la tesis del investigador Castro, Zavaleta, Carlos (2019) cuyo título es “REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO COMO ALTERNATIVA ECONÓMICA PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS COLUMNAS EN LA GALERÍA COMERCIAL FULLMARKET “LIMA. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE – PERU.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar de qué manera el reforzamiento estructural con fibra de carbono aumenta la resistencia a la compresión de las columnas y genera un ahorro económico.

En cuanto a la metodología que utilizo el autor fue de diseño no experimental y la investigación que utilizo es descriptivo, de tipo cuantitativo.

La solución a la que arribo Castro, en su investigación se determinó que la fibra de carbono aumenta la resistencia a la compresión en las columnas, dichas columnas evaluadas para el reforzamiento estructural no necesitan reforzamiento porque están con su resistencia adecuada y en servicio.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Se encontró la tesis del investigador Contreras Rincón, José (2011) cuyo título es “USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A CORTE EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO” BOGOTÁ. UNIVERSIDAD DE SALLE – COLOMBIA.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento de vigas reforzadas con fibra de carbono sometidas a corte.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño experimental y su investigación es cuasi experimental, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Contreras en su investigación es que el reforzamiento con fibra de carbono incrementa la resistencia al corte en la viga, usando el producto SIKAWRAP 103C mejora la funcionalidad de la viga.

Se encontró la tesis del investigador Dueñas Hernández, José (2015) cuyo título es “REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS CON FRP (FIBER REINFORCED POLYMERS), APLICACIÓN AL CASO DE REFUERZO A FLEXIÓN DE VIGAS METÁLICAS” SANGOLQUI. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ECUADOR.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el reforzamiento de estructuras e incrementar la resistencia a flexión en vigas metálicas

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño experimental y su investigación es cuasi experimental, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Dueñas en su investigación es que una viga metálica sometida con un reforzamiento FRP tiene un mayor comportamiento dúctil, elástico y el incremento de la resistencia. Dependiendo de la clase de fibra y espesor para el cual está destinado el refuerzo que necesita el elemento.

Se encontró la tesis del investigador Berrezueta Torres, Juan y Moscoso Tello, Adrián (2015) cuyo título es “AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN, PROVINCIA DEL AZUAY” CUENCA. UNIVERSIDAD DE CUENCA – ECUADOR.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar una alternativa para la ampliación y reforzamiento del puente San Ramón utilizando la fibra de carbono, consiguiendo la funcionalidad estructural.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño no experimental y su investigación es descriptiva, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Berrezueta y Moscoso en su investigación determinó que la fibra de carbono aumenta la resistencia de la estructura existente y el reforzamiento para los nuevos elementos estructurales del puente San Ramón.

Se encontró la tesis del investigador Navarrete Teruel, Iván (2017) cuyo título es “PROCEDIMIENTO DE REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO CON MATERIALES CFRP” VALPARAISO. UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA – CHILE.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el sistema FRP como una opción eficiente y sencilla para el reforzamiento de estructuras de hormigón armado.

En cuanto a la metodología que utilizó el autor fue de diseño no experimental y su investigación es descriptiva, de tipo cuantitativa.

La conclusión a la que arribó Navarrete en su investigación es que la fibra de carbono es un material apto para el reforzamiento estructural gracias a sus propiedades mecánicas ya que es un material de alta tecnología y una de sus ventajas primordiales es su resistencia que otorga a las estructuras.



Se encontró la tesis del investigador Guzmán Rosales, Luis (2008) cuyo título es “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA VIGA DE CONCRETO ARMADO, ENSAYADA A FLEXIÓN, REFORZADA CON FIBRA DE CARBONO” GUATEMALA. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

El tesista en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la diferencia la diferencia entre usar o no un reforzamiento con fibra de carbono para ver su comportamiento a flexión en una viga de concreto armado.

En cuanto a su metodología que utilizó el autor fue de diseño experimental y su investigación es cuasi experimental, de tipo cuantitativo.

La conclusión a la que arribó Guzmán en su investigación es que las barras de fibra de carbono son exclusivamente para refuerzo a flexión en vigas de concreto armado, incrementa el 20% el módulo de ruptura de una viga.

## **2.2. BASES TEORICAS DE LAS VARIABLES**

### **2.2.1. Variable Independiente: Fibra de Carbono**

Según (Beaumont WR & Soutis, 2016) nos dice lo siguiente: “es bien sabido que las fibras de carbono son estructuras de material compuesto que por lo general se consideran homogéneas a la micro escala pero son altamente no homogénea a la nano escala” esto quiere decir que están compuestos en unas capas cristales de grafito unidas borde a borde a través de la materia carbonizada principalmente amorfa.

Así mismo se podría decir que la fibra de carbono es sólida que presentan una morfología fibrosa en forma de filamentos, o una trenza con un contenido mínimo de carbono del 92% en su peso. Sus principales características son su elevada resistencia mecánica y su peso ligero (baja densidad). Este polímero es obtenido a partir de otro polímero llamada poliacrilonitrilo (PAN), el cual consiste en hebras muy finas de

carbono que son muy delgadas como el cabello humano, estas son trenzadas las cuales se tuercen y se agrupan continuamente para la formación de un hilo de varias hebras, se coloca sobre un mole y encima se le vierte una resina o plástico para pegar estos hilos tejidos y darles formas a sus diversas aplicaciones.

Según (Miravete, 2001) nos relata el inicio de las fibras de carbono que “fueron utilizados por Edison en el siglo XIX como finalmente para bombillas. La investigación que dio como resultado el uso de estas fibras en los materiales compuestos modernos, se atribuye a los trabajos de principio de los años sesenta de Shindon en Japón, watt en Inglaterra y Bacon y Singer en los Estados Unidos. Aunque se ha investigado una gran cantidad de materiales como precursores de esta fibra, el poliacrilonitrilo (PAN), una meso fase del alquitrán (“pitch”) y la celulosa (en orden decreciente de uso actual) son los tres precursores que actualmente se utilizan para su elaboración o fabricación. Las fibras que están basadas en el PAN tienen diámetros que oscilan entre las 5 y 7 um y aquellas cuyo precursor es el alquitrán están entre las 10 y 12 um”.

El poliacrilonitrilo es el precursor más común utilizado en la actualidad para obtener fibras de carbono, y no es el PAN al 100%.

Según (Ojeda, 2014) nos define que “la fibra de carbono es un material compuesto, no metálico de tipo polimérico, formado por fibras de 5-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. Varios miles de fibras de carbono se encuentran trenzados para poder formar un solo hilo, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en una tela. Las fibras de carbono se combinan con otros materiales para formar un compuesto. Básicamente se combina un tejido de hilos de carbono (refuerzo), el cual aporta flexibilidad y resistencia, con una resina termoestable (matriz), comúnmente de tipo epoxi, que se solidifica gracias a un agente endurecedor y actúa uniendo las fibras, protegiéndolas y transfiriendo la carga por todo el material”.

Según (Moncayo Theuler, 2016) nos dice lo siguiente, “El nombre de fibra de carbono es otorgado porque contiene hilos compuestos de mini filamentos de carbono pues su composición atómica es cercana al grafito. En el grafito los microfilamentos o placas de carbono se colocan ordenadamente una sobre otras y se entrelazan con fuerzas débiles, por lo que el grafito es blando y muchas veces transparente. En el caso de la fibra de carbono, miles de microfilamentos se apilan de manera desordenada y densa, lo cual genera gran resistencia al material. Así mismo se considera que la fibra de carbono tiene mejores características que el acero ya que su resistencia mecánica es 10 veces mayor. Adicionalmente es un material muy liviano como el plástico, con un peso de 1.750 kg/m<sup>3</sup>”.

Se concluye que la fibra de carbono es un material muy bueno para aplicarlas a estructuras sometidas a cargas repetitivas o fatiga ya que es el único material conocido cuyas propiedades mecánicas son muy sensibles a la aplicación de una carga cíclica. Con respecto a su comportamiento en condiciones estáticas, sus propiedades son muy elevadas en las fibras de alto modulo como también en las fibras de alta resistencia.

Subcapítulos de la variable independiente: fibra de carbono

### **Tela de fibra de carbono**

La fibra de carbono es comercializada en forma de tela con diferentes espesores, a continuación, mencionaremos sus características principales:

- Elevada resistencia a la tensión y compresión.
- Elevado precio.
- Liviano y con alta relación en resistencia/peso.
- Estable ante los ataques de cualquier agente externo.
- Elevado módulo de elasticidad.

## Componentes de la fibra de carbono

El componente más importante para la fabricación de la fibra de carbono es el poliacrilonitrilo, denominado (PAN). Los hilos de PAN entrelazados conforman la fibra de carbono. Se sabe que el petróleo está constituido principalmente de carbono, el cual procede de una fuente de fósiles orgánicos, por ello la mayoría de los componentes de la fibra de carbono provienen del petróleo.

## Tipos de fibra de carbono

Según (Miravete, 2001) los tipos de fibras de carbono se genera a partir de las temperaturas del tratamiento de calentamiento, lo cual se han identificado 3 tipos diferentes de fibra de carbono:

- a) La fibra de alto modulo (HM) es la más rígida y requiere la mayor temperatura
- b) La fibra de alta resistencia (HR) es la más fuerte y se carboniza a la temperatura que proporciona la mayor resistencia a la tracción.
- c) El último tipo de fibra (III) es la más barata, la rigidez es menor que las anteriores pero la asistencia es buena. Este tipo tiene la temperatura más baja en el tratamiento.



*Figura 1:* Tejido CFRP – Envoltura de fibra de carbono unidireccional de alta resistencia pre- saturada Proceso de tejido

*Fuente:* Fibra de carbono, Zolteck Toray Grup (2017)

## **Propiedades de la fibra de carbono**

La fibra de carbono se distingue de otros materiales compuestos por tener características específicas, las propiedades principales de la fibra de carbono son la siguiente:

- Tienen un coeficiente de dilatación muy bajo, lo que permite una gran estabilidad dimensional a las estructuras y una conductividad térmica elevada
- Alta rigidez específica y gran resistencia
- Su resistencia al roce es muy baja, lo que condiciona su manipulación
- No presenta plasticidad, el límite de rotura coincide con el límite elástico
- Resistencia a las variaciones de temperatura, conservando su forma original
- Elevada resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado
- Alta rigidez en comparación al acero

## **Fabricación de las fibras de carbono**

Según (Zoltek, 2017) nos informa que “en el transcurso de los años han ido modificando su configuración para la producción de fibra de carbono según se han ido desarrollando industrialmente. Actualmente alrededor del 90% de las fibras de carbono que se producen están hechas de poliacrilonitrilo, denominado (PAN). El 10% restante se hace de rayón o de petróleo. Todos estos materiales son polímeros orgánicos caracterizados por largas cadenas de moléculas unidas entre sí por átomos de carbono, pues la composición exacta de cada materia prima utilizada para fabricar la fibra de carbono varía de una empresa a otra y generalmente se considera un secreto comercial por lo cual cada empresa lo maneja.

Según (Zoltek, 2017) nos comenta sobre la fabricación que “durante su fabricación la fibra de carbono sufre por un proceso químico y mecánico.

La materia prima utilizada en la fabricación de las fibras es impulsada a hilos o fibras largas y luego pasa a ser calentada a una temperatura muy elevada impidiendo así que entren en contacto con el oxígeno. La fibra al no entrar en contacto con el

oxígeno no puede llegar a quemarse. Pues, al contrario, la alta temperatura hace que los átomos vibren bruscamente hasta que la mayoría de los átomos que no sean de carbono sean expulsados dejando una fibra compuesta de largas cadenas de átomo de carbono estrechamente Inter bloqueadas, llegando a expulsar así casi todos los átomos que no son de carbono.

Por otra parte, al igual que el PAN que es utilizado como materia prima principal para la elaboración de la fibra de carbono pues hay otras materias primas que también sirven para su elaboración como el rayón, proveniente de la celulosa y materias primas provenientes del alquitrán, las cuales son muy baratos que el PAN, pero menos efectivo.

Cada tipo de materia prima tiene su técnica de procesamiento, pero sin embargo todos siguen casi una misma secuencia. A continuación, mostraremos el proceso de fabricación de la fibra de carbono teniendo como base el PAN, que es el material como ya se mencionó utilizado un 90% en la actualidad.

Según (Miravete, 2001) “para la fabricación s pude distinguir las siguientes etapas:

a) **Estabilización.** - es el primer paso para la fabricación de la fibra de PAN, un filamento de copolímero de poliacrilonitrilo (PAN) s estirado y pasado a través de un horno de oxidación a baja temperatura para adquirir estabilidad dimensional. Este paso suele denominarse infusible.

b) **Carbonización.** - en el siguiente paso de carbonización de la estructura interna del polímero se convierte a una alta temperatura más alta (800°C bajo una atmosfera inerte) en lazos de anillo hexagonales de carbono continuo. Durante el periodo d calentamiento, muchos elementos diferentes del carbono desaparecen y los cristales de carbono se orientan a lo largo de toda la longitud de la misma.

c) **Grafitización.** - en el siguiente tratamiento de calentamiento a más altas temperaturas por encima de 2000°C (grafitización) el tamaño de los cristales del carbono aumenta y mejora la orientación de los cristales de la fibra

d) **Tratamiento de superficie.** – finalmente en este proceso, la fibra pasa a través de una cámara de tratamiento de superficie para promover la adhesión de la fibra. Otros pasos serían el acabado y el empaquetado, en función de la presentación industrial, para facilitar el manejo de la fibra.

Los pasos para las fibras de precursores de alquitrán son similares, salvo en el paso inicial, en el que la fibra se derrite a partir de alquitrán procesado isótropo o anisótropo. El tamaño y orientación de los cristales, la porosidad de la fibra y su impureza son los principales factores que afectan a las propiedades físicas finales del filamento”.

En la figura 1 se muestra un esquema de la conversión de la meso fase de alquitrán y la del PAN en fibra de carbono, pues la meso fase líquida cristalina de alquitrán se utiliza para obtener fibras de alto módulo. Petróleo, carbón mineral y policloruro de vinilo son las fuentes comunes del alquitrán utilizado para obtener estas fibras.

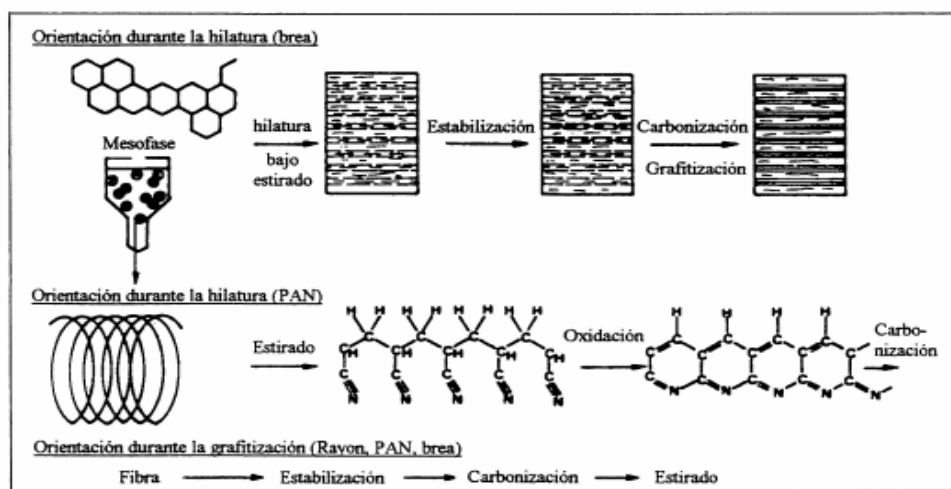


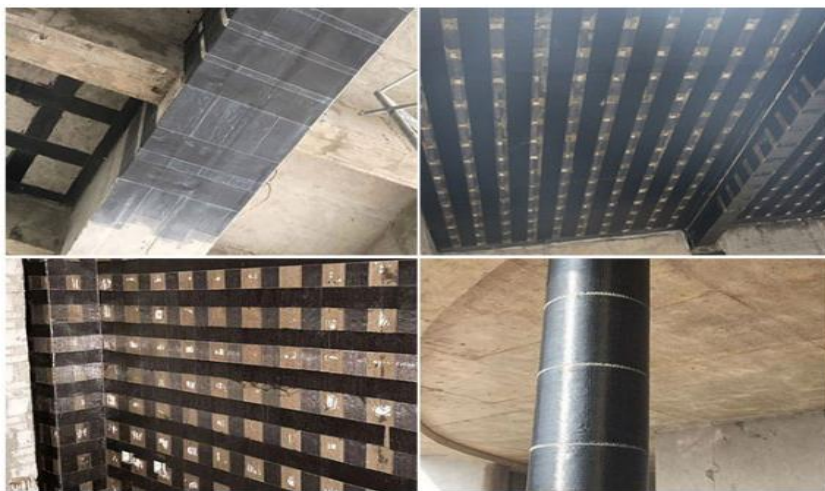
Figura 2: diagrama de los esquemas de carbonización para las meso fases de alquitrán y PAN.0

Fuente: Hacia la fibra de carbono en la construcción, Miravete Antonio (2001)

## Aplicaciones y usos de la fibra de carbono

Según (Miravete, 2001) nos explica el uso de la fibra de carbono se ha vuelto tan conocido que trasciende a muchas industrias, teniendo diversas aplicaciones y llegando a ser comercializado en todo el mundo. Las principales aplicaciones e industrias en la cual podemos encontrar que se utilice esta fibra de carbono son las siguientes:

- Industria aeronáutica. - diseño de cabinas y alas
- Industria automovilística. - diseño del chasis, volante, llantas, cascos utilizados en el automovilismo de alta competencia.
- Industria naval. - en mástiles cascos de barcos y buque
- Industria del deporte. - utilizada en el diseño del chasis de bicicletas, raquetas de tenis, cascos, cañas de pescar, etc.
- Industria musical. - en el diseño del cuerpo y cuerdas de la guitarra y bajo.
- Industria de las telecomunicaciones. - computadoras portátiles, teléfonos, trípodes.
- Equipamiento militar. - utilizados en el diseño de armas, cascos, etc.
- Industria de la construcción. - es utilizado para los refuerzos estructurales antisísmicos, para reparaciones de estructuras, implementaciones en puentes.



*Figura 3:* Uso de la fibra de carbono en la industria de la construcción como reforzamiento de estructuras

*Fuente:* Fibra de carbono, Zolteck Toray Grup (2017)



## Procedimiento para el uso de la fibra de carbono como refuerzo estructural

Según (Helene, 2003) nos indica que “existen varios métodos en el procedimiento de colocar y hacer uso de la lámina de la fibra de carbono como refuerzo estructural, en este caso el procedimiento para colocar la fibra de carbono en la columna de concreto armado como reforzamiento estructural, es de la siguiente manera:

- Al principio debemos de limpiar la superficie de contacto del concreto, pues esta superficie en la cual vamos a intervenir debe estar limpia y libre de aceites, grasas, polvo, pintura, u otro elemento que no es bueno para la adherencia con otro material. Se debe realizar la limpieza integral de tal manera de eliminar las partículas sueltas como el polvo para evitar una mala adherencia entre el concreto y la fibra de carbono.
- A continuación, teniendo ya la superficie limpia de impurezas se debe una capa de imprimante epóxido con rodillo, cuya finalidad es proveer una lámina de adherencia a la superficie del concreto. Posteriormente se rellenan con masilla o pasta epódica los huecos que pudiera tener la superficie de contacto. En el caso que la estructura posee cangrejas o fisuras profundas, se deberá utilizar un mortero como relleno.
- Lugo de reparar la superficie de concreto y teniendo la estructura limpia se prosigue a envolver la superficie con un saturante epóxido para humedecer las fibras secas y conservar la correcta dirección y posición de la fibra, debido a su alta viscosidad se permite el fácil manejo de la fibra y su correcta aplicación. Además, dicho saturante distribuye los esfuerzos en la fibra y ayuda a protegerlas de las condiciones ambientales y la abrasión de la intemperie.
- Continuando con el procedimiento se proceden a cortar y preparar a medidas las láminas de fibra de carbono según el diseño de la sección de la columna, luego se

colocan sobre la superficie de concreto enrollándolo y cubriendo toda la columna, lo que permitirá que estas láminas de fibra de carbono comiencen a absorber el saturante epóxico por un buen tiempo.

- Luego que la lámina de fibra de carbono absorba la primera capa de saturante epóxico, se aplicara una segunda capa de saturante epóxico para poder cubrirla totalmente.
- Al finalizar, se aplica una capa de acabado que cubre totalmente el reforzamiento con fibra de carbono, logrando una apariencia similar al concreto y de tal manera protegiendo a la fibra de carbono de todo agente externo que afectaría el procedimiento establecido.

#### **2.2.1.1 Dimensión 1: Aplicación de la fibra de carbono**

Según (Machado, 2006) nos menciona en su libro de Refuerzo de estructuras de concreto armado con fibra de carbono, lo siguiente: “una interesante aplicación de sistemas compuestos estructurados con fibra de carbono es la posibilidad de incrementar la ductilidad (reserva de resistencia) de columnas y pilares de concreto, por confinamiento para resistir los efectos sísmicos”.

Este párrafo nos dice que existen diferentes formas de aplicar la fibra de carbono en las estructuras para obtener diversos resultados con fin de lograr el objetivo, de tal manera que pueden ser utilizados para promover el refuerzo estructural, esencialmente en elementos donde se generan los momentos flectores con esfuerzos de comprensión y tensión y también con esfuerzos cortantes y torsionales. Por último, se puede usar la fibra de carbono para refuerzo de vigas de flexión y corte.

Por otro lado (Moncayo Theuler, 2016) nos menciona lo siguiente con respecto a su aplicación de la fibra de carbono “la fibra de carbono puede ser utilizada y aplicada para reforzar vigas y restaurar su capacidad a la tensión, así como aumentar o

reconstruir el confinamiento. En el caso de las vigas se puede utilizar en tiras para ayudar a la captación de los esfuerzos tensionantes en el caso que las varillas de acero estén muy deterioradas”.

“En columnas, se considera una mejor disposición la colocación de un encamisado con fibra de carbono, restaurando su capacidad para resistir esfuerzos de tensión cuando el acero ha dejado de ejercer su función y aumenta el confinamiento”.

Como lo indica (Tantalean, 2017) “dos factores importantes en el proceso de reforzamiento con fibra de carbono son la mano de obra especializada en su uso y su correcta aplicación”, Obviamente no dejando de lado el control de calidad de la superficie que se va a reparar

Otros factores importantes son:

- Resistencia a la tracción de la superficie de concreto.
- Uniformidad y espesor de la capa de adhesivo.
- Resistencia y perfecta reacción química del sistema epóxico de adhesión.
- Geometría del elemento por reforzar.
- Condiciones ambientales en el momento de la aplicación

En el Perú hay diferentes sistemas de reforzamiento ya realizados con fibra de carbono y cada uno de estos sistemas presenta sus hojas técnicas para el producto y su correcta instalación. Además de esto, para poder realizar de manera correcta la aplicación de la mencionada fibra de carbono pues se debe revisar el manual ACI-440, donde nos proporcionan una guía de instalación de los sistemas de FRP y así mismo las recomendaciones.

#### **2.2.1.1.1 Indicador A: Aplicación de la fibra en forma laminado**

Según (Machado, 2006) nos dice lo siguiente “una forma de presentar los sistemas compuestos estructurado con fibra de carbono es mediante laminados. Los laminados son los productos prefabricados de sistemas compuestos estructurados con

fibra de carbono y se producen mediante procesos de pultrusión, es decir, prensado en caliente”.

Esto explica que mediante un proceso continuo las fibras de carbono son desarrolladas, estirado, y alineado para después ser sumergido en resinas epoxi y así endurecerlo mediante una prensa a altas temperaturas de calor.

Así mismo cabe mencionar que por razones técnicas dicho proceso de pultrusion incorpora la fibra de carbono con límite de 65% a 70%, el volumen de plástico conformado es el valor similar obtenido para las barras o láminas de fibra de carbono. El material polímero con respecto al módulo de elasticidad y la tensión de tracción de la matriz puede considerarse insignificante para el cálculo de propiedades del laminado pues los valores considerados es el 70% aproximadamente para la fibra de carbono, esto es debido al hecho que los laminados se producen a grandes escalas industrial, usando amplias variedades de fibra de carbono con características diferidas, y características mecánicas ya que se pueden variar según tendrá el módulo de elasticidad y el valor de deformación por rotura, el volumen de fibra de carbono en el plástico define su resistencia.

Así mismo tenemos a un ingeniero civil peruano (Tantalean, 2017) que nos dice lo siguiente: “en el mercado peruano están disponibles las láminas de fibra de carbono de 0.50 m de espesor por longitud variable, de acuerdo al requerimiento del diseño. Las fibras de carbono en lamina vienen alineadas en una sola dirección, dirección en la que se provee la resistencia adicional”.

Esto quiere decir que en un ejemplo de un caso de refuerzo estructural de una losa aligerada en la cual se requiere aumentar la resistencia, se disponen tiras de fibra de carbono debajo de las viguetas, con el número de veces de capa necesario y en una losa armada en dos sentidos, pues se pueden disponer franjas en ambas direcciones.



*Figura 4:* lamina de fibra de carbono

*Fuente:* Manual de reforzamiento de estructura de concreto armado con fibra de carbono (Machado, 2006)

### **Aplicaciones de fibra de carbono laminado en vigas:**

Al aplicarse en vigas, el sistema FRP incrementa sensitivamente la capacidad de resistencia a flexión y al corte en estos elementos. La resistencia adicional es tal, que una viga con grietas que están dañadas por las cargas en la que se ha sido sometida, reforzando de extremo a extremo pues posteriormente con este sistema puede llegar a superar su capacidad de carga adicional.

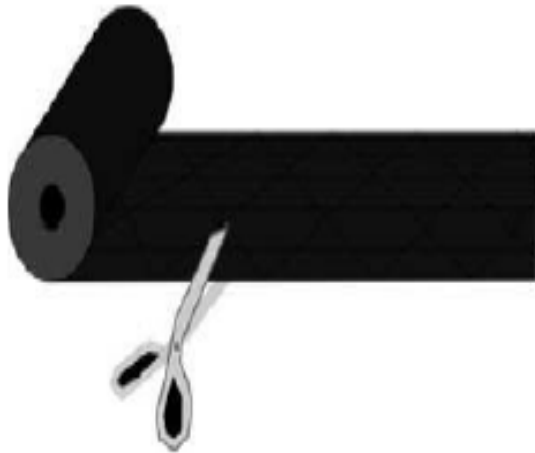
Al aplicarse este tipo de sistema en el parte fondo de la viga en toda su longitud, se eleva su resistencia a la flexión, controlando mejor su deflexión mientras que si se aplica en las caras laterales de la viga pues se eleva su resistencia al corte.

#### **2.2.1.1.2 Indicador B: Aplicación de fibra en forma de tejido**

Según (Machado, 2006) nos explica en su libro Manual de reforzamiento de estructuras de concreto armado con fibra de carbono que, los tejidos de carbono son laminas muy delgadas que pueden ser enrolladas en confinamientos de tramos circulares o elementos estructurales como columnas, puesto que en estos casos se realiza el reforzamiento mediante tejidos de fibra de carbono “chaqueta” del sistema

compuesto, que produce un confinamiento pasivo a dicho elemento comprimido, pues este permanecerá sin tensiones hasta que se origina la expansión y agrietamiento del elemento involucrado. Por ello el requerimiento de una conexión íntima entre el elemento de concreto y la “chaqueta” continua es muy esencial.

Así mismo (Moncayo Theuler, 2016) menciona que “de acuerdo con el tipo de trenzado se puede especificar que la resistencia del tejido sea mayor en una dirección que la otra”. Pues la resistencia de la tela de fibra de carbono se puede apreciar en un momento de impacto o movimiento sísmico que la fuerza del movimiento que se da en una estructura se distribuye entre miles de hilos de carbono, pues esto provoca que en muchos casos el material ni se deforme.



*Figura 5:* tejido de fibra de carbono

*Fuente:* Manual de reforzamiento de estructura de concreto armado con fibra de carbono (Machado, 2006)

### **Aplicaciones de tejido de fibras de carbono en columnas:**

Según (Moncayo Theuler, 2016) una de sus aplicaciones más usuales consiste en incrementar la resistencia a la flexión y dotar de mayor confinamiento en las columnas”.

Este tipo de sistema y reparación es un sistema de bajo costo en comparación a usar otro método como agrandar la columna, con la consiguiente pérdida de la apariencia arquitectónica original. Pues una vez reforzada y recubierta la columna el cambio en la apariencia o estética es nulo. Pero muy resaltante y significativo en resistencia.

## **Tela de fibra de Carbono**

Según (Moncayo Theuler, 2016) “la fibra de carbono se comercializa en forma de tela con diferentes espesores. Sus características principales son las siguientes”:

- Elevada resistencia a la tensión y comprensión.
- Elevado precio.
- Muy liviano y con una alta relación resistencia/peso.
- Estable ante ataques de agentes externos.
- Elevado módulo de elasticidad.

### **2.2.2. Variable dependiente: Elementos Estructurales**

(González Óscar, 2007) Una estructura está compuesta de un conjunto de elementos estructurales como son: viga, columna, losa. Estos elementos se combinan entre sí para cumplir una función de soportar presiones por viento, asentamientos, esfuerzos, soportar las cargas vivas y muertas de la estructura y transmitir las al suelo y de mantener su forma ante

Los sismos. La respuesta que presenta los elementos estructurales bajo una acción determinada se puede presentar de diferentes maneras como: deformaciones, agrietamiento y durabilidad de la estructura. Por lo cual los elementos que conforman la estructura deben de cumplir su diseño, dimensionamiento y una buena ejecución en obra para que puedan cumplir satisfactoriamente las condiciones de servicio y de seguridad.

Tabla 1

*Características de los elementos estructurales para su diseño*

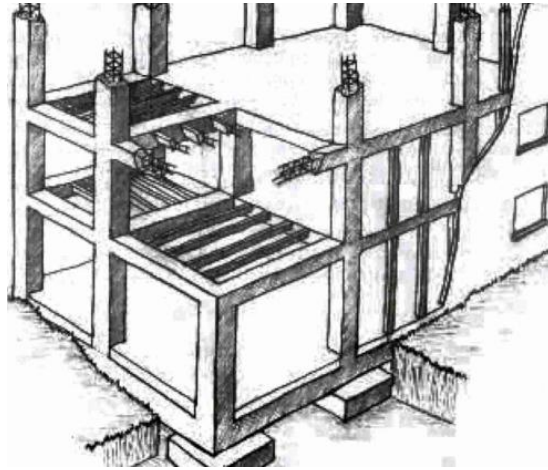
Acciones interiores	Características del elemento	Respuestas
Carga axial	Tipo de concreto	Deformación
Cortante	Tipo de refuerzo	Agrietamiento
Flexión	Tamaño	Durabilidad
Cortante	Forma	Vibración
	Restricción	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Según (ACI-318, 2014) nos menciona que un sistema estructural está conformado por miembros como: columnas, viga y losa donde cada uno cumple una función diferente y un rol específico para el cual fu diseñado. Los nudos y conexiones son los lugares donde se interceptan los elementos para transmitir las cargas y fuerzas. Los elementos estructurales deben de resistir las cargas sin exceder su resistencia, también deben de cumplir un diseño sísmico, cambios volumétricos por variación de temperatura y asentamientos. Una función muy importante que cumple el análisis estructural en los elementos estructurales es de estimar las fuerzas internas y las deformaciones para establecer el cumplimiento de los requisitos de resistencia y funcionamiento.

Por otro lado (Parker, 2008) establece que los elementos estructurales están conformados por tres pilares que son: losa, viga, columna y que tienen la finalidad de soportar las cargas que actúan sobre ellas y transmitir las al suelo, estos elementos están constituido por concreto y acero. Los elementos estructurales tienen solicitaciones muy importantes que deben de cumplir al ser diseñados como: esfuerzo de compresión, esfuerzo de tracción, esfuerzo de corte, torsión y flexión, según el reglamento establecido por el ACI- 318-14. Asimismo, tienen factores importantes que cumplir de la parte estructural, arquitectónico y económico al ser ejecutados.

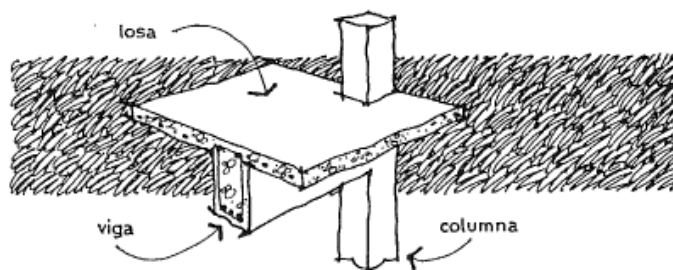




*Figura 6:* Elementos estructurales

*Fuente:* Diseño simplificado de concreto reforzado (Parker, 2008)

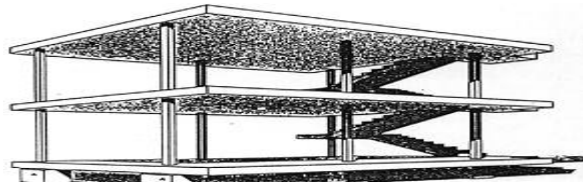
Conforme a (Rodas, 2014) nos menciona que son elementos que conforman una estructura, estos elementos son: losa, viga y columna y que tiene que ser capaz de soportar las cargas, fuerzas y acciones a la que están sometidas. Los elementos se clasifican según su función de su forma, en elementos superficiales y lineales. En su diseño deben tener consideraciones de criterio de resistencia, funcionalidad, rigidez y estabilidad según el reglamento del ACI 318-14. Los elementos estructurales están sometido a esfuerzos como: tracción, compresión, flexión y torsión.



*Figura 7:* Elementos que conforman una estructura

*Fuente:* Estructuras 1 apuntes de clase (Rodas, 2014)

Según (Morales, 2006) nos dice que los elementos estructurales deben concebirse como un conjunto de partes que se combinan entre sí para poder cumplir una función específica de transmitir las cargas hacia el suelo. Su diseño debe basarse en los estados límites más importantes como son: resistencia bajo carga axial, deflexiones y ancho de grietas bajo carga de servicio. Las estructuras tienen que tener suficiente ductilidad para adsorber y disipar la energía producida por el sismo, estos elementos son: losa, viga, columna. Asimismo, estos elementos están hechos de concreto y acero.

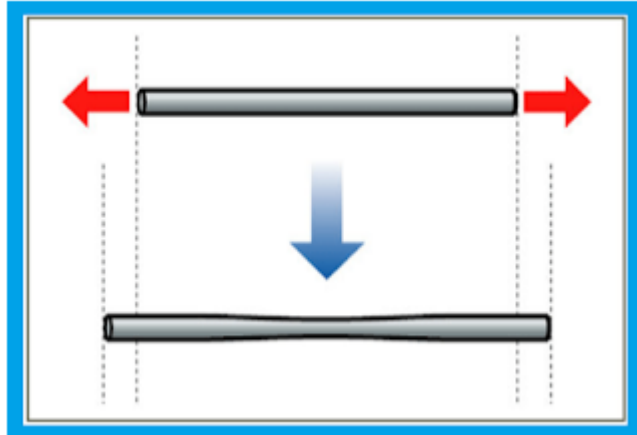


*Figura 8:* Elementos que conforman una estructura  
*Fuente:* Diseño en concreto armado (Morales, 2006)

### **2.2.2.1 Dimensión 1: Tracción**

Según (González Óscar, 2007) argumenta que la tracción está sometido a un esfuerzo interno aplicado por dos fuerzas en sentido opuesto y que tienden a estirar al elemento. Un cuerpo sometido a esfuerzos de tracción sufre deformaciones positivas. Uno de los materiales que se comporta mal a los esfuerzos de tracción es el concreto, por eso tiene que ver mucho sus propiedades de los materiales.

Por otro lado (Federación de Enseñanzas de CC.OO, 2011) nos define la tracción como “el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto y tienden a estirarlo. Se considera que las tensiones que tienen cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas, son normales a esa sección, son de sentido opuesto a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo. La tracción produce un alargamiento sobre el eje “x”.

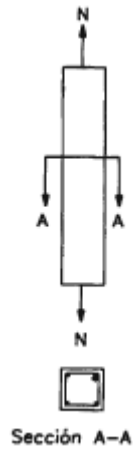


*Figura 9:* imagen de ejemplo de un cuerpo puesto a tracción  
*Fuente:* Tipos de esfuerzos físicos. Federación de enseñanzas de CC.OO. de Andalucía (2011)

Conforme a (Rodas Martin, 2009) podemos deducir que un elemento está sometido a la tracción cuando sobre él actúan fuerzas que tienden a estirarlo. Los tensores son elemento resistente que aguantan muy bien estos tipos de esfuerzos, así mismo se afirma que la tracción es lo contrario a la compresión, ya que los planos paralelos que suponemos que componen el material, intentan o tienden a separarse.

Se llega a la conclusión que, para la mecánica y la ingeniería, la resistencia a la tracción es la máxima tensión que soporta un elemento durante el ensayo que se somete, puesto que el material está expuesto a dos fuerzas que tienen a estirar o romper con el fin de determinar uno o más de sus características mecánicas.

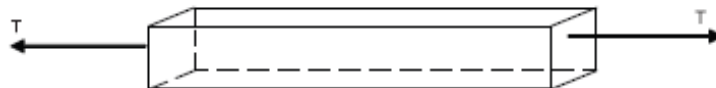
Teniendo en cuenta a (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017) manifiesta que la tracción son fuerzas que actúan y tienden a estirar o alargar al elemento hasta llegar a un punto de rotura en la parte céntrica, lo cual el concreto es muy débil ante esta fuerza. El elemento estructural diseñado a tracción tiene como función principal proporcionar protección al acero, fijarlo en su posición y brindar rigidez a todo el conjunto.



*Figura 10:* Elemento sometido a tracción

*Fuente:* Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017)

Conforme a (Delgado Contreras, 2011) nos menciona que un elemento estructural sometido a tracción sus partículas tienden a separarse de ella debido a un esfuerzo, es decir la longitud de su cuerpo aumenta y se disminuye en la parte central. El comportamiento al esfuerzo de tracción es el mismo para todos los materiales, dependiendo de sus propiedades como: plasticidad, elasticidad, fragilidad, ductilidad.



*Figura 11:* Esfuerzos de tracción

*Fuente:* Diseño de estructuras aperticadas de concreto armado (Delgado Contreras, 2011)

### 2.2.2.1.1 Indicador 1: Falla por tracción

Según (González Óscar, 2007) nos menciona que la falla por tracción presenta dos tipos de rajadura: primarias y secundarias, debido al exceso de tracción longitudinal lo cual se le conoce como fractura final o copa.

Conforme a (Santana Tapia, 2014) nos menciona que la falla por tracción se origina cuando el concreto se comienza a agrietar, esto sucede cuando llega a alcanzar un 10% de su resistencia y el acero toma el total de la fuerza en tracción.

Teniendo en cuenta a (Nayra A. , 2017) menciona antes de realizar el reforzamiento con la fibra de carbono se recomienda hacer unas pruebas al concreto para comprobar su resistencia actual del elemento estructural:

- Diamantina: ensayo destructivo que se realiza mediante extracción de testigos perforados, deben de tomarse tres muestras y llevarlos al laboratorio para someterlo a un ensayo de compresión para comprobar su resistencia actual.

#### **Referencia normativa:**

- NTP 339.034: método de ensayo normalizado par la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, muestras cilíndricas.
- ASTM C900: extracción de núcleos diamantinos.



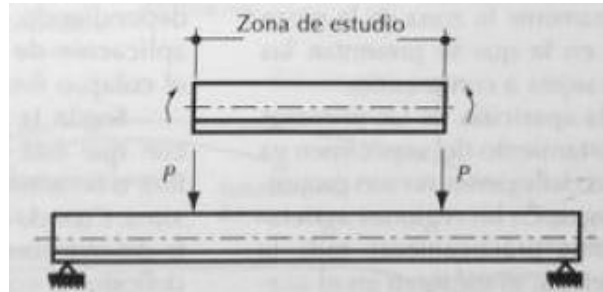
*Figura 12:* Equipo de perforación para la extracción de núcleos

*Fuente:* Reforzamiento estructural de edificaciones familiares para el uso de entidades financieras-caso caja Arequipa-Puno (Nayra A. , 2017)

#### **2.2.2.2 Dimensión 2: Flexión**

Según (González Óscar, 2007) manifiesta que la flexión es una combinación de esfuerzos de tracción y compresión que actúan sobre el elemento produciendo una

deformación y un momento flector. Los elementos sometidos a esfuerzos de flexión son las placas, losas y vigas de una estructura.



*Figura 13:* Viga sometido a flexión

*Fuente:* Aspectos fundamentales del concreto reforzado (González Óscar, 2007)

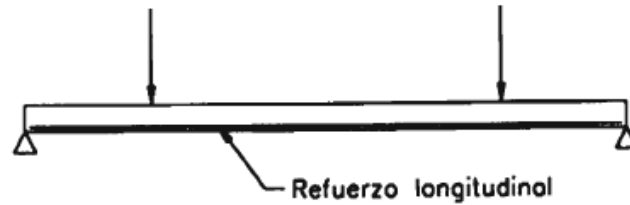
Por otro lado (Delgado Contreras, 2011) nos menciona que la flexión es una carga que actúan sobre un elemento y tiende a flexionar. Dentro de este esfuerzo de flexión se origina un esfuerzo a tracción en la parte inferior y un esfuerzo de compresión en la parte superior, unos de los elementos diseñados a flexión son las vigas



*Figura 14:* Esfuerzos de flexión

*Fuente:* Diseño de estructuras aporticadas de concreto armado (Delgado Contreras, 2011)

Conforme a (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017) argumenta que la flexión está conformado por un esfuerzo provocado por cargas transversales al eje del elemento y produce momentos flectores lo cual ocasiona una deflexión o también llamado pandeo vertical si las secciones son esbeltas.

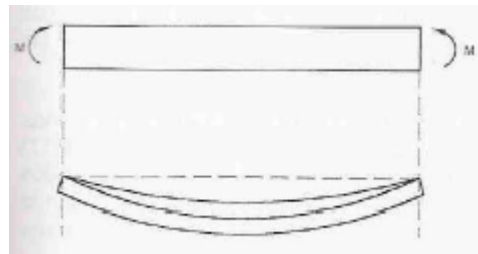


*Figura 15: Viga con refuerzo longitudinal*

*Fuente: Diseño de concreto armado (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017)*

Teniendo en cuenta a (Parker, 2008) nos menciona que la flexión está constituida por un esfuerzo lo cual provoca un momento flector en el elemento, produciendo en la parte superior del elemento un acortamiento y en la parte inferior un alargamiento, es decir las deformaciones y tensiones en la parte superior son negativas y en la parte inferior positivas.

Según (García Meseguer, 2001) afirma que la flexión en es un fenómeno llamado pandeo lateral ocasionado por un esfuerzo en el elemento, lo cual conduce a una deflexión y provoca tensiones de tracción y compresión según el signo del momento. El elemento diseñado a flexión son mayormente las vigas.



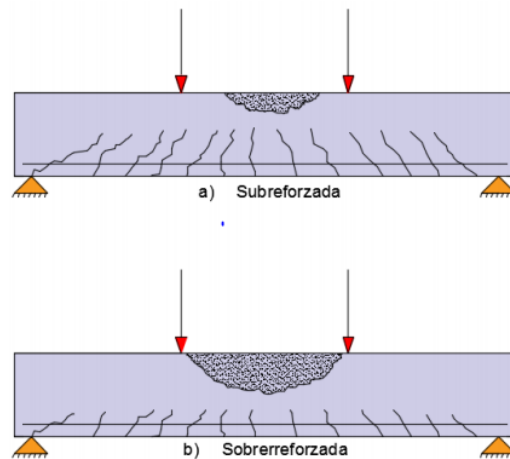
*Figura 16: Viga sometido a flexión*

*Fuente: Estructuras de hormigón armado III (García Meseguer, 2001)*

#### **2.2.2.2.1 Indicador 2: Falla por flexión**

Según (González Óscar, 2007) nos menciona que la falla por flexión falla cuando la tensión excede la resistencia del concreto y se produce grietas. A medida que la carga sea mayor aumenta las grietas en longitud y abertura desde la parte

inferior producida por la flexión hasta la parte superior de compresión. El acero toma toda la tensión y esfuerzo hasta alcanzar todo su valor de fluencia y la deflexión crecerá considerablemente. Por otro lado, los síntomas de fluencia del acero son el incremento de la abertura y longitud de la grieta y esto se reduce al llegar a la parte superior de compresión del concreto, esto da indicio de aplastamiento produciendo desprendimiento del concreto en forma de escamas.



*Figura 17: Agrietamiento en vigas por flexión*  
*Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado (González Óscar, 2007)*

Teniendo en cuenta a (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017) nos asegura que los elementos sometidos a flexión mayormente fallan por compresión del concreto, el concreto puede fallar antes o después que el acero fluya. Dentro de la falla a flexión se considera en tres etapas:

- Falla por compresión
- Falla por tracción
- Falla balanceada



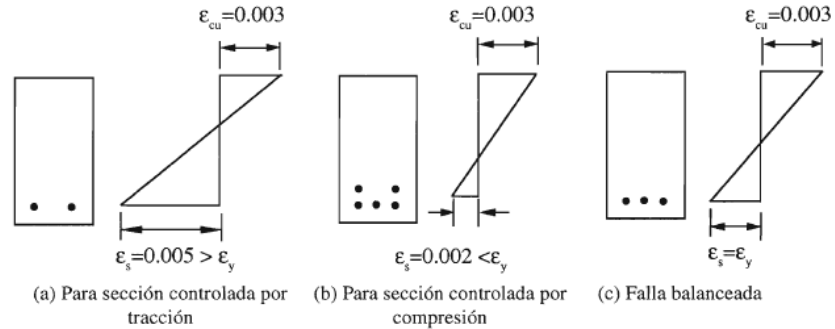


Figura 18: Distribución de deformaciones para los diversos tipos de fallas en flexión  
Fuente: Diseño de concreto armado (Harmsen, 2017)

### 2.2.2.3 Dimensión: Compresión

Según (González Óscar, 2007) nos menciona que la compresión es el esfuerzo a la que un elemento está sometido a través de una fuerza y que actúa en el mismo sentido, produciendo un aplastamiento, se puede decir que la compresión es el resultado de las presiones y tensiones. Los elementos diseñados para resistir esfuerzos a compresión son las columnas y pilares, dependiendo de su sección y esbeltez se arquean provocando un fenómeno llamado pandeo.

Por otro lado (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017) afirma que la compresión es cuando un cuerpo está sometido a un esfuerzo. La fuerza que se aplica a un elemento estructural es en la misma dirección y sentido contrario, lo cual provoca la reducción de su longitud provocando un abombamiento en la parte central o también llamado pandeo. Este fenómeno ocurre en pilares y columnas que son diseñados para resistir esfuerzos a compresión.

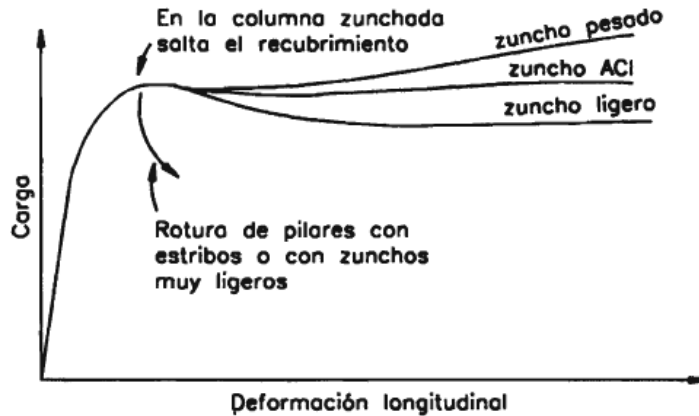


Figura 19: Comportamiento de elementos de concreto armado sometidos a compresión  
Fuente: Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017)

Teniendo en cuenta a (Diasz Godinez, 2010) nos asegura que la compresión pura es conocida como la carga axial, quiere decir que se aplica una fuerza a un elemento estructural y es coincidencia con su centroide. La tendencia del elemento es a aplastarse hasta fallar el concreto, este momento es conocido como el momento de volteo o pandeo.

Conforme a (Delgado Contreras, 2011) nos menciona que la compresión son esfuerzos a los que está sometido un elemento estructural donde sus partículas son comprimidas, encogiéndolas en la parte central llegando en algunos casos a la rotura. Este caso sucede en las columnas esbeltas, donde tienden a deformarse y se les denomina pandeo.

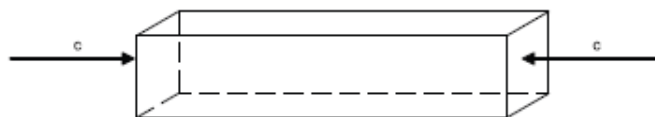


Figura 20: Esfuerzos de compresión  
Fuente: Diseño de estructuras aporticadas de concreto armado (Delgado Contreras, 2011)

Así mismo (Morales Morales, 2013) nos menciona que la compresión bajo una carga axial tendrá un comportamiento de acortamiento del elemento proporcional al esfuerzo. Cuando la carga aumenta provoca una inestabilidad lateral llamado pandeo,

su capacidad de resistencia de un elemento dependerá a los esfuerzos de compresión en función de su relación de esbeltez.

### 2.2.2.3.1 Indicador 3: falla por compresión

Según (González Óscar, 2007) nos menciona que la falla por compresión se produce en las columnas cuando tienen una carga axial muy alta lo cual el acero y el concreto experimentan tensión. Por lo tanto, esto lleva al concreto a triturarse y colapsar, esto debido a la falla del material.

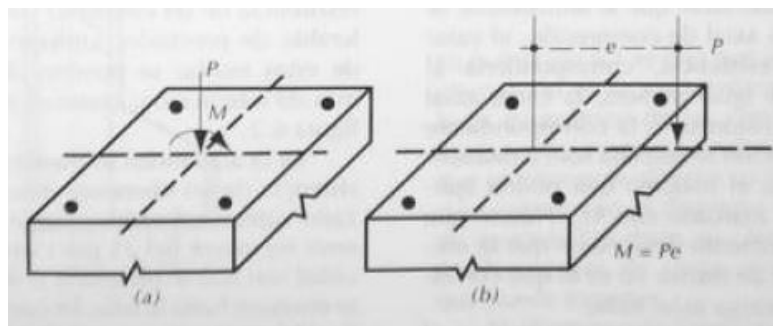


Figura 21: elemento sujeto a flexo compresión

Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado (González Óscar, 2007)

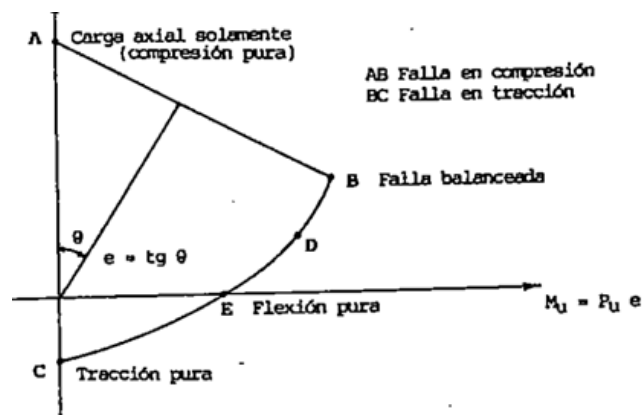


Figura 22: Diagrama de interacción en sección rectangular

Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado (González Óscar, 2007)

Por otro lado (Helene, 2003) nos dice que la falla más común en una columna es por compresión esto se debe a una sobrecarga, lo cual produce fisuras dependientes

de la esbeltez y del grado de anclaje transversal de los extremos de la estructura, por lo cual lleva al colapso de la columna.

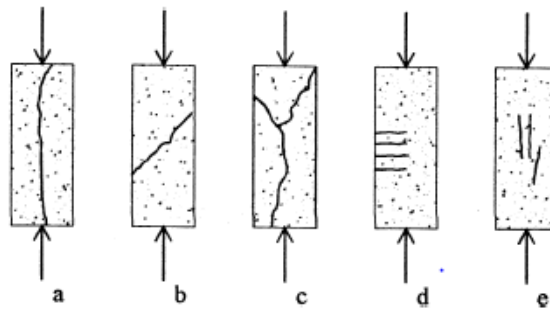


Figura 23: (a, b, c) tipo de fisuras en elementos más esbeltos, (d) fisura por pandeo y C son cuando las cargas están en orden de 85% y 90%

Fuente: Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón (Helene, 2003)

Conforme a (Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 2017) nos menciona que un elemento de concreto armado falla por compresión cuando una carga concentrada proviene de otro miembro y aplica sobre una pequeña área, provocando esfuerzos internos de tensión lo cual provoca fisuras perpendiculares y en ocasiones determinadas lleva al colapso total.

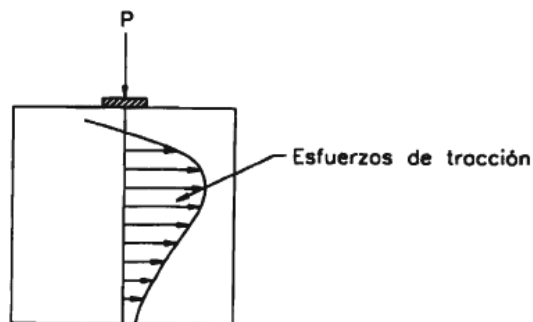


Figura 24: Elemento de concreto sometido a compresión

Fuente: Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2017)

### 2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a) Reforzamiento: Aumento de secciones o adición de materiales nuevos que aumenten la capacidad resistente de los elementos estructurales y de la estructura en su conjunto (Moncayo Theuler, 2016)
  
- b) Columna: Apoyo generalmente vertical, de medida longitudinal muy superior a la transversal, cuyo fin es soportar esfuerzos de compresión. (RNE, 2018)
  
- c) Reparación estructural: Intervención sobre fallas y fisuras que intenta restituir las características iniciales de resistencia de la estructura, luego de un evento extraordinario que le provocó daños (Moncayo Theuler, 2016)
  
- d) Rehabilitación: Intervención en una estructura para ponerla en funcionamiento, luego de ser afectada por un evento muy fuerte (Moncayo Theuler, 2016)
  
- e) Corrosión: Oxidación de los metales motivada por el contacto y unión química con el oxígeno en una atmósfera húmeda (Helene, 2003)
  
- f) Concreto armado: En su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas situadas. Este concreto es apto para resistir esfuerzos de tracción y compresión. (RNE, 2018)
  
- g) Ductilidad: Es la capacidad de un elemento cualquiera en sufrir deformaciones plásticas sin perder su resistencia. (RNE, 2018)
  
- h) Edificación: Construcción cuya función es alojar personas, animales o cosas. (RNE, 2018)
  
- i) Esclerómetro: Es un instrumento de medición empleado, generalmente para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones. (RNE, 2018)

- j) Fisura: Abertura pequeña o grieta que se produce en un objeto. (RNE, 2018)
- k) Resistencia a la compresión: Máximo esfuerzo de compresión que puede resistir un material sin romperse. (RNE, 2018)
- l) Concreto: Material de construcción resultante del fraguado de mezcla de cemento, agregados inertes de tamaño controlado (denominados áridos, generalmente grava) y agua (Helene, 2003)
- m) Proyectista: Profesional competente a cargo de elaborar y diseñar el proyecto de reparación y refuerzo (Minvu, 2018)
- n) Módulo de elasticidad: relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material (RNE, 2018)
- o) El poliacrilonitrilo: es el precursor más común utilizado en la actualidad para obtener fibras de carbono, y no es el PAN al 100%. (Miravete, 2001)
- p) Diamante: forma cristalina puro del carbono, es transparente y cuenta con un cuerpo sólido, compacta y mucha dureza. (Azucena, 2008)
- q) Reparación estructural: intervención sobre fallas y fisuras que intenta restituir las características iniciales de resistencia de la estructura. (Moncayo Theuler, 2016)
- r) Restauración: Intervención sobre un elemento orientado a recuperar las características arquitectónicas, Pero sin restituir las características estructurales de resistencia mecánica. (Moncayo Theuler, 2016)

s) Resistencia: es la capacidad de un cuerpo, elemento o estructura de soportar cargas sin colapsar. (Cabrera, 2011)

t) Rigidez: es la propiedad de un cuerpo, elemento o estructura de oponerse a las deformaciones es decir tiene la capacidad de soportar cargas o tensiones sin deformarse. (Cabrera, 2011)

### **III. METODOS Y MATERIALES**

#### **3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

La fibra de carbono si influye significativamente en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

H1. El tipo de aplicación de la fibra si influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

H2. El tipo de aplicación de la fibra si influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

H3. El tipo de aplicación de la fibra si influye significativamente en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.

#### **3.2. VARIABLE DE ESTUDIO**

Variable independiente : Fibra de carbono

Variable dependiente : Elementos estructurales

##### **3.2.1 Definición Conceptual**

Variable independiente:  
Fibra de carbono



Según (Beaumont WR & Soutis, 2016) nos dice lo siguiente: “es bien sabido que las fibras de carbono son estructuras de material compuesto que por lo general se consideran homogéneas a la micro escala pero son altamente no homogénea a la nano escala” esto quiere decir que están compuestos en unas capas cristales de grafito unidas borde a borde a través de la materia carbonizada principalmente amorfa.

## **Variable dependiente**

### **Elementos estructurales**

Según (González Óscar, 2007) Una estructura está compuesta de un conjunto de elementos estructurales como son: viga, columna, losa. Estos elementos se combinan entre sí para cumplir una función de soportar presiones por viento, asentamientos, esfuerzos, soportar las cargas vivas y muertas de la estructura y transmitir las al suelo y de mantener su forma ante los sismos. La respuesta que presenta los elementos estructurales bajo una acción determinada se puede presentar de diferentes maneras como: deformaciones, agrietamiento y durabilidad de la estructura. Por lo cual los elementos que conforman la estructura deben tener un buen diseño, dimensionamiento y una buena ejecución en obra para que puedan cumplir satisfactoriamente las condiciones de servicio y de seguridad

## **3.3. TIPO Y NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1 Tipo de investigación**

El presente proyecto de plan de tesis presenta el tipo de investigación aplicada porque presentamos un marco teórico y así mismo presentamos soluciones teóricas basándonos con los problemas de la realidad. Según (Behar Rivero, 2008) nos menciona que la investigación aplicada tiene una relación con la investigación básica lo cual es utilizada para la formulación de problemas e hipótesis que luego estas se involucran con los problemas de la vida real generando soluciones teóricas y prácticas.

Asimismo, esta investigación presenta el nivel de investigación explicativa porque se brinda un mejor entendimiento o comprensión de un fenómeno determinado. Como dice (Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) la investigación explicativa “es un diseño de investigación más compleja porque trata de explicar las causas y factores de un problema, es decir que va a buscar una o dos causas principales dos o más causas secundarias, llamadas factores.” Es decir que este tipo de estudio ayuda a la verificación de las teorías, con el fin de determinar su precisión.

### **3.3.2. Método de la investigación**

El método de investigación que presenta mi proyecto de tesis es el método cuantitativo porque mi investigación presenta una hipótesis principal y tres hipótesis secundarias, además de ello presentan la recopilación de datos con respecto a mi tema.

Según (Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) se caracteriza por utilizar técnicas y métodos cuantitativos y por ello tiene que ver con el muestreo, la medición, uso de magnitudes y medición de unidades y recolección de análisis de datos para resolver preguntas de investigación y resolver hipótesis formuladas previamente. Así mismo se aplica la lógica de lo general a lo particular.

### **3.4. Diseño de la Investigación**

Este proyecto tiene el diseño de investigación experimental

Tal como nos menciona (Behar Rivero, 2008) en la investigación experimental se involucran en la manipulación intencionalmente directa o indirectamente de las variables por el investigador para estudiar sus efectos, pues este puede manipular como alterar las muestras de las variables teniendo el control directamente sobre ellas. Es decir, en un experimento el investigador forma una situación que consiste en obtener un tratamiento, estímulo o condición bajo determinadas circunstancias en lo que luego se analizaran los efectos de la exposición y aplicación de dicho tratamiento, sintetizando en un experimento se construye una realidad.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.5.1. Población**

Según (Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) es la totalidad de elementos o individuos que se encuentran presentes en una determinada área en la cual se determinan características para luego ser evaluado y estudiado. Estos elementos son medibles y constituyen características importantes para el aporte de la investigación que se desarrolla.

Para nuestra tesis, la población será constituida por todas las edificaciones que tienen afectadas las estructuras principalmente como las columnas, vigas y losas de concreto armado en la provincia de Pisco-Perú.

#### **3.5.2. Muestra**

Según (Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) se refiere a una fracción de la población seleccionada que reúne las condiciones y características lo cual permite la obtención de resultados que favorece a la investigación.

Las muestras que se tomara en el proyecto de tesis serán las evaluaciones que presenten mayores daños estructurales existentes dentro de todas las edificaciones y viviendas autoconstruidas de la provincia de Pisco – Perú.

### **3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos aplicados son los análisis documentales y las pruebas de evaluación en campo, que son: no destructivas, a través de una evaluación de análisis estructural y las destructivas, a través de muestras obtenidas

en campo como es la diamantina, para luego ser analizadas en el laboratorio correspondiente.

Según (Behar Rivero, 2008) las técnicas de recolección de datos “conducen a la verificación del problema planteado. Cada tipo de investigación determinara las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados” es decir que se refiere a las diferentes maneras de recolectar datos e información a través de diversas herramientas para luego ser utilizado en la investigación que se desarrolla.

### **3.6.2. Instrumento de recolección de datos**

Los instrumentos para la recolección de datos serán: el esclerómetro para medir la resistencia del concreto, el extractor de núcleo para sacar una muestra de concreto (diamantina), maquinas especiales para medir la comprensión del concreto en el laboratorio.

Según (Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) nos dice que los instrumentos de medición son herramientas, materiales o conceptuales mediante lo cual se recopila la información y datos existentes para la investigación.

## **3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMNTO**

### **3.7.1 Validación del Instrumento**

Mg Tejada Silva, Marco Antonio	Experto temático
Mg Ovalle Paulino, Christian	Experto Metodológico

### **3.7.2. Confiabilidad del Instrumento**

El instrumento es confiable porque se aplicó el software SPSS – utilizando la tabla T STUDENT donde demuestra que la hipótesis está dentro de la zona de aceptación en la campana de gauss.

### **3.8. METODO DE ANALISIS DE DATO**

Para el análisis de datos de la tesis el método que se usará será en base de ensayos en que se extraerán en probetas obtenidas en el campo para luego ser llevados y examinados en laboratorios autorizados y así obtener los resultados validados y certificados por laboratorios y profesionales especialistas y calificados.

### **3.9. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE VALOR**

El uso de la fibra de carbono en el reforzamiento de estructuras tiende a generar buenos resultados con respecto a la resistencia de los elementos estructurales de concreto armado. Estos resultados se generan a corto plazo una vez aplicado el procedimiento correcto de la laminada de fibra de carbono hacia las columnas, vigas y losas, por lo cual los resultados son casi inmediatos en recuperar o aumentar su resistencia a las diferentes cargas sometidas, de esta manera las edificaciones tendrán un aumento en su porcentaje de vida útil, como también tendrán mayor capacidad de resistencia ante las cargas y movimientos sísmicos.

Todas las edificaciones de la provincia de Pisco tienen las columnas, vigas y losas afectadas por diferentes causas como el movimiento sísmico, podrán ser rehabilitadas y refaccionadas para que sigan cumpliendo su funcionalidad por lo cual fue diseñado y elaborado. Esto se podrá realizar gracias a la investigación que se desarrolla en el presente proyecto que consiste en la aplicación de la fibra de carbono como reforzamiento estructural, aplicado por personas capacitadas.

### **3.10. ASPECTOS DEONTOLOGICOS**

En la presente de tesis relacionado a la fibra de carbono y su influencia en elementos estructurales superficiales de concreto armado del centro de educación técnico productiva Pisco – Perú 2020, ha sido realizado respetando los estándares existentes y permitidos dentro del campo de la investigación científica, y como futuros

profesionales en servicio a nuestra sociedad y al país nos comprometemos con total honestidad en reconocer los derechos de autores que se mencionan en esta investigación, por ello se ha citado autores según la norma APA.

Es por ello que al respetar las reglas nos comprometemos con las normas éticas al realizar esta investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. LUGAR DE UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto del centro de educación técnico productiva (CETPRO) de Pisco, se encuentra ubicado en la Av. Mariscal Castilla cuadra 4 sin numeral, departamento de Ica – provincia de Pisco – distrito de Pisco y cuenta con 2 pabellones de 2 pisos, los terrenos colindantes se encuentra áreas verdes.

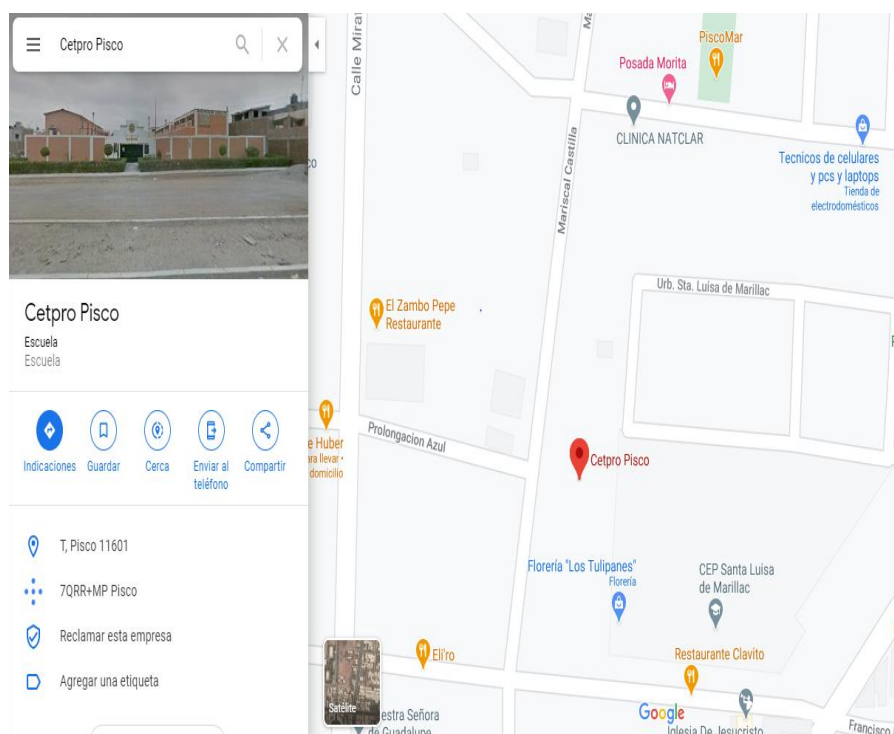


Figura 25: plano de ubicación del CETPRO de pisco

Fuente: elaboración propia



*Figura 26: imagen actual del CETPRO de pisco*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 27: visita al CETPRO de pisco*  
*Fuente: elaboración propia*





*Figura 28: pabellón “A” afectado por causa del terreno del 2007*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 29: inspección de estructuras dañadas por causa del terremoto del 2007*  
*Fuente: elaboración propia*

## 4.2. DISEÑO DE MEZCLA

Para continuar con nuestra tesis fue necesario realizar el diseño de mezcla en la cual fue realizado en el laboratorio de la UNI (LEM- Laboratorio de Ensayo de Materiales), se solicitó la resistencia del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> y un slump de 4”.

Acudimos al laboratorio (LEM) por su confiabilidad y veracidad en sus resultados con el fin de obtener dichos resultados verídicos para continuar satisfactoriamente con los siguientes ensayos en nuestro proyecto. Además de ello obtuvimos una asesoría técnica por parte del ingeniero Marco Antonio Tejada quien es encargado del laboratorio LEM.

Requerimiento de materiales para el diseño de mezcla

Tabla 2

*Requerimiento de materiales para el diseño de mezcla*

Cantidad	Und	Material	Origen
1	Bolsa	Cemento	Sol
100	Kg	Arena	Cantera trapiche
100	Kg	Piedra 1/2"	Cantera unicón
20	Lts	Agua	

Nota. Fuente: elaboración propia

SOLICITUD DE SERVICIO		Código:	F02-AC-PR-01
DISEÑO DE MEZCLA		Versión:	04
		Página:	1 de 1
		Fecha:	20-03-2018

SOLICITANTE (EMPRESA)	AUMAS Testistas		
RUC (Cancela el Ensayo)			
OBRA	UNIVERSIDAD PRIVADA TELÉSUP		
UBICACIÓN DE LA OBRA			
OBSERVACIONES			
REPRESENTANTE DEL SOLICITANTE	Paul Alexander Orozco Jimenez		
DNI: 44929418	Teléf: 986172507	Firma: <i>[Firma]</i>	Fecha: 10/9/2020

Fecha de Entrega: 18 Días Hábiles a partir de la fecha en que completa los materiales  
Se Solicita realizar..... Ensayo(s) de DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.

1) MATERIALES A EMPLEAR (De no llenar el campo se colocará "SIN ESPECIFICAR")

CEMENTO	Tipo: I	Marca: Sol	Cantidad: 1 balsa	Por Completar:
AGREGADO GRUESO	Tipo: Piedra chunado 1/2"	Cantera: Unicorn	Cantidad: 100 kg	Por Completar:
AGREGADO FINO	Tipo: Arena gruesa	Cantera: Trapiche	Cantidad: 100 kg	Por Completar:
HORMIGÓN (*)	Cantera:		Cantidad:	Por Completar:
ADICIÓN	Tipo:	Marca:	Dosis (%):	Cantidad: Por Completar:
ADITIVO	Tipo:	Marca:	Dosis (%):	Cantidad: Por Completar:
	Tipo:	Marca:	Dosis (%):	Cantidad: Por Completar:
	Tipo:	Marca:	Dosis (%):	Cantidad: Por Completar:
AGUA	Procedencia (Marcar con "X"): .... LEM UNI .... Propia (Especificar):.....			

(\*) Solo hasta Resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup> (E.000)

2) CALIDAD DEL CONCRETO ESPECIFICADO

RESIST. COMPRESIÓN (f<sub>c</sub>): 210 f'c

ASENTAMIENTO (SLUMP): 4"

USO DEL CONCRETO: Reforzamiento estructural

3) TIPO DE EXPOSICIÓN (Marcar con "X") (\*\*)

CONGELAMIENTO Y DESHIELO (a/c max = 0.45 y f<sub>c</sub> min = 250 kg/cm<sup>2</sup>)

SULFATOS (a/c max = 0.45 y f<sub>c</sub> min = 250 kg/cm<sup>2</sup>)

CONTACTO CON EL AGUA (a/c max = 0.50 y f<sub>c</sub> min = 280 kg/cm<sup>2</sup>)

PARA LA CORROSIÓN (a/c max = 0.40 y f<sub>c</sub> min = 350 kg/cm<sup>2</sup>)

Técnico:

Figura 30: solicitud de servicio para el diseño de mezcla  
Fuente: elaboración propia

### **4.3. DIMENSIONES DE PROBETAS Y VACIADO SEGÚN NORMA**

Según la norma técnica peruana (NTP 339.036.) definida en nuestro país para el procedimiento para moldeo y curado de probetas en ensayos de compresión o a la tracción por compresión diametral, deben ser cilindros vaciados y curados en forma vertical., el vaciado del concreto hacia los moldes de las probetas debe ser en 2 etapas, cada etapa de vaciado debe recibir 25 golpes con una barra de 1 cm de diámetro y 30 cm de altura, para esta manera obtener un concreto compactado y sólido. Según esta norma presentan 2 medidas de 15x30 cm y 10x20 cm.

En la cual para nuestro proyecto hemos optado la medida de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura, por ello elaboramos 4 probetas para ensayo a compresión y 4 probetas para ensayo a tracción por compresión diametral, en las cuales fueron 2 probetas patrón y 2 probetas reforzadas con fibra de carbono para el ensayo a compresión, así mismo otras 2 probetas patrón y 2 probetas reforzadas con fibra de carbono para el ensayo a tracción por compresión diametral. En ambas probetas reforzadas se usó el tejido de fibra de carbono (SIKAWRAP 600c)

En caso de probetas para determinar la resistencia en ensayo a flexión se utilizará las medidas que corresponde 15cm de ancho x 15cm de altura x 50cm de largo, lo cual estas vigas de concreto deben ser vaciadas y fraguadas en posición horizontal.

Para nuestro proyecto optamos las medidas que nos manda según la NTP de 15x15x50 cm, para ello elaboramos 2 vigas con las mismas medidas: 1 viga patrón y 1 viga reforzada con lamina de fibra de carbono (SIKA CARBODUR).



Figura 31: probetas cilíndricas de 10cm de diámetro x 20 cm de largo  
Fuente: elaboración propia

#### 4.3.1. Elaboración de las probetas y vaciado en campo

Una vez obtenido los resultados del diseño de mezcla se procedió a la elaboración de las probetas necesarias según el requerimiento para nuestro proyecto (8 probetas cilíndricas y 2 vigas)

ITEM		Arena	Piedra	CEMENTO		SOL Tipo I		ADITIVO 1	
AGREGADOS	P.e.	2.70	2.74	PE		3.15			
	P.U.S.	1708	1424	AIRE		% AIRE atrap.		1.5	
	P.U.C.	1901	1593	OTROS		A/C		AGUA	
	Ab (%)	1.79	1.01			0.60		230	
	Hum (%)	2.90	0.38			0.60		230	
	TNM	---	1"			0.60		230	
	MF	2.72	7.72			0.60		230	
COMBINACIÓN D1 (%)		50.0	50.0	F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
COMBINACIÓN D2 (%)		50.0	50.0	12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
COMBINACIÓN D3 (%)		50.0	50.0	F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
COMBINACIÓN D4 (%)		50.0	50.0	12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/10/2020	
				F.E. 7d		F.E. 28d		F.V.	
				12/10/2020		2/11/2020		5/	

## Materiales para el vaciado de probetas cilíndricas y vigas:

Tabla 3

### *Materiales para vaciado de concreto en probetas*

Cantidad	Und	Material
21.8	Kg	Cemento
48.31	Kg	Arena
47.97	Kg	Piedra ½"
12.43	Lts	Agua

Nota. Fuente: elaboración propia

### Ejecución para el vaciado de probetas:

- Selección y peso de materiales para la elaboración del concreto
- Mezclado de materiales en el trompo por 5 minutos
- Aplicación de desmoldante a los moldes de las probetas
- Vaciado del concreto hacia las probetas según la NTP
- Rotulado de las probetas



Figura 33: selección de agregados

*Fuente: elaboración propia*



*Figura 34: pesado de agregado según diseño de mezcla*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 35: vaciado de agregado al trompo para elaboración del concreto*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 36: aplicación de aditivo desmoldante a probetas*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 37: vaciado de concreto en vigas en 2 etapas*  
*Fuente: elaboración propia*



### 4.3.2. Curado de las probetas

Después de las 24 horas de vaciado del concreto procedimos a desmoldar las probetas, las probetas cilíndricas se desmoldaron con una compresora de aire y las vigas se desencofro el molde, y luego procedimos al curado de las probetas que consistió en sumergirlo en una poza de agua con cal por 28 días, para que pueda alcanzar su resistencia requerida de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 38: concreto vaciado después de 24 horas*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 39: desmoldado de probetas cilíndricas*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 40: curado de probetas en una poza de agua con cal*  
*Fuente: elaboración propia*

#### **4.4. REFORZAMIENTO DE LAS PROBETAS CON FIBRA DE CARBONO**

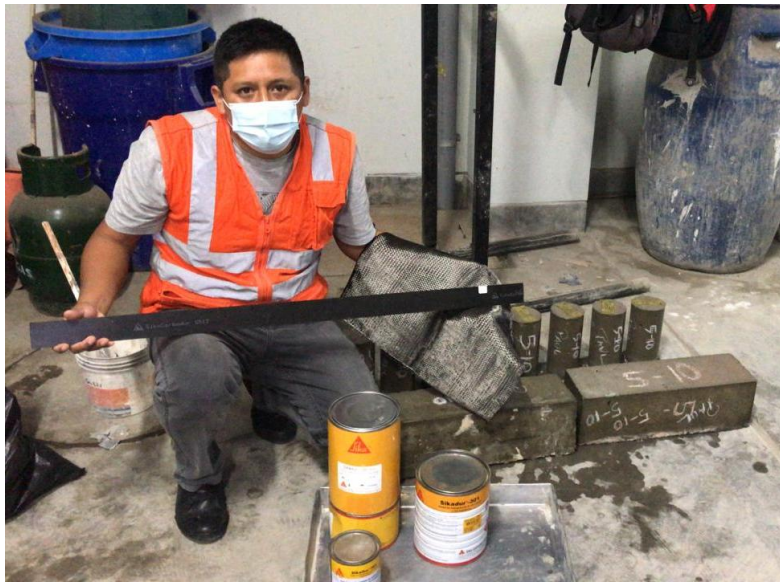
Para la aplicación correcta de la fibra de carbono a las probetas, se acudió a la asesoría técnica de la empresa SIKA PERU por parte el ingeniero estructural especializado en la fibra de carbono, basándose en la normativa ACI 440.2R-08 refuerzos FRP.

Materiales para el reforzamiento en probetas cilíndricas:

- Sikawrap 600c –(1m x 0.5m): tejido de fibra de carbono
- Sikadur 301 - 1 juego: resina epòxica de impregnación para el tejido de fibra de carbono

Materiales para el reforzamiento en viga:

- Sika carbodur s512 – (0.05m x 1m): lamina de fibra de carbono
- Sikadur 30 – 1 juego: mortero adhesivo de 2 componentes A y B a base de resinas epòxicas



*Figura 41: materiales para el reforzamiento de probetas  
Fuente: elaboración propia*

Herramientas y materiales para la colocación de la fibra de carbono en probetas:

- Espátula
- Rodillo
- Lija de fierro n° 80
- Cinta métrica
- Trapo industrial
- Escúter
- Tijera
- Cinta masking tape



*Figura 42:* materiales y herramientas para el proceso de colocación de la fibra de carbono  
*Fuente:* elaboración propia

Aplicación del tejido de fibra de carbono (SIKAWRAP 600) en probetas cilíndricas:

- Secado de probetas a temperatura ambiente
- Lijado de superficies irregulares de las probetas
- Limpieza de superficie con un pulverizado de aire y un trapo industrial
- Cortado del tejido de fibra de carbono según las medidas de las probetas
- Preparación y mezclado del epòxico por 5 minutos
- Aplicar con un rodillo el epòxico sobre el contorno de la probeta
- Aplicar el epòxico con un rodillo sobre el tejido de la fibra de carbono
- Secado de probetas por 24 horas para su respectivo ensayo



Figura 43: secado de probetas a temperatura ambiente  
Fuente: elaboración propia



Figura 44: fibra de carbono y epóxico  
Fuente: elaboración propia



*Figura 45: mezclado de epòxico para el pegado de la fibra de carbono*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 46: aplicación del epòxico en la probeta cilíndrica*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 47:* aplicación del epòxico sobre el tejido para su adherencia  
*Fuente:* elaboración propia



*Figura 48:* pegado de la fibra de carbono sobre la probeta cilíndrica  
*Fuente:* elaboración propia



*Figura 49: probetas reforzadas con la fibra de carbono*

*Fuente: elaboración propia*

Aplicación de la lámina de fibra de carbono (SIKACARBODUR s512) en viga:

- Secado de la viga a temperatura ambiente
- Lijado de superficies irregulares
- Limpieza de superficie con un pulverizado de aire y un trapo industrial
- Cortado de la lámina de fibra de carbono según medida de la viga
- Preparación y mezclado del epòxico por 5 minutos
- Medición de la viga en la parte ancha, se colocará la lámina de fibra en la parte media
- Aplicación del epòxico con una espátula en la parte marcada de la viga
- Aplicación del epòxico con una espátula en la lámina de fibra de carbono
- Secado de la viga por 24 horas para su respectivo ensayo



*Figura 50: lijado y limpieza de superficie de viga*

*Fuente: elaboración propia*





*Figura 51:* aplicación de SIKA CARBODUR s512 en viga  
*Fuente:* elaboración propia

Medición de probetas para los ensayos a compresión:

- Las 2 probetas patrón se miden su diámetro en tres partes: superior, centro e inferior
- Las 2 probetas reforzadas se miden su diámetro en tres partes: superior, centro e inferior

Medición de probetas para los ensayos a la tracción por compresión diametral:

- Las 2 probetas patrón se miden el diámetro y se hacen 2 líneas verticales
- Las 2 probetas reforzadas se miden el diámetro y se hacen 2 líneas verticales

Medición de vigas para los ensayos a flexión:

- La viga patrón se mide en tres partes, marcando dos líneas en los extremos de 2.5 cm y una línea en el centro
- La viga reforzada se mide en tres partes, marcando dos líneas en los extremos de 2.5 cm y una línea en el centro



*Figura 52: marcado de vigas para su respectivo ensayo a flexión*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 53: probetas listas para su ensayo correspondiente*  
*Fuente: elaboración propia*

## 4.5. ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

### 4.5.1. Ensayos a compresión

Según la norma técnica peruana (NTP 339.034:2015) y la norma internacional ASTM C39/C39M - 05 establece el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas.

El equipo que se utilizó para el respectivo ensayo es ELE INTERNATIONAL con certificado de calibración CMC-020-2020

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial sobre las probetas cilíndricas, con una velocidad estandarizada según la norma hasta que ocurra la falla y de acuerdo a la rotura se determinara el tipo de fractura.



*Figura 54: probeta patrón en ensayo a compresión  
Fuente: elaboración propia*



*Figura 55: rotura de probeta reforzada con fibra de carbono*  
*Fuente: elaboración propia*

#### 4.5.1.1 Resultado de ensayos a compresión

Tabla 4

*Resultados de ensayos a la compresión*

Muestra	Edad de ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
patrón #1	10	10.29	83.16	21268	256
patrón #1	10	10.19	81.47	20390	250
reforzada #1	10	10.41	85.03	49469	582
reforzada #2	10	10.27	82.84	54443	657

Nota. Fuente: elaboración propia

#### 4.5.2 Ensayos a tracción por compresión diametral

Según la norma técnica peruana (NTP 339.084:2017) y la norma internacional ASTM C496-96 establece el ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

El equipo que se utilizó para el respectivo ensayo es ELE INTERNATIONAL con certificado de calibración CMC-020-2020

El ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión a lo largo de la probeta cilíndrica hasta que falle en la longitud de su diámetro, por lo cual la falla de tracción ocurre antes de que falle por compresión.



*Figura 56:* ensayo a tracción por compresión diametral de probeta patrón  
*Fuente:* elaboración propia



*Figura 57: ensayo a tracción por compresión diametral de probeta reforzada*  
*Fuente: elaboración propia*

#### 4.5.2.1. Resultado de ensayos a tracción por compresión diametral

Tabla 5

*Resultados de ensayos a la tracción por compresión diametral*

Muestra	Edad de ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
patrón #1	10	10.04	20.45	9348	29
patrón #1	10	10.06	20.45	11281	35
reforzada #1	10	10.31	20.35	27304	83
reforzada #2	10	10.43	20.35	23604	71

Nota. Fuente: elaboración propia

### 4.5.3 Ensayo a flexión

Según la norma técnica peruana (NTP 339.079:2017) y la norma internacional ASTM C78/ C78M - 10 establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo.

El equipo para el respectivo ensayo es una maquina universal TOKYOKOKI SEIZOSHO con certificado de calibración CMC-046-2020

Este ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que se produce la falla por flexión.



*Figura 58: viga lista para su respectivo ensayo a flexión*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 59: ensayo de viga hasta que se produce la falla*  
*Fuente: elaboración propia*



*Figura 60: Rotura de viga reforzada con fibra de carbono*  
*Fuente: elaboración propia*



#### 4.5.3.1. Resultado de ensayos a flexión

Tabla 6

##### *Resultados de ensayos a flexión*

Muestra	Edad de muestra (días)	Distancia entre apoyos (cm)	Dimensiones (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo	Ancho	Altura			
patrón #1	10	45	50.1	15.1	15.8	756.5	1740	31.2
reforzada #1	10	45	50.1	15	14.8	750.8	3590	73.8

Nota. Fuente: elaboración propia

## 4.6 ESTADISTICA INFERENCIAL

### 4.6.1 Estadística inferencial de ensayos a compresión

Tabla 7

##### *Resultados de la desviación estándar*

Muestra	Patrón	Patrón	Promedio de muestra	Desviación estándar
Sin refuerzo	256	250	253	4.24264069
Con refuerzo	582	657	619.5	53.0330086

Nota. Fuente: elaboración propia

$$H_0 : m_1 = m_2$$

$$H_1 : m_1 \neq m_2$$

• Si  $H_0$  es cierta  $\rightarrow m_1 - m_2 = 0 \rightarrow$

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \approx 0$$

• Sea la v.a.:

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$$

$$\bar{X}_1 \approx \text{Normal}(m_1, \frac{\sigma_1^2}{N_1})$$

$$\bar{X}_2 \approx \text{Normal}(m_2, \frac{\sigma_2^2}{N_2})$$

$$d \approx \text{Normal}(E(d), \sigma^2(d))$$

$$E(d) = E(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = E(\bar{X}_1) - E(\bar{X}_2) = m_1 - m_2$$

$$\sigma^2(d) = \sigma^2(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \sigma^2(\bar{X}_1) + \sigma^2(\bar{X}_2) = \frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}$$

$$\text{Si } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2 \Rightarrow \sigma^2(d) = \frac{\sigma^2}{N_1} + \frac{\sigma^2}{N_2} \Rightarrow \sigma(d) = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N_1} + \frac{\sigma^2}{N_2}}$$

• Se sabe que:

$$\frac{d - E(d)}{S_d} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (m_1 - m_2)}{\sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}}} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

Estimación de la desv. Típica de la diferencia de medias muestrales

$$\text{• Si } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2 \Rightarrow S^2 = \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} \Rightarrow S_d = \sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}}$$

• Si  $H_0$  es cierta  $\rightarrow m_1 - m_2 = 0$

Se tiene que:

$$\frac{d - E(d)}{S_d} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (m_1 - m_2)}{\sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}}} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

$$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_d} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

Resultado de estadística calculada “t”

$$S^2 = \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} = \frac{4.24^2 + 53.03^2}{2} = 1415.25$$

$$S_{X_1-X_2} = \sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}} = \sqrt{\frac{1415.25^2}{2} + \frac{1415.25^2}{2}} = 1415.2$$

$$\frac{X_1 - X_2}{S_d} = \frac{253 - 619.5}{1415.25} = -0.25$$

#### 4.6.1.1. Análisis estadístico

Si se considera que la tercera hipótesis específica es:

a) Hipótesis estadística

H1: La aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

H0: La aplicación de la fibra de carbono no influye significativamente en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| b) Zonas:                   | Unilaterales derecha   |
| c) Confianza:               | 95%                    |
| d) Prueba Estadística:      | Prueba de t de student |
| e) G. Libertad:             | 2gl                    |
| f) T. Tabla:                | $t_t = 4.303$          |
| g) Resultado de Prueba:     | $t_c = -0.25$          |
| h) Resultado de Prueba "t": |                        |



Figura 61: Campana de gauss  
Fuente: elaboración propia

i) Decisión Estadística:

El estadístico ( $t_c$ ) cae en la zona de aceptación, es por ello que se rechaza la hipótesis nula y luego se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que, la aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la compresión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro técnico productiva – Pisco – Perú 2020, si existe relación.

#### 4.6.2 Estadística inferencial en ensayos a tracción por compresión diametral

Tabla 8

*Resultados de la desviación estándar*

Muestra	Patrón	Patrón	Promedio de muestra	Desviación estándar
Sin refuerzo	29	35	253	4.24264069
Con refuerzo	83	71	619.5	53.0330086

Nota. Fuente: elaboración propia

$$H_0 : m_1 = m_2$$

$$H_1 : m_1 \neq m_2$$

• Si  $H_0$  es cierta  $\rightarrow m_1 - m_2 = 0 \rightarrow$

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \approx 0$$

• Sea la v.a.:

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$$

$$\bar{X}_1 \approx \text{Normal}(m_1, \frac{\sigma_1^2}{N_1})$$

$$\bar{X}_2 \approx \text{Normal}(m_2, \frac{\sigma_2^2}{N_2})$$

$$d \approx \text{Normal}(E(d), \sigma^2(d))$$

$$E(d) = E(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = E(\bar{X}_1) - E(\bar{X}_2) = m_1 - m_2$$

$$\sigma^2(d) = \sigma^2(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \sigma^2(\bar{X}_1) + \sigma^2(\bar{X}_2) = \frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}$$

$$\text{Si } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2 \Rightarrow \sigma^2(d) = \frac{\sigma^2}{N_1} + \frac{\sigma^2}{N_2} \Rightarrow \sigma(d) = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N_1} + \frac{\sigma^2}{N_2}}$$

• Se sabe que:

$$\frac{d - E(d)}{S_d} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (m_1 - m_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

Estimación de la desv. Típica de la diferencia de medias muestrales

$$\text{• Si } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2 \Rightarrow S^2 = \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} \Rightarrow S_d = \sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}}$$

• Si  $H_0$  es cierta  $\rightarrow m_1 - m_2 = 0$

Se tiene que:

$$\frac{d - E(d)}{S_d} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (m_1 - m_2)}{\sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}}} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

$$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_d} \approx t_{(N_1-1)+(N_2-1)}^\alpha$$

Resultado de Estadística calculada “t”

$$S^2 = \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} = \frac{4.24^2 + 8.48^2}{2} = 45$$

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{S^2}{N_1} + \frac{S^2}{N_2}} = \sqrt{\frac{45^2}{2} + \frac{45^2}{2}} = 45$$

$$\frac{X_1 - X_2}{S_d} = \frac{77 - 32}{45} = -1$$

#### 4.6.2.1. Análisis Estadístico

Si se considera que la primera hipótesis específica es

a) Hipótesis Estadística

H1: La aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

H0: La aplicación de la fibra de carbono no influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

- b) Zonas: Unilaterales derecha
- c) Confianza: 95%
- d) Prueba Estadística: Prueba de student
- e) G. Libertad: 2gl
- f) T. Tabla:  $t_t = 4.303$
- g) Resultado de prueba:  $t_c = -1$
- h) Resultado de prueba "t"



Figura 62: campana de gauss  
Fuente: elaboración propia

i) Decisión Estadística

El estadístico ( $t_c$ ) cae en la zona de aceptación, es por ello que se rechaza la hipótesis nula y luego se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que la aplicación de fibra de carbono si influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020, si existe una relación.

#### 4.6.3. Estadística inferencial de ensayos a flexión

Tabla 9

*Resultados de la desviación estándar*

Muestra	Patrón	Promedio de muestra	Desviación estándar
Sin refuerzo	31.2	52.5	30.12
Con refuerzo	73.8		

Nota. Fuente: elaboración propia

##### 4.6.3.1 Análisis Estadístico

Si se considera que la tercera hipótesis específica es:

a) Hipótesis Estadística

H1: La aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

H0: La aplicación de la fibra de carbono no influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020.

b) Zonas:	Unilaterales derecha
c) Confianza:	95%
d) Prueba Estadística:	Prueba t de student
e) G. Libertad:	1gl
f) T. Tabla:	$t_t = 12.706$
g) Resultado de prueba:	$t_c = 0.5$
h) Resultado de prueba "t"	

Habiéndose realizado 2 pruebas a flexión donde el promedio de la muestra es 52.5 y el promedio teórico es 40, la desviación estándar es 30.12 los resultados de la muestra de flexión son los siguientes:

$$T_c = (X - \mu) / (s/\sqrt{n})$$

X= promedio de muestra

$\mu$  = promedio teórico

s = desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

n = muestra



$$T_c = (52.5 - 40) / (30.12/\sqrt{2})$$

$$T_c = 0.5$$



Figura 63: campana de gauss

Fuente: elaboración propia

#### i) Decisión Estadística

El estadístico ( $t_c$ ) cae en la zona de aceptación, es por ello que se rechaza la hipótesis nula y luego se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que la aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva – Pisco – Perú 2020, si existe una relación.

#### 4.7. PRESUPUESTO DE LA FIBRA DE CARBONO

Para el reforzamiento de las probetas con fibra de carbono se solicitó la cotización de los materiales a la empresa ANCLAF expertos en soluciones técnicas.



RUC: 20334059872  
 O: Calle Pedro Ruiz 18A Urb. San José - Bellavista, Callao  
 T: 4526189 / 4526190  
 C: karina@anclaf.com  
 W: www.anclaf.com

Cotización N° 220/20

06 de octubre de 2020

Pág. 1-1

Señores: SR. PAUL OROSCO

Moneda: Dolares US\$

Atención: SR. PAUL OROSCO

Obra:

E-mail: [oroscojimenezp@gmail.com/paul\\_orosco\\_25@hotmail.com](mailto:oroscojimenezp@gmail.com/paul_orosco_25@hotmail.com)

Referencia: Cot. Por mail

Item	Descripción	Cantidad	Und. Med.	Precio Lista	Desc.	Precio Unit	Sub Total
1	Sikawrap 600 por 50 cm. de ancho.	1	M <sup>2</sup>	83.00	0%	83.00	83.00
2	Sikadur 301 por 4 kilos	1	Juego	110.50	0%	110.50	110.50
3	Sikacarbodur S512	1	ML	50.50	0%	50.50	50.50
4	Sikacarbodur S1012	1	ML	68.50	0%	68.50	68.50
5	Sikadur 30 por 5 kilos	1	Juego	74.50	0%	74.50	74.50
						Subtotal US\$	
						IGV	
						Total US\$	

\*Precios no incluyen IGV

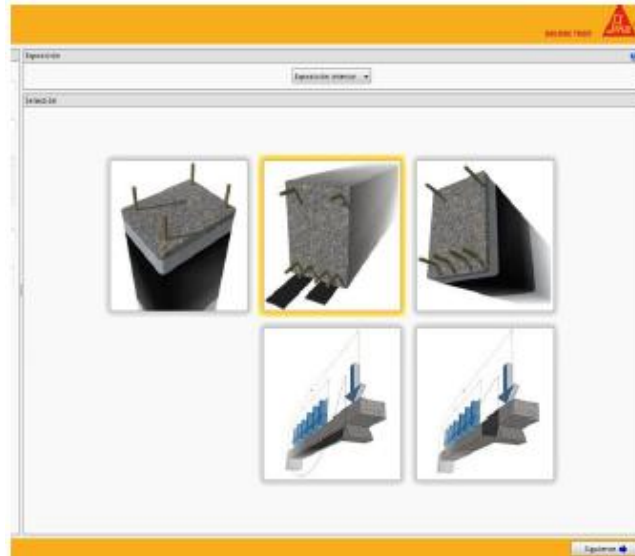
Figura 64: Cotización de la fibra de carbono  
 Fuente: elaboración propia

#### 4.8. SOFTWARE SIKA CARBODUR

El software que utiliza la empresa SIKA para el refuerzo de estructura se llama SIKA CARBODUR, lo cual es una herramienta que les permite diseñar y dimensionar secciones con el fin de proporcionar refuerzos a compresión, flexión, tracción o cortante en vigas y columnas o concreto pre-esforzado.

El software está basado en los procedimientos de cálculo empleados en la norma del ACI 440.2R-08 “guía de diseño y construcción de sistemas FRP adheridos externamente para el refuerzo de estructuras de concreto” y la norma ACI 318-14 “requisitos del código de construcción para concreto estructural.

En nuestro proyecto no aplicamos el software porque las dimensiones son muy pequeñas y nos permite introducir los datos.



*Figura 615* Software SIKA CARBODUR

*Fuente:* elaboración propia

## 4.9. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 4.9.1 Prueba de hipótesis general

H1: Se determinó que la fibra de carbono si influye significativamente aumentando la resistencia en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020

H0: no se determinó que la fibra de carbono si influye significativamente aumentado la resistencia en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020



**INFORME**

**Del A Obra** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 : PAUL ALEXANDER OROSCO JIMENEZ Y EDISON RUIZ GAMBOA  
 : TESIS: "FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA PISCO - PERÚ 2020"

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Flexión con carga en el tramo central  
**Expediente N°** : 20-1388-2  
**Recibo N°** : 70777  
**Fecha de emisión** : 20/10/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 2 vigas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO  
 Certificado de Calibración CMC-046-2020
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.079:2017.
- 4. RESULTADOS** : FECHA DE ENSAYO: 15/10/2020

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
PATRON # 1	10	45.0	50.1	15.1	15.8	756.5	1740	31.2
VIGA REFORZADA CON FIBRA CARBONO # 1	10	45.0	50.1	15.0	14.8	750.8	3590	73.8

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. A. S. V.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : PAUL ALEXANDER OROSCO JIMENEZ Y EDISON RUIZ GAMBOA  
**Obra** : TESIS: "FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA PISCO - PERÚ 2020"  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.  
**Expediente N°** : 20-1388-1  
**Recibo N°** : 70777  
**Fecha de emisión** : 20/10/2020

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 20-1228.

Dosificación en obra:	
CEMENTO - SOL TIPO I	384 kg
AGUA de la RED UNI	230 L
ARENA GRUESA CANTERA TRAPICHE	855 kg
PIEDRA CHANCADA CANTERA UNICON	870 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Normas de referencia NTP 339.034:2015, NTP 339.084:2017  
 Procedimiento interno AT-PR-12  
 Equipo de ensayo ELE INTERNATIONAL, calibración CMC-020-2020

**3. RESULTADOS** :  
**Resistencia a la Compresión**

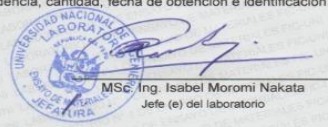
Muestra	Edad de Ensayo (días)	Díámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 1	10	10.29	83.16	21268	256
PATRON 2	10	10.19	81.47	20390	250
REFORZADA 1	10	10.41	85.03	49469	682
REFORZADA 2	10	10.27	82.84	64443	657

**Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Díámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON # 1	10	10.04	20.46	9348	29
PATRON # 2	10	10.06	20.46	11281	35
REFORZADO CON FIBRA # 1	10	10.31	20.36	27304	83
REFORZADO CON FIBRA # 2	10	10.43	20.36	23604	71

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. J.L.J.



MSc. Ing. Isabel Moromori Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**INTERPRETACION**

Como se observa en la ficha de los resultados del laboratorio (LEM) el aumento de cargas de rotura y el aumento de resistencia a la compresión al 100% en los tres tipos de ensayos que se realizaron alas probetas reforzadas con fibra de carbono, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir que si se comprobó que la fibra de carbono aumenta la resistencia como reforzamiento en las estructuras de concreto armado.

#### 4.9.2. Prueba de hipótesis específicos 1

H1: Se determinó que la aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.

H0: No se determinó que la aplicación de la fibra de carbono influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.

**Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON # 1	10	10.04	20.46	9348	29
PATRON # 2	10	10.06	20.46	11281	35
REFORZADO CON FIBRA # 1	10	10.31	20.36	27304	83
REFORZADO CON FIBRA # 2	10	10.43	20.36	23604	71

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. J.L.J.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**LABORATORIO CERTIFICADO ISO 9001**

#### INTERPRETACION

Como se observa en la ficha de los resultados del laboratorio (LEM) el aumento de cargas de rotura y el aumento de resistencia a la tracción al 100% en los ensayos que se realizó a la probeta reforzada con fibra de carbono, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir que si se determinó que la fibra de carbono

aumenta la resistencia a la tracción como reforzamiento en las estructuras de concreto armado.

#### 4.9.3. Prueba de hipótesis específico 2

H2: Se comprobó que la aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.

H0: No se comprobó que la aplicación de la fibra de carbono influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.

4. RESULTADOS : FECHA DE ENSAYO: 15/10/2020

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
PATRON # 1	10	45.0	50.1	15.1	15.8	756.5	1740	31.2
VIGA REFORZADA CON FIBRA CARBONO # 1	10	45.0	50.1	15.0	14.8	750.8	3590	73.8

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. A. S. V.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

LABORATORIO CERTIFICADO ISO 9001

#### INTERPRETACION

Como se observa en la ficha de los resultados del laboratorio (LEM) el aumento de cargas de rotura y el aumento de resistencia a la flexión al 100% en los ensayos que se realizó ala probeta reforzada con fibra de carbono, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir que si se comprobó que la fibra de carbono

aumenta la resistencia a la flexión como reforzamiento en las estructuras de concreto armado.

#### 4.9.4. Prueba de hipótesis específico 3

H3: Se evaluó que la aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la comprensión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.

H0: No se evaluó que la aplicación de la fibra de carbono influye significativamente en la comprensión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva, Pisco – Perú 2020.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

---

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : PAUL ALEXANDER OROSCO JIMENEZ Y EDISON RUIZ GAMBOA  
 Obra : TESIS: "FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA PISCO - PERÚ 2020

Asunto : Verificación de diseño de mezcla, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Expediente N° : 20-1388-1  
 Recibo N° : 70777  
 Fecha de emisión : 20/10/2020

---

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 20-1228.

Dosificación en obra:	
CEMENTO - SOL TIPO I	384 kg
AGUA de la RED UNI	230 L
ARENA GRUESA CANTERA TRAPICHE	855 kg
PIEDRA CHANCADA CANTERA UNICON	870 kg

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034:2015, NTP 339.084:2017  
 Procedimiento interno AT-PR-12  
 Equipo de ensayo ELE INTERNATIONAL, calibración CMC-020-2020

3. RESULTADOS :  
**Resistencia a la Compresión**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 1	10	10.29	83.16	21268	256
PATRON 2	10	10.19	81.47	20390	250
REFORZADA 1	10	10.41	85.03	49469	582
REFORZADA 2	10	10.27	82.84	54443	657



## INTERPRETACION

Como se observa en la ficha de los resultados del laboratorio (LEM) el aumento de cargas de rotura y el aumento de resistencia a compresión al 100% en el ensayo que se realizó a la probeta reforzada con fibra de carbono, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir que si se evaluó que la fibra de carbono aumenta la resistencia a la compresión como reforzamiento en las estructuras de concreto armado.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. ANÁLISIS DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta tesis tuvo como finalidad demostrar la influencia que tiene la fibra de carbono al ser utilizado como reforzamiento en las estructuras de concreto armado, tal como se podría reforzar las estructuras del centro de educación técnico productivo de Pisco – Perú. Por lo tanto, se realizó muestras de probetas y vigas para realizar ensayos a tracción, flexión y comprensión, puesto que los ensayos a comprensión y tracción se realizaron con probetas patrón y probetas forradas o llamémoslo reforzada con tejido de fibra de carbono y las muestras de vigas de la misma manera, una viga patrón y otra reforzada con una lámina de fibra de carbono.

H1: Existe una relación positiva en los ensayos a tracción por comprensión diametral, donde se obtuvo que las probetas patrón numero 1 arrojó una resistencia de 29 kg/cm<sup>2</sup> y la reforzada con tejido de fibra de carbono arrojó una resistencia de 83 kg/cm<sup>2</sup>, donde se llega a la conclusión siguiente, el incremento es notable a la tracción por comprensión diametral, donde su valor final es casi triplicado.

H2: Existe una relación positiva en los ensayos a flexión, se tomó una viga patrón y se realizó el ensayo a flexión arrojando una resistencia de 31.2 kg/cm<sup>2</sup> y tal muestra con las mismas dimensiones, pero reforzadas con lamina de fibra de carbono arrojó una resistencia de 73.8 kg/cm<sup>2</sup>, donde se llega a la conclusión con ayuda del laboratorio de la UNI que es notable el incremento a la resistencia a flexión en la viga reforzada duplicando su valor.

H3: Existe una relación positiva en los ensayos a comprensión con las probetas patrón donde arrojaron una resistencia a la comprensión de 256 kg/cm<sup>2</sup> y el ensayo ala probeta con las mismas dimensiones, pero reforzada con lamina de fibra d carbono

arrojo 582 kg/cm<sup>2</sup>, donde se puede concluir notablemente el incremento a la resistencia a compresión.

De los resultados obtenidos después de realizar los ensayos correspondientes en esta tesis, se puede deducir que la fibra de carbono influyó significativamente al ser usados como refuerzo en las estructuras de concreto armado ya sea usando la lámina de fibra de carbono o el tejido de fibra de carbono, ambos elementos proporcionan un aumento de resistencia al 100%, por lo tanto, se asume que usar estos materiales como refuerzo en las estructuras es muy eficaz.

Considerando al investigador Alegre Gago, Gianfranco (2017) cuya tesis lleva por nombre: “estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado”, universidad pontificia universidad católica del Perú, lima – Perú. Afirma en sus resultados que la fibra de carbono aumenta la resistencia de secciones de concreto armado sometidos a flexión, pues no se especifica el tipo de fibra que se usa para aquella prueba, como se sabe en esta investigación mostramos los tipos de fibra de carbono que hay y las que se usa para cada elemento estructural como refuerzo. Por lo tanto, dejamos saber que da el aumento de resistencia a flexión en vigas, la fibra de carbono usada es las láminas que se emplean con un epóxido a y b que va hacer pegar la lámina a la superficie de concreto armado.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **6.1. CONCLUSIONES**

A lo largo de esta investigación se han plasmado principalmente los conceptos teóricos por investigadores y autores de libros, revistas y artículos de diferentes nacionalidades y recomendaciones por parte de la empresa número uno que distribuye y vende a nivel nacional e internacional los productos de fibra de carbono. Asimismo, se ha comprobado a través de ensayos y muestras de concreto las simulaciones de cómo actúa la fibra de carbono y que beneficios brinda al ser utilizado en las construcciones como reforzamiento.

**PRIMERO:** en cuanto con el objetivo general de este trabajo de investigación, se concluye lo siguiente; se comprobó que el uso de la fibra de carbono influye significativamente como reforzamiento de estructuras de concreto aumentando su capacidad de resistencia a un 100% dejando establecido a través de pruebas en laboratorio.

**SEGUNDO:** se logró determinar que el uso de la fibra de carbono aumenta la resistencia en la tracción de los elementos estructurales de concreto como reforzamiento, por lo tanto, las estructuras como las vigas que son reforzadas con el tejido de fibra de carbono tendrá un notable aumento de resistencia a la tracción.

**TERCERO:** se logró observar a través de ensayos en laboratorio que el uso de la fibra de carbono influye de manera notable en la resistencia a la flexión de los elementos estructurales de concreto como es la viga, por lo tanto también deducimos que el correcto uso para aumentar la resistencia a la flexión en este caso es la lámina de fibra de carbono.

CUARTO: se logró determinar la comprobación de la hipótesis utilizando la estadística inferencial, donde el resultado está dentro de la zona de aceptación demostrando la contrastación de hipótesis y comprobando que la fibra de carbono si influye significativamente en el reforzamiento de concreto armado.

QUINTO: se logró evaluar mediante ensayos de probeta de concreto el aumento de la resistencia a la compresión al 100% al usar el tejido de la fibra de carbono, por ello deducimos que al usar este tejido en las columnas de concreto de manera correcta pues su resistencia se incrementará significativamente haciendo de ello un reforzamiento eficaz y seguro.

Por lo tanto, deducimos también que la fibra de carbono es un material innovador que ha abierto grandes soluciones en el tema de la construcción, en específico como reforzamientos de estructuras de concreto, además de ello su uso es recomendado por los ingenieros estructuralistas y especialistas en el tema quienes han comprobado el resultado al aplicar este nuevo sistema. En resumen, se destaca este nuevo sistema como extremadamente útil por sus resultados obtenidos y la fácil aplicación por ser un material muy ligero de gran maniobrabilidad y capaz de adaptarse a diferentes geometrías de estructura de concreto.

Es importante mencionar que el costo de adquirir es elevado a comparación de otros reforzamientos como el encamisado (incremento de sección de la estructura de concreto armado), pero el espacio que ocupa en la estructura, el tiempo que se requiere para reforzar una estructura con dicho material y la facilidad de emplearlo, hace que este material lo sea una alternativa beneficiosa que no busca reemplazar las estructuras existentes más que trabajar con ellas pues acompañando, controlando y limitando toda las deformaciones que se puedan generar por diferentes motivos como por exceso de carga o agrietamiento y pérdida de resistencia.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **7.1. RECOMENDACIONES**

PRIMERO: se recomienda contar con la ayuda o asesoramientos de instaladores que estén certificados y con experiencia en la aplicación de la fibra de carbono como reforzamiento de estructura de concreto, de esta manera se obtendrá y se garantizará el buen funcionamiento de este sistema CFRP.

SEGUNDO: se recomienda durante el reforzamiento preparar muy bien la superficie de la estructura que se va a reforzar considerando las recomendaciones brindadas por la marca del epòxico que se va a utilizar según el tipo de fibra de carbono, así de esta manera existirá una mejor adherencia durante el reforzamiento entre la fibra de carbono y la superficie de la estructura.

TRCERO: se recomienda para el uso de la lámina de fibra de carbono en vigas seguir las indicaciones de los fabricantes de los productos a usar en este sistema y respetar las normas de aplicación del epòxico, pues de esta manera habrá se empelará la cantidad correcta de materiales y tendrá un mejor resultado

CUARTO: se recomienda cortar el tejido de la fibra de carbono de manera precisa considerando el traslape del tejido para una mayor trabajabilidad y no haya desprendimiento del material, puesto que se tendrá una mayor resistencia a la comprensión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI-318. (2014). *Requisito de reglamento para concreto estructural*. U.S.A: Farminton hills. Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de [https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci\\_318s\\_14\\_en\\_espanol.pdf](https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf)
- ACI-440.2R. (2017). *Guia para diseño y construcción de externamente bonded FRP sistemas de fortalecimiento de estructuras de hormigón*. USA: Farminton Hills. Recuperado el 10 de marzo de 2020
- Alegre, G. (29 de 8 de 2017). *repositorio*. Obtenido de repositorio: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9254>
- Aquino, S. (10 de Abril de 2019). *Repositorio*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de Repositorio: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2761>
- Azucena, B. (2008). *El carbono: Vida y energía*. Caracas, Venezuela: Fundacion Polar. Recuperado el 20 de enero de 2020, de [http://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/16685/coleccion\\_mundo\\_quimica\\_lw\\_faciculo\\_22.pdf](http://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/16685/coleccion_mundo_quimica_lw_faciculo_22.pdf)
- Balvantin, A. (Agosto de 2016). Ensayos y Propiedades Mecanicas de los Materiales. *Ciencia de Materiales para Ingenieria Mecanica*, 6-9. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de <http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Ciencia%20de%20Materiales%20para%20Ingenieria%20Mecanica/Unidad%20I%20-%201.%20Ensayos%20y%20Propiedades%20de%20Materiales.pdf>
- Bastien, G., & Becerril, S. (2008). *Introduccion ala dinamica del cuerpo rigido*. Azcapotzalco, Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Beaumont WR, P., & Soutis, C. (2016). *La integridad estructural de la fibra de carbono y su composicion*. Reino Unido: Springer International Publishing AG. Retrieved Febrero 25, 2020
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodologia de la investigacion*. Shalon. Recuperado el 07 de febrero de 2020
- Bernal, J. (2005). *Columnas de concreto armado*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko. Recuperado el 10 de febrero de 2020
- Bernal, J. (2005). *Losas de concreto armado*. Buenos aires: Nobuko. Recuperado el 20 de febrero de 2020

- Bernal, J. (2005). *Vigas de concreto armado*. Buenos aires: Nobuko. Recuperado el 19 de febrero de 2020
- Borrell, A., & Salvador Moya, D. (2015). *Materiales de Carbono* (Vol. 2). Barcelona - España: EDITORIAL REVERTE, S.A. Recuperado el 20 de Enero de 2020
- Cabrera, J. (2011). Civilgeeks.com Ingenieria y Construccion. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de <https://civilgeeks.com/2011/09/27/resistencia-vs-rigidez/>
- Carpintero, V., Lomba Baz, a., & Lopez Alvarez, J. (2013). Tecnologia Industrial 2. *MINISTERIO DE EDUCACION, CULTURA Y DEPORTE*. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP16043.pdf&area=E>
- Castro, C. R. (13 de 11 de 2019). *repositorio*. Obtenido de repositorio: <http://hdl.handle.net/11537/22464>
- Cutti, K. (19 de octubre de 2016). *repositorio*. Obtenido de repositorio: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/265>
- Delgado Contreras, G. (2011). *Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado* (Novena ed.). Lima, Peru: Edicivil S.R.L. Recuperado el 20 de Julio de 2020
- Diaz Godinez, S. (2010). *Diseño de estructuras para arquitectos* (1 ed.). Mexico: Editor independiente.
- Edwin, A. C. (2019). *variación de la resistencia a al flexión de vigas de concreto armado reforzadas con laminas de fibra de carbono (cfrp)*. cajamarca.
- Federacion de Enseñanzas de CC.OO, d. A. (Julio de 2011). TIPOS DE ESFUZOS FISICOS. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, 7-8. Recuperado el 31 de Enero de 2020, de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- García Meseguer, Á. (2001). *Estructuras de hormigón armado III*. Madrid, España: Torán S.A. Recuperado el 5 de agosto de 2020
- González Òscar, F. F. (2007). *Aspecto fundamentales del concreto reforzado* (Vol. Cuarta ediciòn). Mexico: Limusa.
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de concreto armado* (Vol. Quinta ediciòn). lima, Perú: Fondo editorial.
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado* (Vol. Quinta ediciòn). lima, Perú: Fondo editorial.
- Helene, P. (2003). *Manual de rehabilitaciòn de estructuras de hormigòn*. Sao Paulo, Brazil: CYTED. Recuperado el 14 de febrero de 2020



- Machado, A. d. (2006). *Refuerzo de estructuras de concreto armado con fibras de carbono*. Sao Paulo, Brazil: Viapol. Recuperado el 10 de Marzo de 2020
- Mc Cormac, J. (2011). *Diseño de concreto reforzado* (octava edición ed.). Colonia del valle: Alfaomega. Recuperado el 7 de marzo de 2020
- Minvu. (2018). *Manual de reparaciones y refuerzo estructural* (Vol. 4). (D. t. habitacional, Ed.) Santiago.
- Miravete, a. (2001). Hacia la fibra de carbono en la construcción. *Materiales de la construcción*, 51, 55-69. Recuperado el 16 de enero de 2020
- Moncayo Theuler, M. (24 de Noviembre de 2016). La fibra de carbono como alternativa para reforzamiento de estructura. *Ingeniería—Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, 20(1), 57-63. Recuperado el 16 de Enero de 2020
- Morales Morales, R. (2013). *Diseño en concreto armado* (10 ed.). Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia. Recuperado el 15 de agosto de 2020
- Morales, R. (2006). *Diseño en concreto armado* (Tercera edición ed.). Lima, Perú : ICG. Recuperado el 14 de febrero de 2020
- Morgan, P. (2005). *Fibra de carbono y sus componentes*. EEUU: Taylor y Francis Group. Recuperado el 15 de Enero de 2020
- Nayra, A. (28 de 06 de 2017). *repositorio*. Obtenido de repositorio: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5597>
- Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* (Duodécima edición ed.). Bogotá: Mc Graw Hill. Recuperado el 2 de marzo de 2020
- Ñaupas Paitan, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis* (quinta ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado el 07 de Enero de 2020
- Ojeda, I. (2014). fibras de carbono. *materiales compuestos*.
- Ortiz Berrocal, I. (2007). *Resistencia de materiales* (3 ed.). (C. Sanchez, Ed.) Madrid, ESPAÑA: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Recuperado el 30 de Enero de 2020
- Ottazzi, G. (2004). *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos del Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. tesis para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado el 25 de enero de 2020
- Parker, H. (2008). *Diseño simplificado de concreto reforzado* (Vol. 3 edición). Mexico: Limusa Wiley. Recuperado el 12 de febrero de 2020

- Peña, W. (2017). *repositorio*. Obtenido de repositorio:  
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/19780>
- RNE. (2018). *Reglamento Naional de Edificaiones*. Lima, Peru: Grupo Universitario S.A.C. Recuperado el 08 de Febrero de 2020
- Rodas Martin, P. (2009). Tecnologia de la Industria. *I.E.S. el Doctoral*, 2, 1-18. Recuperado el 30 de enero de 2020, de  
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/prodmarx/files/2012/10/tema2-tei2.pdf>
- Rodas, H. (2014). *Estructuras 1 apuntes de clase*. Cuenca, Ecuador: Graficas del sur. Recuperado el 14 de febrero de 2020
- Santana Tapia, R. (2014). *Concreto armdo* (Primera edición ed.). Huancayo, Perú: International star student iss. Recuperado el 24 de Juluiio de 2020
- Sika, P. (10 de 2016). Obtenido de  
[file:///C:/Users/GamingWorld/Desktop/libros%20de%20tesis/Sist\\_Reforz\\_Sika\\_CarboDur\(2016\).pdf](file:///C:/Users/GamingWorld/Desktop/libros%20de%20tesis/Sist_Reforz_Sika_CarboDur(2016).pdf)
- silva, J. (10 de octubre de 2017). *repositorio*. Recuperado el 5 de marzo de 2020, de repositorio:  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1011>
- Tantalean, L. F. (2017). FIBRAS DE CARBONO: REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS. *constructivo*, 46-48. Recuperado el mayo de 2020
- Vega, C. E. (19 de 3 de 2013). *repositorio*. Obtenido de repositorio:  
<http://hdl.handle.net/10757/273579>
- Zoltek, t. g. (abril de 2017). Recuperado el 16 de enero de 2020, de  
<http://zoltek.com/?s=carbon+fiber>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿Cómo la fibra de carbono influye en los elementos estructurales de concreto armado reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?	Comprobar cómo la fibra de carbono influye en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco - Perú 2020	La fibra de carbono si influye significativamente en los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 20	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Fibra de carbono</p> <p>La integridad estructural de la fibra de carbono y su composición</p> <p>Fuente: Peter Beaumont WR y Constantinos Soutis - 2016</p>	<p><b>Tipo de investigación Aplicada</b> Behar Rivero (2008) nos menciona que la investigación aplicada tiene una relación con la investigación básica lo cual es utilizada para la formulación de problemas e hipótesis que luego estas se involucran con los problemas de la vida real generando soluciones teóricas y prácticas.</p> <p><b>Método de investigación Cuantitativo</b> Ñaupas Paitan, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela &amp; Romero Delgado (2018) se utiliza por utilizar técnicas y métodos cuantitativos y por ello tiene que ver con el muestreo, la medición, uso de magnitudes y medición de unidades y recolección de análisis de datos para resolver preguntas de investigación y resolver hipótesis formuladas previamente.</p> <p><b>Diseño de investigación Experimental</b> Behar Rivero (2008) la investigación experimental se involucra en la manipulación intencionalmente directa o indirectamente de las variables por el investigador para estudiar sus efectos, pues este puede manipular como alterar las muestras de las variables teniendo el control directamente sobre ellas.</p> <p><b>Población y muestra</b> <b>Población:</b> Será constituida por todas las edificaciones que presenten daños en las estructuras.</p> <p><b>Muestra:</b> Las muestras que se tomara serán de los elementos estructurales que presenten mayores daños causados por el sismo</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		
¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?	Determinar como la aplicación de la fibra de carbono influye en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020	El tipo de aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la tracción de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020	<p><b>Dimensiones:</b></p> <p><b>D1: Aplicación de la fibra de carbono</b></p> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Elementos estructurales</p>	
¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?	Comprobar como la aplicación de la fibra de carbono influye en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.	El tipo de aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la flexión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020	<p>Aspectos fundamentales del concreto reforzado</p> <p>Fuente: González Cuevas Óscar y Fernández Villegas Francisco – 2007.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p>	

<p>¿Cómo la aplicación de la fibra de carbono influye en la comprensión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020?</p>	<p>Evaluar como la aplicación de la fibra de carbono influye en la comprensión elementos estructurales superficiales de concreto armado del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020.</p>	<p>El tipo de aplicación de la fibra de carbono si influye significativamente en la comprensión de los elementos estructurales de concreto armado como reforzamiento del centro de educación técnico productiva - Pisco- Perú 2020</p>	<p><b>D1: Tracción</b>  <b>D2: Flexión</b>  <b>D3: Comprensión</b></p>	<p><b>Instrumento:</b> el instrumento para la recolección de datos será el extractor de núcleo para comprobar la resistencia del concreto de los elementos estructurales.</p> <p><b>Método estadístico</b>  Análisis de nivel Explicativo</p>
---	--	--	--	---

ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO	INDICE
VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRA DE CARBONO	I.1 Aplicación de fibra de carbono	I.1.1 Aplicación de fibra en forma laminado	Se utilizará la guía de diseño del ACI 440-2R-17 para el aplicado correcto de la fibra en forma laminado, fórmulas para el cálculo en vigas: $V_f = \frac{A_{fv}f_{fe}(\sin\alpha + \cos\alpha)d_{fv}}{s_f}$	M2
		I.1.2 Aplicación de fibra en forma de tiras	Se utilizará la guía de diseño del ACI 440-2R-17 para el aplicado correcto de la fibra en forma de tejido, fórmulas para el cálculo en columnas: $f_t = \frac{2E_f n t_f \epsilon_{fe}}{D}$	ML
VARIABLE DEPENDIENTE: ELEMENTOS ESTRUCTURALES	D.1 Tracción	D.1.1 Falla por Tracción	Se realizará la <b>NTP 339.084:2012</b> para comprobar la resistencia del concreto a tracción	f'c = kg/cm <sup>2</sup>
	D.2 Flexión	D.2.1 Falla por Flexión	Se realizará la <b>NTP 339.079:2012</b> para comprobar la resistencia del concreto a flexión	f'c = kg/cm <sup>2</sup>
	D.3 Comprensión	D.3.1 Falla por Comprensión	Se realizará la <b>NTP 339.034:2013</b> para comprobar la resistencia del concreto a compresión	f'c = kg/cm <sup>2</sup>

ANEXO 3: INSTRUMENTO VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRA DE CARBONO

N°	Dimensiones / instrumento	Tipo de estructura	Índice	Fórmula para la aplicación	Resultados
1	<b>APLICACIÓN DE LA FIBRA DE CARBONO</b>	<b>Ecuación correspondiente</b>			
	APLICACIÓN DE LA FIBRA EN FORMA DE LÁMINAS. (la fibra en forma de láminas se usa para el refuerzo de vigas por ello se procederá a seleccionar entre vigas y columnas para así proceder a la aplicación correcta según la norma del ACI-440.2R)	Viga	ML	$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha)}{s_f}$	
		Columna	M2	$f_\ell = \frac{2 E_f n t_f \epsilon_{fe}}{D}$	
	APLICACIÓN DE LA FIBRA EN FORMA DE TEJIDO. (la fibra en forma de láminas se usa para el refuerzo de COLUMNAS por ello se procederá a seleccionar entre vigas y columnas para así proceder a la aplicación correcta según la norma del ACI-440.2R)	Viga	ML	$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha)}{s_f}$	
		Columna	M2	$f_\ell = \frac{2 E_f n t_f \epsilon_{fe}}{D}$	

**ANEXO 4: INSTRUMENTO VARIALE DEPENDIENTE: ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

<b>Nº</b>	<b>Dimensiones / instrumento</b>	<b>Índice</b>	<b>Resultado de laboratorio sin fibra de carbono</b>	<b>Resultado de laboratorio con fibra de carbono</b>
<b>1</b>	<b>I TRACCION</b>			
<b>2</b>	Se utilizará la <b>NTP 339.084:2012</b> para comprobar la resistencia del concreto a tracción a los 28 días	$f'c =$ kg/cm <sup>2</sup>		
<b>3</b>	<b>II FLEXION</b>			
<b>4</b>	Se utilizará la <b>NTP 339.079:2012</b> para comprobar la resistencia del concreto a flexión a los 28 días	$f'c =$ kg/cm <sup>2</sup>		
<b>5</b>	<b>III COMPRESION</b>			
<b>6</b>	Se utilizará la <b>NTP 339.034:2013</b> para comprobar la resistencia del concreto a compresión a los 28 días	$f'c =$ kg/cm <sup>2</sup>		



## ANEXO 5: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ ] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

Mag Tejada Silva Marco Antonio

DNI: 42220524

Especialidad del validador: Ingeniería Civil

\*Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
\*Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
\*Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

4 de sept. del 2020

  
-----  
MARCO ANTONIO  
TEJADA SILVA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238900

\_\_\_\_\_  
Firma del Validador

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia.

## ANEXO 6: ENTREVISTA A EXPERTO EN DESARROLLO DEL TEMA DE APLICACIONES

### ENTREVISTA EXPERTO EN DESARROLLO DE APLICACIONES

Apellidos y Nombre:

Profesión:

Años de experiencia:

1. ¿Qué opinión le merece el uso de la fibra de carbono como reforzamiento estructural. Tiene alguna ventaja significativamente su uso frente a otras aplicaciones?
2. ¿En su experiencia cuál es su opinión de la fibra de carbono. Podría comentar las principales ventajas que se obtiene al emplear la fibra de carbono como reforzamiento estructural. Recomendaría trabajar con la fibra de carbono?
3. ¿En todos los diferentes proyectos de desarrollo que Ud. ha participado ha tenido algunos inconvenientes al usar la fibra de carbono. Podría mencionar alguna experiencia o suceso ocurrido?
4. ¿Qué opinión considera usted que en los proyectos de reforzamiento estructural no consideren a la fibra de carbono como mejor alternativa. Podría mencionar si es por falta de experiencia o costo beneficio?
5. ¿En base a su amplia experiencia cuales serían sus recomendaciones finales a la hora de seleccionar la fibra de carbono como reforzamiento estructural?

  
-----  
MARCO ANTONIO  
TEJADA SILVA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238900

# ANEXO 7: RESULTADO DE LABORATORIO DE DISEÑO DE MEZCLA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** | Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

Pág. 1 de 5

### INFORME

<b>Del</b>	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
<b>A</b>	: ALUMNOS TESIS: PAUL OROSCO JIMENEZ, EDISON FELIX RUIZ GAMBOA
<b>Obra</b>	: UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP TESIS: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO
<b>Asunto</b>	: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
<b>Expediente N°</b>	: 20-1228
<b>Recibo N°</b>	: 70617
<b>Fecha de emisión</b>	: 29/09/2020

---

#### 1.0 DE LOS MATERIALES

**1.1 Cemento:**  
Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

**1.2 Agregado Fino:**  
Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE.  
Las características se indican en el ANEXO 1.

**1.3 Agregado Grueso:**  
Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera UNICON.  
Las características se indican en el ANEXO 2.

**1.4 Combinación de Agregados:**  
La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

**1.5 Agua:**  
Se uso agua potable procedente de la red UNI.



Msc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
Jefe (e) del laboratorio



**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

**UNI-LEM**  
*La Calidad es nuestro compromiso*  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UNI





Expediente N° : 20-1228

Pág. 2 de 5

**2.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL ( f'c = 210 Kg/cm² ) CEMENTO SOL Tipo I**

**2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Denominación	.....	f'c = 210	Kg/cm²
Asentamiento	.....	4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.60	
Relación a/c de obra	.....	0.59	
Proporciones de diseño	.....	1 : 2.23	: 2.27
Proporciones de obra	.....	1 : 2.29	: 2.28

**2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO**

Cemento	.....	384	Kg.
Arena	.....	855	Kg.
Piedra	.....	870	Kg.
Agua	.....	230	L.

**2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA**

Cemento	.....	384	Kg.
Arena	.....	880	Kg.
Piedra	.....	873	Kg.
Agua	.....	226	L.

**2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	97.39	Kg.
Piedra	.....	96.71	Kg.
Agua	.....	25.06	L.

**2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

Proporciones	.....	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Agua	.....	1	: 2.01	: 2.40
		25.06	L/bolsa	

**3.0 OBSERVACIONES:**

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Srta. M.M.Q



**MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata**  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





**ANEXO 1**

EXPEDIENTE N° : 20-1228

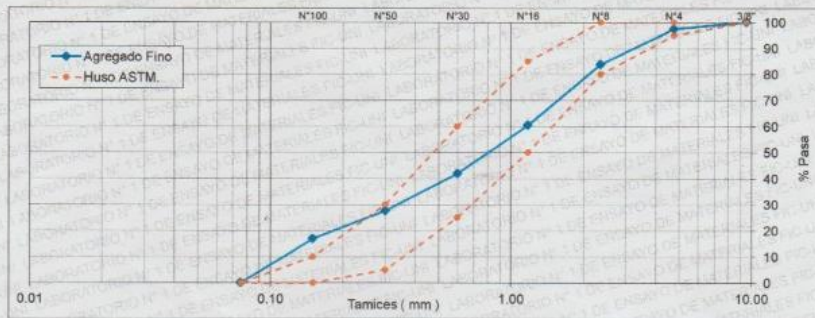
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :**

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	2.6	2.6	97.4	95 - 100
N°8	2.36	13.6	16.2	83.8	80 - 100
N°16	1.18	23.3	39.5	60.5	50 - 85
N°30	0.60	18.6	58.1	41.9	25 - 60
N°50	0.30	14.3	72.4	27.6	5 - 30
N°100	0.15	10.7	83.1	16.9	0 - 10
FONDO		16.9	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	2.72
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1708
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1901
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.70
Contenido de Humedad (%)	2.90
Porcentaje de Absorción (%)	1.79

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Srta. M.M.Q

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI





**ANEXO 2**

EXPEDIENTE N° : 20-1228

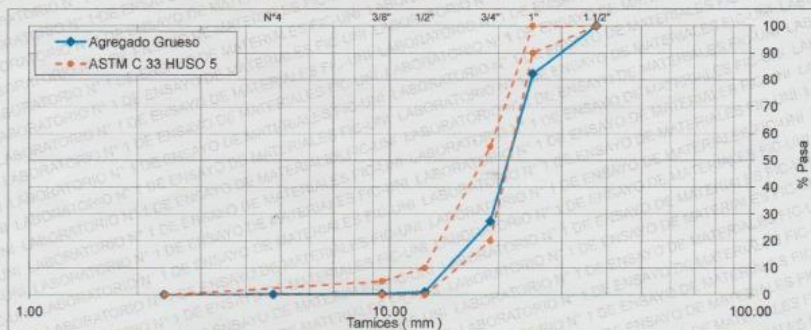
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

Consiste en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera UNICON.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	17.9	17.9	82.1	90 - 100
3/4"	19.00	54.9	72.8	27.2	20 - 55
1/2"	12.50	26.2	99.0	1.0	0 - 10
3/8"	9.50	0.7	99.7	0.3	0 - 5
N°4	4.75	0.1	99.9	0.1	-
FONDO		0.1	100.0	0.0	-

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	7.72
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1424
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1593
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.74
Contenido de Humedad (%)	0.38
Porcentaje de Absorción (%)	1.01

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Srta. M.M.Q

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Pág. 5 de 5

### ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 20-1228

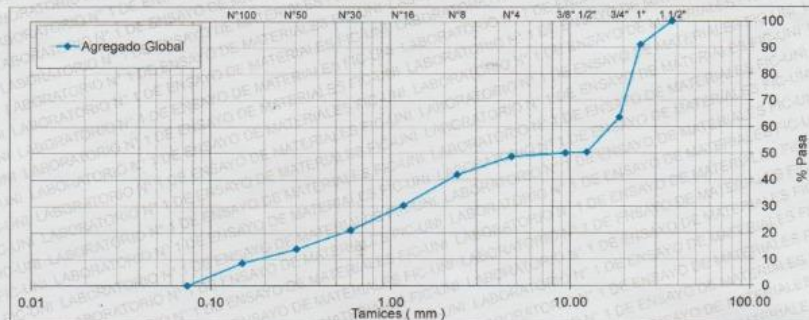
#### 1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera UNICÓN.

##### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	9.0	9.0	91.0
3/4"	19.00	27.5	36.4	63.6
1/2"	12.50	13.1	49.5	50.5
3/8"	9.50	0.4	49.9	50.1
N°4	4.75	1.4	51.3	48.7
N°8	2.36	6.8	58.0	42.0
N°16	1.18	11.7	69.7	30.3
N°30	0.60	9.3	79.0	21.0
N°50	0.30	7.1	86.1	13.9
N°100	0.15	5.4	91.5	8.5
FONDO		8.5	100.0	0.0

##### B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



##### C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	5.22
% Agregado Grueso	50.03
% Agregado Fino	49.97

#### 2. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Srta. M.M.Q

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



# ANEXO 8: RESULTADO DE LABORATORIO DE ENSAYO A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering Technology Accreditation Commission

---

### INFORME

**Del A Obra** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 : PAUL ALEXANDER OROSCO JIMENEZ Y EDISON RUIZ GAMBOA  
 : TESIS: "FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA PISCO - PERÚ 2020

**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

**Expediente N°** : 20-1388-1  
**Recibo N°** : 70777  
**Fecha de emisión** : 20/10/2020

---

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 20-1228.

Dosificación en obra:	
CEMENTO - SOL TIPO I	384 kg
AGUA de la RED UNI	230 L
ARENA GRUESA CANTERA TRAPICHE	855 kg
PIEDRA CHANCADA CANTERA UNICON	870 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Normas de referencia NTP 339.034:2015, NTP 339.084:2017  
 Procedimiento interno AT-PR-12  
 Equipo de ensayo ELE INTERNATIONAL, calibración CMC-020-2020

**3. RESULTADOS** :

**Resistencia a la Compresión**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 1	10	10.29	83.16	21268	256
PATRON 2	10	10.19	81.47	20390	250
REFORZADA 1	10	10.41	85.03	49469	582
REFORZADA 2	10	10.27	82.84	54443	657

**Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON # 1	10	10.04	20.45	9348	29
PATRON # 2	10	10.06	20.45	11281	35
REFORZADO CON FIBRA # 1	10	10.31	20.35	27304	83
REFORZADO CON FIBRA # 2	10	10.43	20.35	23604	71

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. J.L.J.

NOTAS:  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





# ANEXO 9: RESULTADO DE LABORATORIO DE ENSAYO A FLEXIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

## INFORME

**Del A Obra**

**Asunto**

**Expediente N°**

**Recibo N°**

**Fecha de emisión**

: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales

: PAUL ALEXANDER OROSCO JIMENEZ Y EDISON RUIZ GAMBOA

: TESIS: "FIBRA DE CARBONO Y SU INFLUENCIA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO COMO REFORZAMIENTO DEL CENTRO DE EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA PISCO - PERÚ 2020

: Ensayo de Resistencia a la Flexión con carga en el tramo central

: 20-1388-2

: 70777

: 20/10/2020

---

**1. DE LA MUESTRA**

**2. DEL EQUIPO**

**3. MÉTODO DEL ENSAYO**

**4. RESULTADOS**

: Consistente en 2 vigas de concreto.

: Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO  
Certificado de Calibración CMC-046-2020

: Norma de referencia NTP 339.079:2017.

FECHA DE ENSAYO: 15/10/2020

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
PATRON # 1	10	45.0	50.1	15.1	15.8	756.5	1740	31.2
VIGA REFORZADA CON FIBRA CARBONO # 1	10	45.0	50.1	15.0	14.8	750.8	3590	73.8

**5. OBSERVACIONES:**

Hecho por Técnico

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

: Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
: Sr. A. S. V.

  
**MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata**  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
**Laboratorio Certificado ISO 9001**

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú

(511) 381-3343

(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)

[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 10: HOJA TÉCNICA DE SIKAWRAP – 600C

# SikaWrap®-600C

---

Tejido de Fibra de Carbono para Reforzamiento Estructural

---

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un tejido unidireccional de fibra de carbono. El material es laminado en campo usando Sikadur®-301 o Sikadur® Hex -300/306 (adhesivos epóxicos) para conformar el polímero reforzado con fibras (CFRP), el cual es empleado para el reforzamiento de elementos estructurales.

#### USOS

Para refuerzo a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas y muros por las siguientes causas.

- Incremento de cargas
- Incremento de carga viva
- Incremento de volumen de tráfico en puentes
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales
- Estructuras con vibración
- Cambios en el uso de edificios
- Refuerzo sísmico
- Envoltura de columnas (confinamiento)
- Paredes de mampostería no reforzada
- Daño de partes estructurales
- Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión)
- Impacto de vehículos
- Fuego
- Cambio en el sistema estructural
- Supresión de muros o columnas
- Remoción de secciones de losa y muros con aperturas
- Defectos de diseño o construcción
- Refuerzo insuficiente
- Altura insuficiente de los elementos
- Reforzamiento temporal

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja
- Alta resistencia

---

## DATOS BÁSICOS

---

### FORMA

#### ASPECTO

Tejido

#### COLORES

Negro oscuro

#### PRESENTACIÓN

Rollo de 25.00 m<sup>2</sup>(50 cm x 50.00 m)

Orientación de la Fibra: 0° (unidireccional)

---

### ALMACENAMIENTO

#### CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Se debe proteger el material de posibles ataques mecánicos o contaminación por tal razón se debe almacenar en su empaque bien cerrado. Transportar con las precauciones normales para productos delicados.

---

### DATOS TÉCNICOS

#### PROPIEDADES DE LA LÁMINA CURADA

Resistencia a la tensión	139,000 psi (960 N/mm <sup>2</sup> )
--------------------------	--------------------------------------

Módulo de elasticidad	10.6 10 <sup>5</sup> psi (73,100 N/mm <sup>2</sup> )
-----------------------	--

Elongación a la rotura	1.33%
------------------------	-------

Espesor	1.0 mm (0.039 pulgadas)
---------	-------------------------

Dirección de la fibra	0° (unidireccional)
-----------------------	---------------------

Peso por metro cuadrado	610 g
-------------------------	-------

---

#### PROPIEDADES DE LA FIBRA

Resistencia a la tensión	620,000 psi (4,300 N/mm <sup>2</sup> )
--------------------------	--

Módulo de elasticidad	34.9 10 <sup>5</sup> psi (240,000 N/mm <sup>2</sup> )
-----------------------	---

Elongación	1.55%
------------	-------

Densidad	1.81 g/cc
----------	-----------

Espesor	0.337 mm (0.0133 pulgadas)
---------	----------------------------

---

## ANEXO 11: HOJA TÉCNICA DE SIKA CARBODUR

### **Sika® CarboDur®**

#### Sistema de Refuerzo a Base de Polímeros Reforzados con Fibra de CarboDur (CFRP)

---

#### **Descripción**

##### General

Es un sistema de refuerzo para concreto armado o estructuras de acero y metal. Este sistema está compuesto por láminas de refuerzo resistentes a la corrosión, reforzadas con fibra de carbono (CFRP) y el adhesivo especial Sikadur 30.

---

##### Campos de aplicación

El sistema Sika CarboDur se utiliza para refuerzos de estructuras de concreto, madera y metal, en los siguientes casos:

##### **Incremento de carga**

- Incremento de cargas vivas en almacenes
- Incremento de volumen de tráfico en puentes
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales
- Estructuras sometidas a vibración
- Cambios de uso en edificaciones

##### **Daños a partes estructurales**

- Envejecimiento de materiales de construcción
- Corrosión de los refuerzos de acero
- Impacto de vehículos
- Incendios

##### **Mejora de la capacidad de servicio**

- Disminución de la deformación
- Reducción de la fatiga en los refuerzos de acero
- Reducción del ancho de las fisuras

##### **Cambios en sistemas estructurales**

- Eliminación de paredes o columnas
- Eliminación de una sección de loza

##### **Defectos en el procedimiento constructivo o diseño**

- Insuficiente refuerzo
- Insuficiente recubrimiento

## Datos Técnicos

Láminas CarboDur (CFRP)	Color	Negro
	Composición	Fibra de carbono reforzada con matriz epóxica
	Volumen de fibra	>68%

	Sika CarboDur S	Sika CarboDur M	Sika CarboDur H
Módulos E	>165 000 N/mm <sup>2</sup>	>210 000 N/mm <sup>2</sup>	>300 000 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	>2800 N/mm <sup>2</sup>	>2400 N/mm <sup>2</sup>	>1300 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la rotura *	3050 N/mm <sup>2</sup>	2900 N/mm <sup>2</sup>	1450 N/mm <sup>2</sup>
Elongación a la rotura	>1.7%	>1.2%	>0.45%
Densidad	1.5 g/cm <sup>3</sup>	1.6 g/cm <sup>3</sup>	1.6 g/cm <sup>3</sup>