



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO CON FIBRAS DE
CARBONO DE 1.2MM Y 1.4MM DE ESPESOR”.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

NINA GOMEZ JUAN ALEXIS

ASESOR

ING. MARQUINA CALLACNA RODOLFO RICARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA-PERÚ

2018

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : FOG-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a):

Juan Alexis Nina Gomez

cuyo título es:

"Reforzamiento de vigas de concreto con fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor".

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 1.5 (número) Buena (letras).

Lima (o Filial) 06 de Julio del 2018.


 PRESIDENTE

Cecilia Arriola Moscoso


 SECRETARIO

Orlando Hugo Ríos Díaz


 VOCAL

Rodolfo Marquina Callacna

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Yo, Juan Alexis Nina Gomez Identificado con DNI N° 72651132

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Juan Alexis Nina Gomez, con DNI N° 72651132, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presenta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 6 de Julio del 2018.



Juan Alexis Nina Gomez
DNI N° 72651132

DEDICATORÍA

A Dios por darme fuerzas y no rendirme ante las todas las dificultades presentadas.

A mis padres Samuel Nina y Mari luz Gomez Martínez quienes siempre me apoyaron y creyeron en mí.

A mis hermanos por darme ánimos su comprensión durante este trayecto.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme fuerzas durante los momentos más difíciles de mi carrera.

A mi asesor Ing. Rodolfo Marquina Callacna por brindarme su asesoramiento, apoyo, tiempo y conocimientos; sin su apoyo no fuera posible la elaboración de la tesis

A la Universidad Cesar Vallejo por contribuir con mi formación profesional.

Presentación

Señores del jurado:

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO CON FIBRAS DE CARBONO DE 1.2MM Y 1.4MM DE ESPESOR” la misma que pongo a consideración y esperando supere los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

La tesis está conformada por 8 capítulos los cuales están divididos en:

I. Introducción: Se describe la realidad problemática del objeto a estudiar, los antecedentes de investigaciones previas, temas relacionadas con el reforzamiento de vigas de concreto (tipos de reforzamiento, usos del reforzamiento de fibra de carbono, tipo de instalación, normativas para el reforzamiento y diseño de fibra de carbono, problemas, hipótesis y objetivos del estudio en la presente tesis.

II. Marco Metodológico: Comprende el diseño de investigación, variables, población y muestra, técnicas e instrumentos de validez y aspectos éticos.

III. Resultados: Se detalla el análisis de los tipos de reforzamiento teniendo en cuenta los objetivos mostrados donde se resaltan los puntos estructurales por cambio de servicio, tiempo y costo.

IV: Discusiones: Se constata la investigación a través de las hipótesis propuestas contrastando las investigaciones previas, llegando a una conclusión final.

V: Conclusiones: Es el resultado de la investigación en el reforzamiento de vigas de concreto y los aspectos positivos y negativos que esta conlleva.

VI: Recomendaciones: Describo las opiniones que se deben considerar para futuras investigaciones.

VII: Fuentes bibliográficas: Se mostrará las fuentes de investigación de donde se obtuvo la información para la realización de la presente tesis.

VIII: Anexos: Se detalla toda la base de datos a considerar durante el desarrollo, además de prueba de confiabilidad Turnitin, ensayos realizados y planos usados en la investigación.

Juan Alexis Nina Gomez

ÍNDICE

CARÁTULA	pág.
PÁGINAS PRELIMINARES	
Índice	
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	13
1.2. Trabajos Previos.....	15-17
1.3. Teorías relacionadas al Tema.....	18
1.3.1. Encamisado de concreto.....	18
1.3.2. Fibra de carbono.....	18
1.3.2.1. Historia y evolución.....	18-19
1.3.2.2. Usos de fibra de carbono en diversas industrias...	19
1.3.2.3. Tipos de fibra de carbono.....	19-20
1.3.2.4. Usos como sistema estructural en el rubro de la construcción.....	20-21
1.3.2.5. Instalación de fibra de carbono como reforzamiento estructural.....	21
1.3.3. Reforzamiento estructural.....	22
1.3.3.1. Resistencia mecánica.....	22
1.3.3.1.1. Resistencia a la flexión.....	22
1.3.3.2. Comportamiento estructural.....	23
1.3.3.2.1 Esfuerzos.....	23
1.3.3.2.2 Deformaciones.....	23
1.3.4. Normativa.....	23
1.4. Formulación del Problema.....	24
1.4.1. Problema general.....	24
1.4.2. Problemas específicos.....	24
1.5. Justificación del estudio.....	24-25
1.6. Objetivos.....	25
1.6.1 Objetivo general.....	25
1.6.2 Objetivos específicos.....	25-26
1.7. Hipótesis.....	26

1.7.1 Hipótesis general.....	26
1.7.2 Hipótesis específicas.....	26
II. MARCO METODOLÓGICO.....	28
2.1. Diseño de investigación.....	29-30
2.2. Variables, Operacionalización de variables	30
2.2.1 Variables.....	30
2.2.2 Operacionalización de variables.....	31
2.3. Población y muestra.....	32
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	32-33
2.5. Aspectos éticos	33
III. RESULTADOS.....	34
3.1. Diseño a flexión.....	35-36
3.1A) Análisis de la viga V101-(.25x.50) en estado actual.....	37-40
3.1B) Análisis de la viga V101-(.25x.50) modificación de carga viva.....	41-44
3.2. Diseño a flexión con reforzamiento de fibra de carbono....	45
3.2A) Análisis de la viga V101-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur S1012, b=100mm, e=1.2mm con 1 tiras.....	45-49
3.2B) Análisis de la viga V101-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur S1012, b=100mm, e=1.2mm con 2 tiras.....	49-53
3.1C) Análisis de la viga V101-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur M914, b=90mm, e=1.4mm con 1 tiras.....	53-57
3.1D) Análisis de la viga V101-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur M914, b=90mm, e=1.4mm con 2 tiras.....	58-62
3.1E) cuadro comparativo de la viga 101-201 0.5x.025.....	62
3.3. Diseño a flexión.....	62
3.3A) Análisis de la viga VP-(.25x.45) en estado actual.....	63-66

3.3B) Análisis de la viga VP-(.25x.45) modificación de carga viva.....	67-70
3.4 Diseño a flexión con reforzamiento de fibra de carbono	71
3.4A) Análisis de la viga VP-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur S1012, b=100mm, e=1.2mm con 1 tiras.....	71-75
3.4B) Análisis de la viga VP-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur S1012, b=100mm, e=1.2mm con 2 tiras.....	75-79
3.4C) Análisis de la viga VP-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur M914, b=90mm, e=1.4mm con 1 tiras.....	79-83
3.4D) Análisis de la viga VP-(.25x.50) modificación de carga viva y uso de elementos CFRP Sika Carbodur M914, b=90mm, e=1.4mm con 2 tiras.....	84-88
3.4E) cuadro comparativo de la viga 101-201 0.5x.025.....	88
3.5. Análisis comparativo de costos entre reforzamiento por encamisados de concreto y reforzamiento CFRP.....	89
3.5.1. Presupuesto del reforzamiento por encamisados de concreto.....	89
3.5.2. Presupuesto del reforzamiento por fibras de carbono.....	90
3.5.3. Análisis de precios unitarios.....	91-95
3.5.4. Metrados.....	96-98
3.6. Análisis de tiempo de ejecución	99
IV. DISCUSIONES.....	100-102
V. CONCLUSIONES	103-106
VI. RECOMENDACIONES	107-108
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	109-113
ANEXOS	

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis, es determinar si será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto, además de ello comparar el reforzamiento con fibra de carbono con el método de encamisados de concreto, para determinar si cumple con el cambio de servicio de una edificación y cuanto aumenta la resistencia , por consecuencia evaluaremos aspectos económicos y tiempo para que la edificación sea puesta en uso.

La metodología es aplicada con un enfoque cuantitativo, experimental, cuya población y muestra corresponde a los dos tipos de vigas analizadas VP, V101.

Los resultados muestran que la diferencia entre la aplicación de 1lamina de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4mm en la viga V101 de 0.20tn-m, además se muestra el aumento de resistencia de 15.37tn-m (momento con el cual se diseñó) a 20.02tn-m y 20.95tn-m respectivamente.

En la viga VP se muestra una diferencia de 0.93tn-m entre la aplicación de 1lamina de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4mm, además de un aumento de 15.46tn-m (momento con el cual se diseñó) a 19.92tn-m y 20.94tn-m respectivamente.

En la conclusión se determinó que la diferencia de resistencia va a depender de las propiedades y dimensiones de la lámina de fibra de carbono (a mayor sección, mayor es el aumento de la resistencia), además se determinó un aumento de la resistencia en la viga V101-201 un 30.51% y 36.57% con fibra de 1.2mm y 1.4mm respectivamente con relación a la resistencia original en la que fue diseñada, también se determinó que hay un aumento de 2.37 veces en el costo del reforzamiento de fibra de carbono en comparación al encamisado de concreto, pero una disminución del tiempo de 3.4 veces para ser puesta en uso

Palabras claves: Reforzamiento de vigas de concreto, fibra de carbono de 1.2mm y 1.44mm de espesor, encamisados de concreto.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine if it will be more efficient to apply carbon fibers of 1.4mm thickness compared to 1.2mm fibers for the reinforcement of concrete beams, besides comparing the reinforcement with carbon fiber with the concrete cladding method, to determine if it meets the change of service of a building and how much resistance increases, consequently we will evaluate economic aspects and time for the building to be put into use.

The methodology is applied with a quantitative, experimental approach, whose population and sample corresponds to the two types of beams analyzed VP, V101.

The results show that the difference between the application of 1mm of carbon fiber of 1.2mm and 1.4mm in beam V101 of 0.20tn-m, also shows the resistance increase of 15.37tn-m (moment with which it was designe) at 20.02tn-m and 20.95tn-m respectively. The VP beam shows a difference of 0.93tn-m between the application of 1.2mm and 1.4mm carbon fiber laminate, in addition to an increase of 15.46tn-m (at which point it was designed) to 19.92tn- m and 20.94tn-m respectively.

In the conclusion it was determined that the difference in strength will depend on the properties and dimensions of the carbon fiber sheet (the greater the section, the greater the increase in strength), and an increase in the resistance in the beam was determined. V101-201 a 30.51% and 36.57% with fiber of 1.2mm and 1.4mm respectively in relation to the original strength in which it was designed, it was also determined that there is an increase of 2.37 times in the cost of the reinforcement of carbon fiber in Comparison to concrete casing, but a 3.4 times decrease in time to be put into use.

Keywords: Reinforcement of concrete beams, 1.2mm and 1.44mm thick carbon fiber, concrete jacketed.

I. INTRODUCCIÓN

Con la creciente necesidad de reparar o rehabilitar estructuras de concreto, nace la tecnología de refuerzo estructural, esto nace por consecuencia de un proceso constructivo inadecuado, materiales pobres e inadecuados, daños a partes estructurales, el incremento de cargas por servicio en ambientes omitidos en relación diseño original de la estructura o la antigüedad de una estructura crea la necesidad de pensar en reforzar una estructura.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú se usa como método convencional el reforzamiento estructural por medio de encamisados de concreto el cual consiste en el incremento de la sección de un elemento estructural con concreto y acero con el fin de que se corrijan los defectos estructurales.

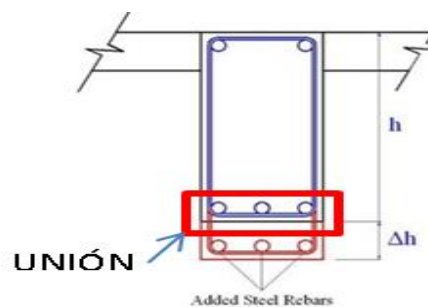


Figura 1.1 Reforzamiento con encamisado de concreto

Fuente:<https://es.slideshare.net/sikamexicana/reforzamiento-de-estructuras-con-fibra-de-carbono>.

Esta unión del elemento estructural y la nueva sección no nos proporciona seguridad, porque no podemos afirmar que la esté totalmente hermética, ya que al tener poco espacio por el encofrado es posible que existan vacíos entre la unión de ambas superficies. Otro gran problema es el tiempo exagerado de ejecución para ser puesta en servicio durante el reforzamiento de una estructura, asimismo es importante desde el punto de vista de la ingeniería civil conocer las posibles soluciones para estos problemas estructurales que se pueden presentar en cualquier estructura como por ejemplo las fibras de carbono.

El reforzamiento estructural por consecuencia de efectos sísmicos, el cambio de servicio de una estructura o antigüedad ya sea mediante el encamisado de

concreto reforzado que es el más común y utilizado en nuestro medio y se puede aplicar en algunos casos donde la carga no modifique exponencialmente la sección de un elemento estructural, pero es ahí donde interviene:

Ojeda, Mariano (2011). “Las fibras de carbono que son materiales muy flexibles, altamente resistentes, livianos y de baja densidad en comparación al acero, resistentes a altas temperaturas y baja expansión térmica, poseen un bajo costo de instalación y una rápida puesta en servicio” (p.19).



Figura 1.3 Reforzamiento con fibra de carbono

Fuente:<https://es.slideshare.net/sikamexicana/reforzamiento-de-estructuras-con-fibra-de-carbono>.

En donde investigaciones realizadas se ha demostrado que el refuerzo de estructuras con fibras de carbono aumenta de manera considerable la capacidad de carga de los elementos estructurales, además de reducir el tiempo de instalación y de no modificar la sección del elemento estructural.

Por ello en el presente proyecto diseñaremos, evaluaremos, compararemos y determinaremos la influencia mecánica del reforzamiento de vigas de concreto a base del sistema SIKA CARBODUR S1012 con láminas de fibra de carbono de 1.2 mm de espesor y las láminas M914 con láminas de 1.4 mm de espesor, posterior a ello determinaremos el factor costo/tiempo comparando el método tradicional (encamisados de concreto) y el reforzamiento con fibras de carbono.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

En relación a los estudios internacionales, se muestran algunos hallazgos relevantes y estos son:

Rea, Juan y Borja, William (2015) en su trabajo de graduación “*Análisis comparativo del módulo de rotura en vigas de hormigón simple y vigas reforzadas con fibra de carbono con una resistencia a la compresión de 28 MPA utilizando agregados del sector Guayllabamba y cemento Holcim tipo HE*”.

El presente trabajo investigativo tiene por objetivo realizar un análisis comparativo de elementos estructurales tales como:

Probetas cilíndricas elaboradas de concreto simple cuyas dimensiones son de 100x200 mm las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión en donde los resultados indican que las probetas sin reforzamiento dieron una resistencia promedio de 28 MPa en comparación a las probetas que fueron recubiertas con fibra de carbono las cuales mostraron una resistencia promedio de 36.2MPa, esto indica que la fibra de carbono CF 130 MBrace aportó un aumento a la resistencia a la compresión de 29.28%.

El módulo de rotura en vigas de 150x150x500mm sin refuerzo obtuvo una resistencia de 4.31 MPa en comparación a las vigas con reforzamiento de Fibra de Carbono el cual obtuvo una resistencia en resistencia a la flexión de 6.39 Mpa lo cual indica un incremento de 51.78% a la resistencia final, comprobando así que el material de reforzamiento es idóneo para reforzamientos estructurales.

Álvarez, Pablo (2013) en su tesis “*Análisis diseño y comportamiento de vigas de hormigón armado reforzadas exteriormente con fibra de carbono para obra de reparación*”

La presente tesis tiene por objetivo es determinar la capacidad máxima de carga y la influencia de la fibra de carbono con relación a vigas no reforzadas.

Se realizaron 4 ensayos con vigas de 0.45x0.25x4m en donde los resultados muestran que cuando la deformación es de 30 mm aproximadamente las vigas

con fibra de carbono obtendrán un máximo valor de carga de 19 toneladas, al compararlo con la viga sin fibra el valor de carga es de 15,4 toneladas, esto evidencia que se ha logrado un incremento del 21,8% en las vigas con fibra de carbono.

Norazman Mohamad, Mohd Hanif Ahmad Boestamam, Mohammed Alias (2013) in your article title *“Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) as Reinforcement for Concrete Beam”*.

The objective of this article is to determine the contribution of carbon fiber as a reinforcement compared to reinforcing with steel bars.

The obtained data show that the reinforced steel beam had a flexural strength of approximately 9 MPa compared to the beam reinforced with only carbon fiber that obtained a resistance of 12 MPa, this shows that the contribution of the carbon fiber is 33.33%.

En relación a los estudios nacionales, se muestran algunos hallazgos relevantes y estos son:

Alegre, Gianfranco (2017) en su tesis titulada: *“Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado”*.

La finalidad de esta investigación estudiar y determinar el comportamiento y la contribución que brinda el reforzamiento de fibra de carbono en la ductilidad y resistencia a flexión de la estructura. El incremento de la resistencia a flexión alcanza un valor de 58.9% para la sección con menor cuantía de acero (2 Ø 1”), y en el caso de la sección de mayor cuantía de acero (6 Ø 1”), el incremento de la resistencia alcanza un valor de 18.4%.

A partir del análisis de costos tal como se muestra se puede apreciar que el costo unitario del reforzamiento de viga utilizando fibra de carbono cuyo precio es S/.

237.35 por ml es mayor que el reforzamiento de viga mediante el incremento de su sección es S/. 164.69 por ml.

Flores, José (2015) en su tesis titulada: *“Incremento de la capacidad de columnas de concreto con la adición de confinamiento externo con mantas de fibra de carbono”*.

La finalidad de esta investigación es analizar el comportamiento teórico, el aumento de la capacidad de columnas de concreto armado mediante la adición de confinamiento externo con mantas de fibra de carbono, en donde los resultados del sistema de reforzamiento con Fibras de carbono producen un incremento de la resistencia y capacidad de deformación (ductilidad) cuando los elementos columna son confinados considerando el número de capas mínimo.

En cuestión del tiempo, se pudo evidenciar que la partida refuerzo de fibra de carbono por encamisado es mayor al del reforzamiento CFRP mediante el sistema MBACE lo cual reduce el tiempo para ser puesta en uso.

Proaño, Luis (2011) en su tesis titulada: *“Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibras de carbono”*.

El objetivo de este estudio es el contribuir al conocimiento del comportamiento de vigas externamente reforzadas con platinas o láminas de fibras de carbono enfocándonos especialmente en la transferencia de esfuerzos de la platina al concreto.

De los resultados de la viga de control y las vigas 1A (viga con refuerzo superior de $2\text{Ø}3/8$ ", refuerzo inferior de $2\text{Ø}3/4$ " y estribos de $1/2"@100\text{mm}$) y 1B (viga con refuerzo superior de $2\text{Ø}3/8$ ", refuerzo inferior de $8\text{Ø}3/8$ " y estribos de $1/2"@100\text{mm}$) con el mismo refuerzo en tracción se ha observado que el reforzamiento es efectivo ya que se ha conseguido aumentar la capacidad de carga en un 26.5% desde los 117kN hasta los 148kN en el sistema de Sika Carbodur, y un 67.5% desde los 117kN hasta los 196kN en el sistema Mbrace.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 ENCAMISADOS DE CONCRETO

Consiste en aumentar la sección de un elemento estructural en donde se unirán las armaduras de acero mediante el perforado de la antigua estructura y la conexión mediante ganchos, en donde posteriormente se habrá que preparar la superficie del elemento para garantizar una buena adherencia entre el concreto nuevo y el antiguo, esta adherencia será proporcionada por un compuesto epóxico que permite esta unión, además se debe evitar que ésta unión se rompa por contracciones volumétricas durante el fraguado del concreto.

1.3.2 FIBRAS DE CARBONO

MiChelle, E (2013), “es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono” (p.32).

Cada filamento de carbono es la unión de muchas de miles de fibras de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero.

Tantaleán, Luis (2013), “la fibra de carbono, un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero (35 500 kg/cm^2 vs. 4 200 kg/cm^2) y mucho más liviano” (p.46).

1.3.2.1 Historia y evolución

La industria de la fibra de carbono comenzó en 1956 cuando la empresa Unión Carbide abrió su Centro Técnico de Parma en Cleveland, pero resulto ser ineficiente al contener un 20% de carbono.

En la década de 1960, un proceso desarrollado por Akio Shindo de la Agencia de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología de Japón, con poliacrilonitrilo (PAN) como materia prima. Este había producido una fibra de carbono que contiene alrededor del 55% de carbono.

El alto potencial de la fibra de carbono fue aprovechado en 1963 en un proceso desarrollado en el Establecimiento Real de aeronaves en Hampshire.

“Durante la década de 1970, los trabajos experimentales para encontrar materias primas alternativas llevaron a la introducción de fibras de carbono a partir de una brea de petróleo derivadas de la transformación del petróleo.”Estas fibras contenían alrededor de 85% de carbono y tenía una excelente resistencia a la flexión” (Ojeda Mariano, 2011,p.42).

Poco a poco este material se ha ido introduciendo a los diferentes rubros y uno de ellos es el de la construcción el cual ha tenido bastante aceptación debidas a las grandes ventajas que puede proporcionar.

1.3.2.2 Usos de la fibra de carbono en diversas industrias:

El uso de la fibra de carbono es tan variado que se emplea en los diferentes ámbitos como, por ejemplo:

AERONÁUTICA	AUTOMOVILISMO	DEPORTE	CONSTRUCCIÓN
Diseño de cabinas, motores.	Diseño de cascos, llantas, chasis en autos de alta gama.	Raquetas, cascos, cañas de pescar, etc.	Reforzamiento estructural de viviendas antiguas, puentes.

1.3.2.3 Tipo de fibras de fibras de carbono:

La empresa SIKA dispone de dos tipos de fibras de carbono como reforzamiento, las cuales son:

SIKA PERU (2014) **Sika CarboDur**: “Este sistema está compuesto por láminas de refuerzo resistentes a la corrosión, reforzadas con fibra de carbono (CFRP) y el adhesivo especial Sikadur-30” (p.1).

Estos tipos de fibras de carbono pueden variar según el espesor requerido para el proyecto en el presente proyecto de investigación analizaremos mecánicamente el reforzamiento con fibras de 1.2mm y 1.4 mm de espesor, las cuales son la S512, S614 respectivamente

SIKA PERU (2014) **SikaWrap -600C**: “Es un tejido unidireccional de fibra de carbono. El material es laminado en campo usando Sikadur-301 para conformar el polímero reforzado con fibras (CFRP), el cual es empleado para el reforzamiento de elementos estructurales” (p.1).

Este tipo de fibra trabaja principalmente a en dos direcciones al contrario de las láminas de fibra de carbono que son unidireccionales.

SISTEMA SIKA CARBODUR S:

PLATINA SIKA CARBODUR: DATOS TECNICOS	ADHESIVO SIKADUR 30
Módulo de elasticidad: 165 GPa	Módulo de elasticidad: 12.8 GPa
Resistencia a la tracción: 2.8 GPa	Resistencia a la tracción: 33 GPa
Resistencia a la rotura: 3.1 GPa	Resistencia al corte: 15 GPa
Deformación máxima: 1.7%	
Espesor: 1.2mm, 1.4mm	

Fuente: Ficha técnica de SIKA PERU (p.2).

SISTEMA SIKA CARBODUR M:

PLATINA SIKA CARBODUR: DATOS TECNICOS	ADHESIVO SIKADUR 30
Módulo de elasticidad: 210 GPa	Módulo de elasticidad: 12.8 GPa
Resistencia a la tracción: 2.4 GPa	Resistencia a la tracción: 33 GPa
Resistencia a la rotura: 2.9 GPa	Resistencia al corte: 15 GPa
Deformación máxima: 1.2%	
Espesor: 1.2mm, 1.4mm	

Fuente: Ficha técnica de SIKA PERU (p.2).

1.3.2.4 Uso como sistema estructural en el rubro de la construcción:

En este tipo de investigación analizaremos el sistema CARBODUR proporcionado por la empresa Sika.

INCREMENTO DE CARGA	DAÑOS A PARTES ESTRUCTURALES	MEJORA DE CAPACIDAD DE SERVICIO
Incremento de cargas vivas	Envejecimiento de materiales de construcción	Disminución de la deformación
Incremento de volumen de tráfico en puentes	Corrosión de refuerzos de acero	Reducción de la fatiga en los refuerzos de acero
Cambios de uso en edificación	Impacto de vehículos	Reducción del ancho de las fisuras
CAMBIOS EN LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES		DEFECTOS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS O DISEÑO
Eliminación de paredes o columnas		Insuficiencia acero de refuerzo
Eliminación de una sección de losa		Insuficiente recubrimiento

Fuente: Ficha técnica de SIKA PERU (p.1).

1.3.2.5 Instalación de la fibra de carbono como reforzamiento estructural

- Para la instalación de las fibras de carbono se tiene que seguir los siguientes pasos:
- Limpieza y nivelación de impurezas de la zona a reforzar.
- Aplicar una capa de imprimante epóxico a la zona que se va a reforzar para generar adherencia.
- Cortar a la medida que se necesita la fibra.
- Adherir la fibra a la zona que se va a reforzar hasta que comience a absorber el saturante.
- Luego que la lámina absorba la primera capa de saturante, se aplica una segunda capa de saturante para cubrirla.
- Finalmente, se aplica una capa de acabado que cubre totalmente el reforzamiento con fibra de carbono.

1.3.3 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

Alegre, Gianfranco (2017). “El término de reforzamiento estructural nace por consecuencia de un proceso constructivo inadecuado, materiales pobres e inadecuados, daños a partes estructurales, el incremento de cargas por servicio en ambientes omitidos en relación al diseño original de la estructura u otros factores” (p.7).

1.3.3.1 RESISTENCIA MECÁNICA

La resistencia frecuentemente se identifica con su resistencia a la flexocompresión ya que es la más utilizada por su facilidad de obtenerla, esta representa la capacidad del concreto a soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas sin necesidad de llegar al estado de rotura.

1.3.3.1.1 Resistencia a la flexión

Rahbani, María (2013) “Esfuerzo máximo de la fibra desarrollado en una probeta justo antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión” (s/p).

Para determinar la resistencia a flexión de la viga la diseñaremos mediante los parámetros del Reglamento nacional de Edificaciones y el ACI 318 para determinar las cargas, momentos y deformaciones

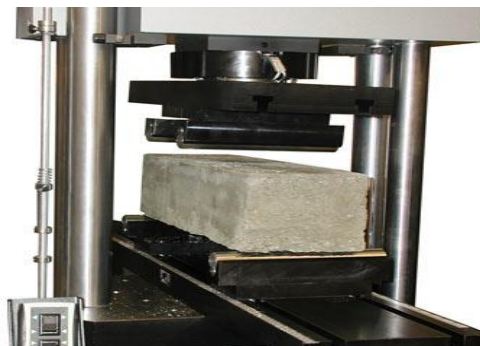


Figura 1.3 Ensayo de flexión Fuente: <http://www.instron.com.ar/es-ar/testing-solutions/by-material/concrete/flexure/astm-c78>

1.3.3.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

1.3.3.2.1 Esfuerzos

Los esfuerzos son el conjunto de fuerzas internas a las que está sometido un cuerpo a consecuencia de las solicitaciones o acciones que actúan sobre él. Estas fuerzas internas son el resultado de la interacción de unas partículas del cuerpo sobre las otras.

1.3.3.2.2 Deformaciones

Pajon, Javier (2015) “la deformación es, en sentido generalizado, el cambio geométrico que experimenta un cuerpo no rígido bajo la acción de las fuerzas externas que a él se aplican” (p.12).

1.3.4 NORMATIVA

El análisis comparativo de elementos estructurales con y sin reforzamiento de fibras de carbono, además del reforzamiento con encamisado dispone de parámetros de diseño de muestras que se va a realizar posteriormente.

Para ello tomaremos en consideraciones las siguientes normas:

Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 (2006): Tipos de cargas. Establecimiento de cargas de diseño de la edificación antes y después del cambio de uso.

Reglamento Nacional de Edificaciones E0.60 (2009): Diseño de elementos estructurales de concreto armado.

American Concrete Institute 440.2R (2008): Diseño de reforzamiento de estructuras con fibras de carbono.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto?
2. ¿Aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto?
3. ¿La aplicación de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El propósito de este proyecto de investigación es estudiar, comparar y determinar la influencia mecánica del reforzamiento de vigas de concreto aplicando fibras de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor. Por ello se analizarán, diseñarán, compararán matemáticamente vigas mediante el sistema tradicional (encamisados de concreto reforzado) y el reforzamiento por medio de fibras de carbono en cuestión de costo y tiempo.

1.5.1 TEÓRICA

Al no encontrar mucha información nacional sobre el uso de reforzamiento de vigas de concreto con fibras de carbono, este proyecto pretende incrementar el conocimiento que se tiene sobre este recurso novedoso como alternativa al sistema tradicional que son los encamisados de concreto.

1.5.2 SOCIAL

Al emplear un sistema de reforzamiento estamos en la necesidad de buscar métodos de reforzamiento confiables, que proporcionen seguridad, pero a la vez que se ejecuten en el menor tiempo posible con el fin de que la estructura este en servicio; por ello es importante tener presente el método de reforzamiento por fibras de carbono como alternativa del método tradicional de reforzamiento por medio de encamisados.

1.5.3 AMBIENTAL

Al emplear un sistema de reforzamiento por medio de encamisados de concreto generamos residuos de demolición al modificar la sección y establecer puntos de anclaje entre la antigua estructura y la nueva estructura, pero al emplear un sistema de reforzamiento con fibras de carbono no modificamos la sección por consecuencia no generamos residuos ya que la fibra de carbono se adhiere a la estructura sin necesidad de demoler y generar zonas de anclaje y adherencia.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto.

Se analizará y comparará la resistencia obtenida entre los dos tipos de fibras mencionadas, las cuales se diseñarán por la normativa ACI440-2R y se aplicara en las vigas V101-201 y VP, las cuales van a ser reforzadas con fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor con 1 y 2 tiras de fibras respectivamente.

1.6.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Determinar si es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto.

Se realizará un análisis comparativo económico entre el “reforzamiento de fibras de carbono” y encamisados de concreto”, donde se involucrarán precios unitarios, metrados de una estructura real, las cuales van a ser presentadas en un presupuesto general y se evidenciara la diferencia entre los tipos de reforzamiento.

2. Determinar cómo al aplicar fibras de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto.

Se realizará un análisis comparativo en donde se proyectará el tiempo de ejecución mediante el “reforzamiento de fibras de carbono” y encamisados de concreto”, donde se realizará diagramas GANTT y mostraran las fechas establecidas de inicio y termino, determinando el tiempo real.

3. Determinar como la aplicación de fibras de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto.

Se realizará un análisis comparativo donde se propondrá el cambio de servicio del primer nivel de la estructura, aumentando las cargas en las que originalmente había sido diseñada la estructura; la estructura se reforzara mediante fibras de carbono con espesores de 1.2mm y 1.4mm y se detallaran los resultados obtenidos.

1.7 HIPÓTESIS

1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL

Sera más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto.

Al realizar el diseño respectivo si es más eficiente el reforzamiento con fibras de carbono con láminas de 1.4mm en comparación a láminas de 1.2mm de espesor, los datos serán mostrados en cuadros comparativos.

1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. Es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto.

Al realizar el análisis comparativo entre “reforzamiento de fibras de carbono” y “encamisados de concreto se decidirá si es favorablemente en el aspecto económico aplicar el reforzamiento de fibras de carbono”

2. Aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto.

Se realizará un análisis en el tiempo de ejecución de la estructura para ser puesta en servicio en donde “el reforzamiento de fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor “reducirá sustancialmente en la ejecución del proyecto.

3. La aplicación de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto.

Se determinará si cumplirá el cambio de servicio aplicando el “reforzamiento de fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm” con 1 y 2 fibras respectivamente.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación según su enfoque corresponde a cuantitativo y por las características del estudio corresponden a la investigación experimental.

Hernández, Roberto, Collado, Carlos y Lucio, Pilar (2003, p.10), “el enfoque cuantitativo la recolección y análisis de datos para contestar las preguntas a investigar y probar las hipótesis establecidas previamente; y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de la estadística”.

2.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto, tiene un tipo de investigación aplicada, que es la utilización de los conocimientos de la investigación básica y aplicarlos a la práctica

El proyecto de investigación se basa en un nivel descriptivo y explicativo cuya finalidad es especificar las propiedades, las características en este caso de la fibra de carbono que va a estar sometido a análisis, por consecuencia determinaremos el aporte que brinda como reforzamiento.

Borja, Manuel (2012, p.13) “en una investigación descriptiva se investigan y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio como viviendas, concreto armado, ensayos o cualquier otro fenómeno que se quiera estudiar.” La investigación descriptiva va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre variables. Buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos.

Hernández, Roberto, Collado, Carlos y Lucio, Pilar (2003, p.46) “este tipo de estudio está dirigido a responder a las causas de los eventos físicos o sociales” Su principal interés es explicar por qué ocurre un fenómeno.

2.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación corresponde a un diseño experimental, donde se manipula la variable independiente para analizar su efecto sobre la variable dependiente.

Bernal, Cesar A (2010, p.117) “la investigación experimental se caracteriza porque el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio”.

Por lo tanto, los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis”.

2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1 VARIABLES

Variable 1 (independiente):

FIBRA DE CARBONO DE 1.2mm Y 1.4 mm DE ESPESOR

MiChelle, E (2013). “Es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada filamento de carbono es la unión de muchos miles de fibras de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero”.

Tantaleán, Luis (2013) “la fibra de carbono, un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero (35 500 kg/cm^2 vs. 4 200 kg/cm^2) y mucho más liviano” (p.46).

Variable 2 (dependiente):

REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO

Alegre, Gianfranco (2017). “El término de reforzamiento estructural nace por consecuencia de un proceso constructivo inadecuado, materiales pobres e inadecuados, daños a partes estructurales, el incremento de cargas por servicio en ambientes omitidos en relación al diseño original de la estructura u otros factores” (p.27).

2.2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.2.2.1 Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM
FIBRA DE CARBON O DE 1.2mm Y 1.4 mm DE ESPESOR	MiChelle, E (2013).” Es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada filamento de carbono es la unión de muchos miles de fibras de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero”.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la flexión	Según ficha técnica del proveedor
			Resistencia a la compresión	Según ficha técnica del proveedor
			Módulo de elasticidad	Según ficha técnica del proveedor
			Deformación	Según ficha técnica del proveedor
		Propiedades físicas	Longitud	Según ficha técnica del proveedor
			Ancho	Según ficha técnica del proveedor
			Espesor	Según ficha técnica del proveedor

Autor: Tesista, Fecha: 21/10/2017, Fuente: Propia.

2.2.2.2 Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM
REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO	Alegre, Gianfranco (2017). “El término de reforzamiento estructural nace por consecuencia de un proceso constructivo inadecuado, materiales pobres e inadecuados, daños a partes estructurales, el incremento de cargas por servicio en ambientes omitidos en relación al diseño original de la estructura u otros factores” (p.27).	Resistencia mecánica	Resistencia a la flexión	Diseño a flexión: RNE E0.60 ACI318 ACI 440-2R
		Comportamiento estructural	Deformaciones	Diagrama momento-curvatura
		Presupuesto por partida	Costo de reforzamiento por partida	Análisis de precios unitarios por partidas
		Tiempo de ejecución	Cronograma de obra	Cronograma de obra por partidas

Fuente: Elaboración propia.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Bernal, Cesar A (2010, p.160). “El conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo”.

La población y muestra de la presente investigación son la misma porque vamos a utilizar un promedio para determinar la resistencia del concreto, además nuestra muestra es no probabilística por las siguientes razones.

Hernández, Roberto (2014, p.176). “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”.

Se realizará el diseño de dos tipos de vigas V101-201(0.25x0.50) y VP(0.25x0.45) las cuales van a estar evaluadas, diseñadas y comparadas en el estado actual sin reforzamiento antes del cambio de uso, después del cambio de uso, con reforzamiento de fibra de carbono con 1.2mm de espesor y 2 con 1.4 mm de espesor para determinar la resistencia a la flexión y demás parámetros mencionados.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1 TÉCNICAS

Borja, Manuel (2012, p.33). “Existen diferentes técnicas para la recolección de información, las mismas que no son excluyentes y muy por el contrario son complementarias.

Las principales técnicas son las siguientes: La observación, la entrevista, la encuesta y las pruebas estandarizadas”.

2.4.2 INSTRUMENTOS

Revisión Documental: Se utilizará la técnica de la revisión documental de diferentes fuentes como: Trabajos, tesis de grado, investigaciones científicas, artículos de investigación, normativa para diseño de prueba con el fin de dar una mayor validez a la investigación.

Además, se realizarán cuadros, diagramas, gráficos estadísticos de la resistencia mecánica de las probetas a estudiar.

2.5 ASPECTOS ÉTICOS

Para este avance del proyecto de tesis se ha tomado de información diversas tesis relacionadas entre las variables las cuales han sido citadas debidamente con su autor respectivo.

III. RESULTADOS

3.1 DISEÑO A FLEXIÓN

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ANÁLISIS:

La estructura consiste en una vivienda unifamiliar de 3 niveles, el cual se muestra en la figura 1.5.



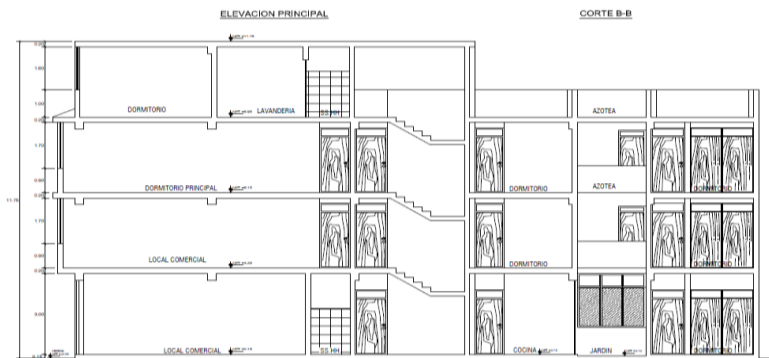
Figura 1.5 Vista de Elevación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

La edificación fue originalmente destinada en el primer nivel a un local comercial y los siguientes niveles como viviendas.

El propietario decidió destinar el segundo nivel a local comercial y área de almacenaje, lo cual representa un cambio de uso estructural.

Estos cambios implican un aumento de carga viva lo cual está representado en nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones como 500kg/m² en Tiendas y área de almacenaje como se muestra en la figura 1.6 y 1.7.



CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS

OCUPACION O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m ²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Tiendas	5,0 (500) Ver 6.4
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

Figura 1.6 Vita en corte del proyecto

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ANÁLISIS:

La edificación presentada se ubica en el Departamento de Callao, distrito de Ventanilla.

La estructura consta de 3 niveles, cuyas alturas son de 2.60m cada una, en los cuales cada nivel cumple una función (Vivienda, Tienda- Área de almacenaje).

Para el caso de análisis tenemos 2 tipos de Vigas las cuales van a ser diseñados con el nuevo cambio de uso por el método de encamisados (aumento de sección del elemento a reforzar), y el reforzamiento por medio de elementos CFRP (Fibras de carbono SIKACARBODUR S512 y SIKACARBODUR M614 en donde el espesor es 1.2mm y 1.4mm respectivamente).

Para realizar el diseño seguiremos los siguientes pasos:

- Primero se determinará el análisis de las vigas antes del cambio de uso, se detallará: Los tipos de cargas, Momentos (M_s , M_u y ϕM_n), acero de refuerzo.
- Luego se determinará el diseño de las vigas después del cambio del uso.
- Posteriormente se analizará mediante el método de reforzamiento CFRP
- Finalmente se detallará los resultados de cada método.

Detalles de las dimensiones de las vigas:

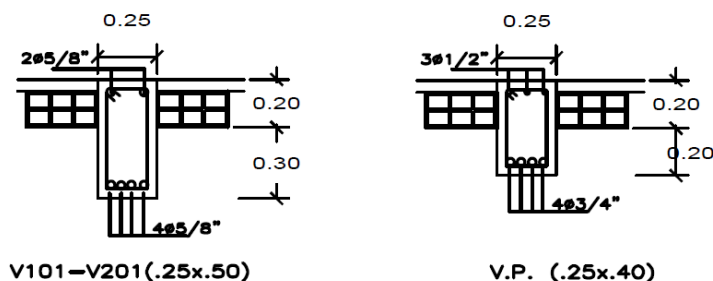


Figura 1.8 Detalle de la sección de la viga.

Fuente: Elaboración propia.

3.1A) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) EN ESTADO ACTUAL

Detalles generales:

RNE E0.20

F'c viga	Uso	Wl	Wd		Fy acero
210 kg/cm ²	Almacenaje	Sobrecarga	Tabiquería	Acabados	4200 kg/cm ²
		200 kg/m ²	150 kg/m ²	100 kg/m ²	

1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS

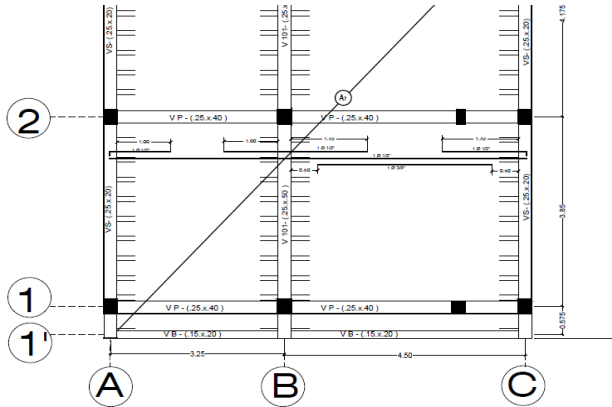
VIGAS VERTICALES

Peralte	L/10	0.5 m	4.175 m	V101	0.5 m
Ancho	P/2	0.25 m			
					0.25 m

CALCULO DEL ANCHO TRIBUTARIO

El ancho tributario dependerá de la dirección de la vigueta en este caso es la suma de los medios de los ejes A-B, B-C.

$$\text{Ancho tributario} = 4.50/2 + 3.25/2 = 3.875\text{m.}$$



CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA

1. Espesor de Losa $L \text{ vigueta} / 25$ **0.18 m**

2. DIMENSIONES DE LOSA NORMA E-0.20.

e	Peso
20cm	300 Kg/m ²

L vigueta	eL
≤ 4	17 cm
4-5.5	20 cm
5-6.5	25 cm
6.5-7.15	30 cm

DIMENSIONES DE VIGA	Longitud	Peralte	Base	AREA TRIBUTARIA
	4.175 m	0.50 m	0.25 m	Ancho xLviga=16.18 m ²

2. ANÁLISIS DE CARGAS EXISTENTES

CARGA MUERTA:

	Norma E0.20	Peso total
Peso de la losa	300 kg/m²	300x16.82 = 4853 Kg
Peso de la viga	2400 kg/m³	2400x4.18x0.50x0.25 = 1253 Kg
Peso de los acabados	100 kg/m²	100x16.18 = 1618 Kg
Tabiquería	150 kg/m²	150x16.18 = 2427 Kg
Σ		10150 Kg

$$W_d = PD/L_{viga} \quad 10150/4.175 = 2431.25 \text{ Kg/m}$$

2.43 Tn/m

CARGA VIVA:

	Norma E0.20	Peso total
Sobrecarga	200 kg/m²	3236 Kg

$$W_l = PL/Long \quad 3236/4.175 = 775.00 \text{ Kg/m}$$

0.78 Tn/m

COMBINACION DE CARGA:

$$W_u = 1.4W_d + 1.7W_l \quad \boxed{1.4 \times 2.43 + 1.7 \times 0.78 = 4.72 \text{ Tn/m}}$$

CARGA POR SERVICIO:

$$W = W_d + W_l \quad \boxed{2.43 + 0.78 = 3.21 \text{ Tn/m}}$$

MOMENTO MAXIMO:

$$\text{Momento max: } WL^2/8 \quad \boxed{4.72 \times 4.175^2/8 = 10.29 \text{ Tn-m}}$$

REACCIONES DE LAS COLUMNAS MAS ESFORZADAS

Hallando reacciones : Carga distribuida * Long. $4.72 \times 4.175 = 19.71 \text{ Tn}$ $R_a = R_b$

$\boxed{19.71/2 = 9.86 \text{ Tn}}$

3. FLECHA MÁXIMA

MODULO DE ELASTICIDAD $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 15000 \sqrt{F'_c} = 2173706.51 \text{ Tn/m}$

5WL²/384EI

0.00224 m

0.224 cm

FLECHA ACEPTABLE MENOR A 1cm

4. ANGULO DE GIRO

$$(3.21 \times 4.175^3) / (24 \times 217306.51 \times 0.25 \times 0.5^3 / 12) = 0.00172 \text{ rad}$$

$$\phi = WL^3 / 24EI$$

MOMENTO RESISTENTE DEL CONCRETO

$$Mcr: \phi k b d (\text{efect})^2 = 0.9 \times 39.03 \times 25 \times 44.25^2 = 1719819.19 \text{ Kg-cm}$$

17.20 Tn-m

SIMPLEMENTE ARMADA

**Alta
sismicidad**

39.03 Tn-m

17.20 ≥ 10.29

$$pb = (0.85 \times \beta_1 \times F'_c / F_y) \times (6000 / (6000 + F_y))$$

$$0.85 \times 0.85 \times 210 / 4200 \times (6000 / (6000 + 4200)) = 0.02125$$

Nota: Si F'_c = 280 kg/cm² o F'_c < 280 kg/cm² β₁ = 0.85, si 280 kg/cm² < F'_c disminuir 0.05 cada 70

β₁ = 0.85

Alta sismicidad k = 0.5 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

39.03 kg/cm²

Baja sismicidad k = 0.75 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

54.35 kg/cm²

5. CALCULO DEL AREA DEL ACERO

Detalles generales

F' _c	F _y	b	peralte	p. efectivo	CAPAS
210 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	25 cm	50 cm	44.25 cm	1

#5 (ø5/8)	Momento, As (+)	Momento, As (-)
1.59 cm	10.29 Tn-m	0.00 tn-m

ø varila estribo		
#3 (3/8)	0.95 cm	0.71 cm ²

1@5cm, 2@10cm, 3@15cm, R@20cm

SEPARACIÓN MÍNIMA

Columnas 2.54 cm
Vigas 3.81 cm

VIGAS

ø Longitud	ø Estribos
≤ 3/4"	3/8"
≥ 3/4"	1/2"

COLUMNAS

ø Longitud	ø Estribos
≤ 5/4"	3/8"
≥ 5/4"	1/2"

TANTEOS PARA EL CALCULO DEL ACERO

$$a(\text{asumido}) = 8.85 \text{ cm} = d(\text{efecto})/5$$

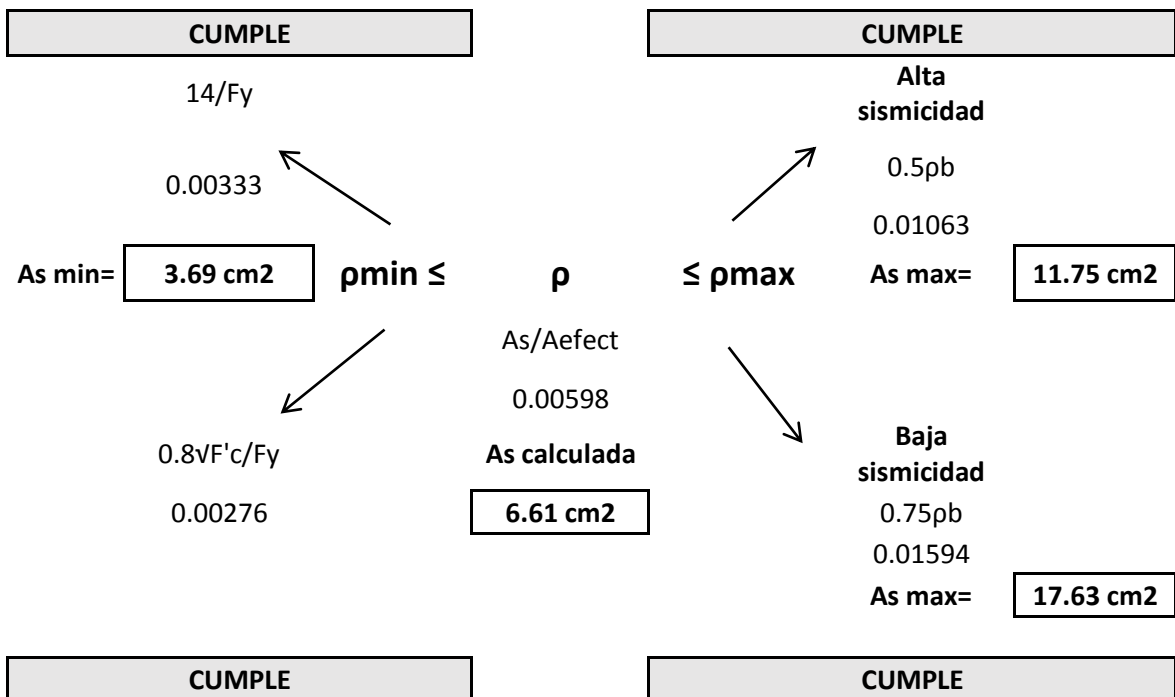
$$As = (\mu \cdot 10000) / (\phi \cdot F_y \cdot d(\text{efecto}) \cdot a/2) \quad a = (As \cdot F_y) / (0.85 \cdot F_c \cdot b)$$

	As (+)	"a" para As (+)	As (-)	"a" para As (-)
1° TANTEO	6.83 cm ²	6.43 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
2° TANTEO	6.63 cm ²	6.24 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
3° TANTEO	6.62 cm ²	6.23 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
4° TANTEO	6.61 cm ²	6.23 cm	0.00 cm ²	0.00 cm

As (+)
6.61 cm²

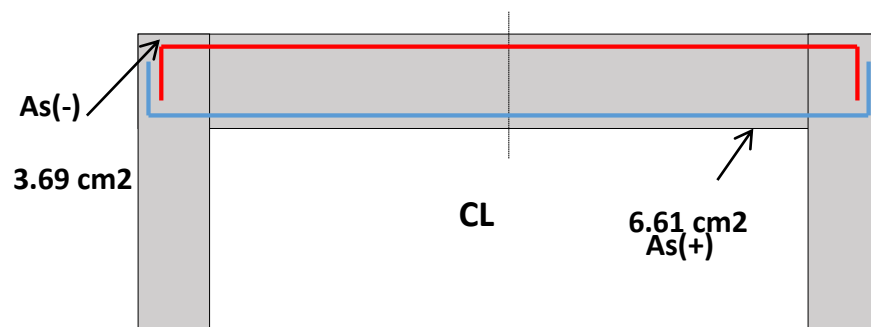
As (-)
0.00 cm²

CUANTIAS Y AREA DE ACERO PERMISIBLES



As LONGITU.	VARILLA	Ø EN "cm"	As	N° DE VARI.	ANCHO DE LA VIGA
As(+)	#5 (Ø5/8)	1.59 cm	1.98 cm ²	4	25 cm
As(-)	#5 (Ø5/8)	1.59 cm	1.98 cm ²	2	25 cm

DETALLE DEL ACERO DE LA VIGA MAS ESFORZADA



3.1B) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA.

Detalles generales:

RNE E0.20

F'c viga	Uso	WI	Wd		Fy acero
210 kg/cm ²	Almacenaje	Sobrecarga	Tabiquería	Acabados	4200 kg/cm ²
		500 kg/m ²	150 kg/m ²	100 kg/m ²	

1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS

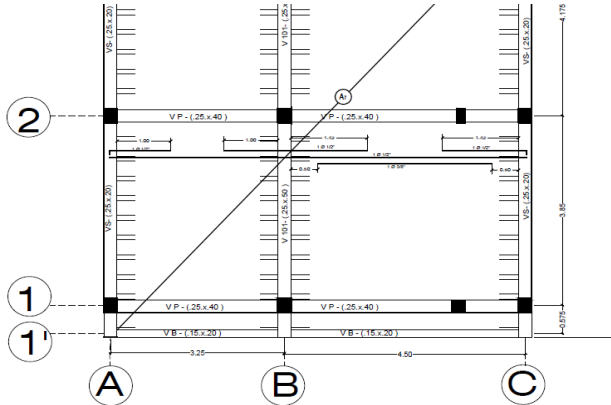
VIGAS VERTICALES

Peralte	L/10	0.5 m	4.175 m	V101	0.5 m
Ancho	P/2	0.25 m			0.25 m

CALCULO DEL ANCHO TRIBUTARIO

El ancho tributario dependerá de la dirección de la vigueta en este caso es la suma de los medios de los ejes A-B, B-C.

Ancho tributario = $4.50/2 + 3.25/2 = 3.875\text{m}$.



CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA

1. Espesor de Losa $L \text{ vigueta}/25$ **0.18 m**

2. DIMENSIONES DE LOSA NORMA E-0.20.

e	Peso
20cm	300 Kg/m ²

L vigueta	eL
≤ 4	17 cm
4-5.5	20 cm
5-6.5	25 cm
6.5-7.15	30 cm

DIMENSIONES DE VIGA	Longitud	Peralte	Base	AREA TRIBUTARIA
	4.175 m	0.50 m	0.25 m	Ancho xLviga=16.18 m ²

2. ANÁLISIS DE CARGAS EXISTENTES

CARGA MUERTA:

	Norma E0.20	Peso total
Peso de la losa	300 kg/m²	300x16.82 = 4853 Kg
Peso de la viga	2400 kg/m³	2400x4.18x0.50x0.25 = 1253 Kg
Peso de los acabados	100 kg/m²	100x16.18 = 1618 Kg
Tabiquería	150 kg/m²	150x16.18 = 2427 Kg
Σ		10150 Kg

$$W_d = PD/Lviga \quad 10150/4.175 = 2431.25 \text{ Kg/m}$$

2.43 Tn/m

CARGA VIVA:

	Norma E0.20	Peso total
Sobrecarga	500 kg/m²	8089 Kg

$$W_l = PL/Long \quad 8089/4.175 = 775.00 \text{ Kg/m}$$

1.94 Tn/m

COMBINACION DE CARGA:

$$W_u = 1.4W_d + 1.7W_l \quad \boxed{1.4 \times 2.43 + 1.7 \times 1.94 = 6.7 \text{ Tn/m}}$$

CARGA POR SERVICIO:

$$W = W_d + W_l \quad \boxed{2.43 + 1.94 = 4.37 \text{ Tn/m}}$$

MOMENTO MAXIMO:

$$\text{Momento max: } WL^2/8 \quad \boxed{6.7 \times 4.175^2/8 = 14.59 \text{ Tn-m}}$$

REACCIONES DE LAS COLUMNAS MAS ESFORZADAS

Hallando reacciones : Carga distribuida*Long.	6.7x4.175 = 27.96 Tn	Ra=Rb
		27.96/2 = 13.98 Tn

3. FLECHA MÁXIMA

MODULO DE ELASTICIDAD $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 15000VF' = 2173706.51 \text{ Tn/m}$

$5WL^2/384EI$

0.00305 m

0.305 cm

FLECHA ACEPTABLE MENOR A 1cm

4. ANGULO DE GIRO

$$(3.21 \times 4.175^3) / (24 \times 2173706.51 \times 0.25 \times 0.5^3 / 12) = 0.00172 \text{ rad}$$

$$\phi = WL^3 / 24EI$$

MOMENTO RESISTENTE DEL CONCRETO

$$Mcr: \phi kbd(efect)^2 \quad 0.9 \times 39.03 \times 25 \times 44.25^2 = 1719819.19 \text{ Kg-cm}$$

17.20 Tn-m

SIMPLEMENTE ARMADA

Alta
sismicidad

39.03 Tn-m

$17.20 \geq 14.59$

$$pb = (0.85 * \beta_1 * F'c / Fy) * (6000 / (6000 + Fy)) \quad 0.85 * 0.85 * 210 / 4200 * (6000 / (6000 + 4200)) = 0.02125$$

Nota: Si $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ o $F'c < 280 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_1 = 0.85$, si $280 \text{ kg/cm}^2 < F'c$ disminuir 0.05 cada 70

$\beta_1 = 0.85$

$$k = \rho Fy (1 - 0.59 \frac{\rho Fy}{f'c})$$

Alta sismicidad $k = 0.5 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)$

39.03 kg/cm²

Baja sismicidad $k = 0.75 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)$

54.35 kg/cm²

5. CALCULO DEL AREA DEL ACERO

Detalles generales

F'c	Fy	b	peralte	p. efectivo	CAPAS
210 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	25 cm	50 cm	44.25 cm	1

#5 ($\phi 5/8$)	Momento, As (+)	Momento, As (-)
1.59 cm	10.29 Tn-m	0.00 tn-m

ϕ varila estribo		
#3 (3/8)	0.95 cm	0.71 cm ²

1@5cm, 2@10cm, 3@15cm, R@20cm

SEPARACIÓN MÍNIMA

Columnas 2.54 cm
Vigas 3.81 cm

VIGAS

ϕ Longitud	ϕ Estribos
$\leq 3/4$ "	3/8"
$\geq 3/4$ "	1/2"

COLUMNAS

ϕ Longitud	ϕ Estribos
$\leq 5/4$ "	3/8"
$\geq 5/4$ "	1/2"

TANTEOS PARA EL CALCULO DEL ACERO

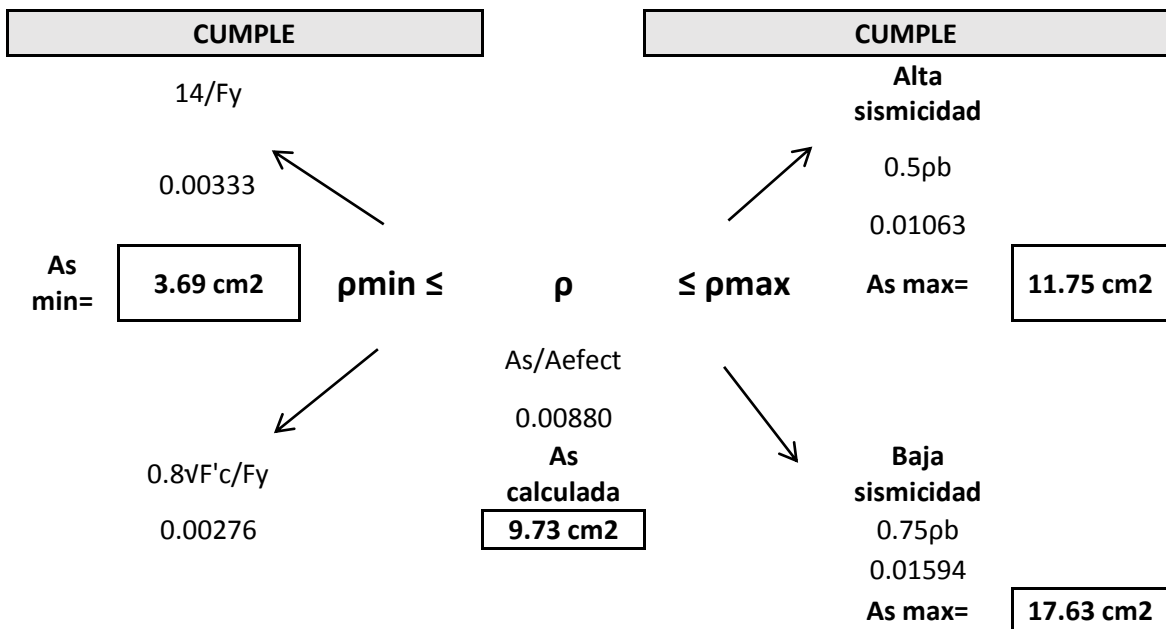
$a(\text{asumido}) = 8.85 \text{ cm} = d(\text{efecto})/5$
 $As = (Mu * 10000) / (\phi * Fy * d(\text{efecto}) * a/2)$ $a = (As * Fy) / (0.85 * Fc * b)$

	As (+)	"a" para As (+)	As (-)	"a" para As (-)
1° TANTEO	9.69 cm ²	9.12 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
2° TANTEO	9.73 cm ²	9.15 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
3° TANTEO	9.73 cm ²	9.16 cm	0.00 cm ²	0.00 cm
4° TANTEO	9.73 cm ²	9.16 cm	0.00 cm ²	0.00 cm

As (+)
9.73 cm²

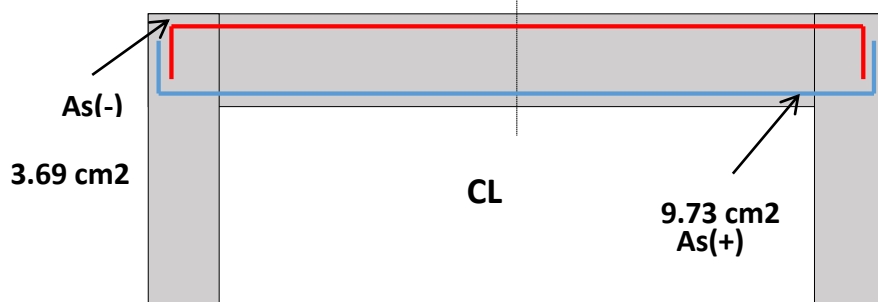
As (-)
0.00 cm²

CUNTIAS Y AREA DE ACERO PERMISIBLES



As LONGITU.	VARILLA	Ø EN "cm"	As	Nº DE VARI.	ANCHO DE LA VIGA
As(+)	#5 (Ø5/8)	1.59 cm	1.98 cm ²	5	25 cm
As(-)	#5 (Ø5/8)	1.59 cm	1.98 cm ²	2	25 cm

DETALLE DEL ACERO DE LA VIGA MAS ESFORZADA



3.2. DISEÑO A FLEXIÓN CON REFORZAMIENTO DE FIBRA DE CARBONO

3.2A) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm CON 1 TIRAS, ACI 440-2R (2008).

El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DISEÑO DE REFORZAMIENTO CFRP

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l)	4.18 m
Ancho de la viga (w)	250 mm
Peralte (h)	500 mm
Peralte efectivo (d)	443 mm

DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c)	210 kg/cm ²	20.59 N/mm ²
Peso específico del concreto (Yc)	2400 kg/m ³	

DETALLES DEL ACERO

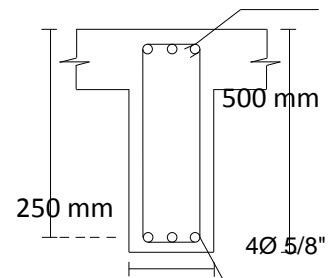
Acero de refuerzo superior
Acero de refuerzo inferior

Acero	N°barras	Diameto (mm)	Area (mm ²)
#5 (ø5/8)	2	15.88 mm	197.93 mm ²
#5 (ø5/8)	4	15.88 mm	197.93 mm ²
			Σ= 1187.60 mm ²

Módulo de elasticidad (Es)	2000000.00 Kg/cm ²	196134.00 N/mm ²
Módulo de fluencia (Fy)	4200.00 Kg/cm ²	411.88 N/mm ²

DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

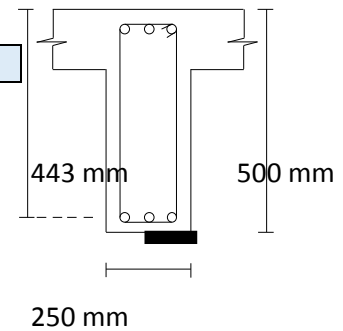
DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA 2Ø 1/2"



		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogéneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	16.18 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.43E+03 kg/m	Σ= 23.84 N/mm
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=Wl+Wd)	SERVICIO			4.28E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7Wl)	ULTIMA			6.57E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (Wl x L ² /8)				4.14E+07 kg/m	41.40 KN-m
Momento Wd (Wd x L ² /8)				5.19E+07 kg/m	51.95 KN-m
Combinación de carga (Ws x L²/8)	SERVICIO			9.33E+07 kg/m	93.35 KN-m
Factor de carga (Wu x L²/8)	ULTIMA			1.43E+08 kg/m	143.11 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR S1012
Módulo de elasticidad (Ef)	165000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2800 N/mm ²
Resistencia a la rotura	3050 N/mm ²
Elongación a la rotura (εfu*)	0.017
Espesor de la lámina (Tf)	1.2 mm
Ancho de la lámina (wf)	100 mm
Numero de láminas (n)	1



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

$ffu = CE * Ffu^*$ 2660.00 N/mm²

$\epsilon fu = CE * \epsilon fu^*$ 0.0162 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9$ 0.9008
Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 4700 \sqrt{F'c}$ 21328.92 N/mm²

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

Cuantía del acero $\rho_s = A_s / (b * d)$ 0.01074
Relación modular $n_s = E_s / E_c$ 9.19568
 $\rho_s * n_s$ 0.09872

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

Area del reforzamiento $A_f = n * t_f * w_f$ 120.00 mm²
Cuantía del refuerzo CFRP $\rho_f = A_f / b d$ 0.0011
Relación modular $n_f = E_f / E_c$ 7.7360
 $\rho_f * n_f$ 0.0084

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{(\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s} - \rho_s * n_s \quad 0.35645$$

Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (kd)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - kd)^2$	1212617402.78 mm ⁴
--------------------------------	--	-------------------------------

Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - kd) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00057
-------------------------------	--	---------

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu}$	0.00418	≤ 0.0145	Ok
---	---------	---------------	-----------

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$
88.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$\epsilon_{fe} = 0.003 \cdot ((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$	0.01338	≤ 0.00418	$\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
	$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} =$	0.00418	

Deformación unitaria del concreto	$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C))$	0.00102
-----------------------------------	--	---------

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C))$	0.00409
--	---------

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	
	802.03 N/mm ²	≤ 411.88 N/mm ²
	Por lo tanto	$f_s = 411.88$ N/mm ²

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	689.93 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a F'_c	$\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'_c / E_c$	0.0016
---	--------------------------------------	--------

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro	$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$	0.71033
---	--	---------

Factor de multiplicación de F'_c para determinar los esfuerzos.	$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$	0.69476
---	--	---------

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'_c \cdot \beta_1 \cdot b)$$

Como $C = 225.10 \text{ mm} \neq 88.50 \text{ mm}$ 225.10 mm se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume.

$$C = 0.34325d \quad 151.89 \text{ mm}$$

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$

$$0.00630 \leq 0.00418 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00418$$

$$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C/(h-C))$$

$$0.00207$$

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d-C)/(h-C))$

$$0.00397$$

PASO 8. $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$

$$778.30500$$

$$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$$

$$689.93 \text{ N/mm}^2$$

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F_c' / E_c$

$$0.0016$$

$$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$$

$$0.78794$$

$$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$$

$$0.92816$$

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F_c' \cdot \beta_1 \cdot b)$$

$$151.89 \text{ mm}$$

Como $C = 151.89 \text{ mm} = 151.89 \text{ mm}$

$$151.89 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión

$$M_{ns} = A_s \cdot f_s \cdot (d - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$187176993.22 \text{ N-mm}$$

Contribución del FRP a la flexión

$$M_{nf} = A_f \cdot f_{fe} \cdot (h - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$36441556.38 \text{ N-mm}$$

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi \cdot (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

$$196337084.53 \text{ N-mm}$$

$$\geq$$

$$M_u = 143106244.50 \text{ N-mm}$$

Conversión a tn-m

$$20.02 \text{ tn-m}$$

$$\geq$$

$$14.59 \text{ tn-m}$$

OK

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$$K = \sqrt{((\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c)^2 + 2 \cdot (\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c) \cdot (h/d)) - (\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c)}$$

$$0.34751$$

es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$k_d = 153.77 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} \cdot A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3)) \cdot (d - k_d) \cdot E_s) / (A_s \cdot E_s \cdot (d - k_d / 3) + A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3) \cdot (d - k_d))$$

189.67
N/mm²

$f_{s,s} \leq 0.8F_y$
189.67 N/mm² ≤ 329.51 N/mm² **Ok**

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$f_{fs} = f_{s,s} * (E_f/E_s) * ((h-k_d)/(d-k_d)) - \epsilon_{bi} * E_f$ 96.96 N/mm²

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$f_{f,s} \leq 0.55f_{fu}$
96.96 N/mm² ≤ 1463.0 N/mm² **Ok**

3.2B) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm CON 2 TIRAS, ACI 440-2R (2008).

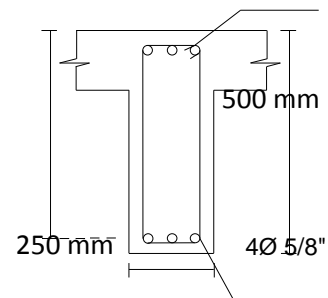
El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DISEÑO DE REFORZAMIENTO CFRP

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l) 4.18 m
Ancho de la viga (w) 250 mm
Peralte (h) 500 mm
Peralte efectivo (d) 443 mm 443 mm

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA 2Ø 1/2"



DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c) 210 kg/cm² 20.59 N/mm²
Peso específico del concreto (Yc) 2400 kg/m³

DETALLES DEL ACERO

Acero	N°barras	Diameto (mm)	Area (mm ²)
Acero de refuerzo superior	#5 (Ø5/8)	15.88 mm	197.93 mm ²
Acero de refuerzo inferior	#5 (Ø5/8)	15.88 mm	197.93 mm ²
			Σ= 1187.60 mm ²
Módulo de elasticidad (Es)	2000000.00 Kg/cm ²	196134.00 N/mm ²	
Módulo de fluencia (Fy)	4200.00 Kg/cm ²	411.88 N/mm ²	

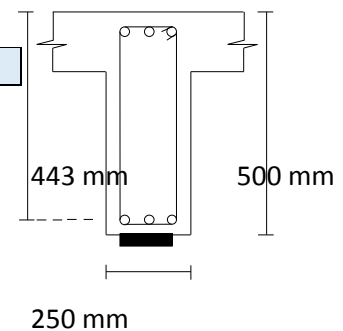
DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

	CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogeneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje 500 kg/m ²	16.18 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)			2.43E+03 kg/m	Σ= 23.84 N/mm
	RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm 300 kg/m ²	1E+03 kg/m		

Peso de viga		3E+02 kg/m		
Peso de acabados	100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería	150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=WI+Wd)	SERVICIO		4.28E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7WI)	ULTIMA		6.57E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento WI (WlxL ² /8)			4.14E+07 kg/m	41.40 KN-m
Momento Wd (WdxL ² /8)			5.19E+07 kg/m	51.95 KN-m
Combinación de carga (Wsxl²/8)	SERVICIO		9.33E+07 kg/m	93.35 KN-m
Factor de carga (WuxL²/8)	ULTIMA		1.43E+08 kg/m	143.11 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR S1012
Módulo de elasticidad (Ef)	165000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2800 N/mm ²
Resistencia a la rotura	3050 N/mm ²
Elongación a la rotura (Efu*)	0.017
Espesor de la lámina (Tf)	1.2 mm
Ancho de la lámina (wf)	100 mm
Numero de láminas (n)	2



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

ffu = CE*Ffu* 2660.00 N/mm²
Efu = CE*Efu 0.0162 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9$ 0.9008
Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 4700 \sqrt{F'c}$ 21328.92 N/mm²

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

Cuantía del acero $\rho_s = A_s / (b * d)$ 0.01074
Relación modular $n = E_s / E_c$ 9.19568
 $\rho_s * n$ 0.09872

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

Area del reforzamiento	$A_f = n \cdot t_f \cdot w_f$	240.00 mm ²
Cuantía del refuerzo CFRP	$\rho_f = A_f / b d$	0.0022
Relación modular	$n_f = E_f / E_c$	7.7360
	$\rho_f \cdot n_f$	0.0168

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

	$k = \sqrt{((\rho_s \cdot n_s)^2 + 2\rho_s \cdot n_s) - \rho_s \cdot n_s}$	0.35645
Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (k d)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - k d)^2$	1212617402.78 mm ⁴
Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - k d) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00057

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu} \quad 0.00296 \quad \leq 0.0145 \quad \text{Ok}$$

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$
88.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$\epsilon_{fe} = 0.003((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$	0.01338	≤ 0.00296	$\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
	$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} =$	0.00296	
Deformación unitaria del concreto	$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C / (h - C))$	0.00076	

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d - C) / (h - C)) \quad 0.00304$$

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	595.38 N/mm ²	
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	487.86 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a $F'c$ $\epsilon_c' = 1.7 * F'c / E_c$
0.0016

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$
0.69703

Factor de multiplicación de $F'c$ para determinar los esfuerzos. $\alpha_1 = (3\epsilon_c' * \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 * \epsilon_c'^2)$
0.56108

$$C = (A_s * f_s + A_f * f_{fe}) / (\alpha_1 * F'c * \beta_1 * b)$$

Como $C = 301.08 \text{ mm} \neq 88.50 \text{ mm}$ se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume. $C = 0.38217d$ 169.11 mm

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$ 0.00530 ≤ 0.00296 $\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
 $\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00296$

$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C / (h - C))$ 0.00180

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d - C) / (h - C))$ 0.00292

PASO 8. $f_s = E_s * \epsilon_s \leq F_y$ 571.82514 $\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$f_{fe} = E_f * \epsilon_{fe}$ 487.89 N/mm^2

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 * F'c / E_c$ 0.0016 $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$ 0.76298
 $\alpha_1 = (3\epsilon_c' * \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 * \epsilon_c'^2)$ 0.91263
 $C = (A_s * f_s + A_f * f_{fe}) / (\alpha_1 * F'c * \beta_1 * b)$ 169.10 mm

Como $C = 169.10 \text{ mm} = 169.11 \text{ mm}$ **OK**

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión $M_{ns} = A_s * f_s * (d - (B_1 * c) / 2)$ 184892886.05 N-mm

Contribución del FRP a la flexión $M_{nf} = A_f * f_{fe} * (h - (B_1 * c) / 2)$ 50989406.56 N-mm

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\psi_f = 0,85$ (ACI 440-2R), es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi * (M_{ns} + \psi_f M_{nf})$$

	205410493.46 N-mm	≥	Mu = 143106244.50 N-mm
Conversión a tn-m	20.95 tn-m	≥	14.59 tn-m Ok

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$$K = \sqrt{((\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c)^2 + 2 * (\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c * (h/d)) - (\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c))} \quad 0.36497$$

es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$kd = 161.50 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} * A_f * E_f * (h - kd/3)) * (d - kd) * E_s) / (A_s * E_s * (d - kd/3) + A_f * E_f * (h - kd/3) * (d - kd))$$

$$181.47 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{s,s} \leq 0.8 F_y$$

$$181.47 \text{ N/mm}^2 \leq 329.51 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ok}$$

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$$f_{f,s} = f_{s,s} * (E_f/E_s) * ((h - kd)/(d - kd)) - \epsilon_{bi} * E_f \quad 89.52 \text{ N/mm}^2$$

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$$f_{f,s} \leq 0.55 f_{fu}$$

$$89.52 \text{ N/mm}^2 \leq 1463.0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ok}$$

3.1C) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm CON 1 TIRAS, ACI 440-2R (2008).

El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l)	4.18 m
Ancho de la viga (w)	250 mm
Peralte (h)	500 mm
Peralte efectivo (d)	443 mm

DETALLES DEL CONCRETO

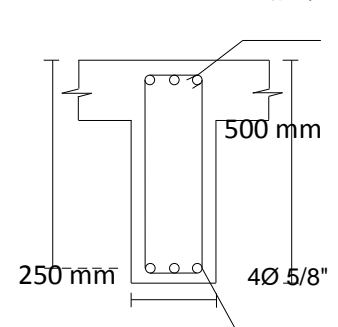
Resistencia del concreto (F'c)	210 kg/cm ²	20.59 N/mm ²
Peso específico del concreto (Yc)	2400 kg/m ³	

DETALLES DEL ACERO

Acero de refuerzo superior
Acero de refuerzo inferior

Acero	N°barras	Diameto (mm)	Area (mm ²)
#5 (ø5/8)	2	15.88 mm	197.93 mm ²
#5 (ø5/8)	4	15.88 mm	197.93 mm ²

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA



Módulo de elasticidad (Es) 2000000.00 Kg/cm²
 Módulo de fluencia (Fy) 4200.00 Kg/cm²

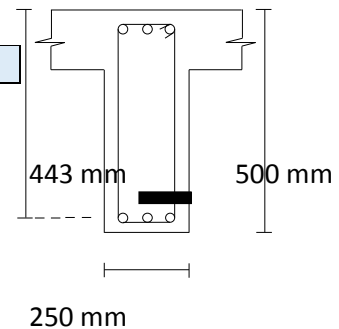
$\Sigma = 1187.60 \text{ mm}^2$
 196134.00 N/mm²
 411.88 N/mm²

DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	16.18 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.43E+03 kg/m	$\Sigma = 23.84 \text{ N/mm}$
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=WI+Wd)	SERVICIO			4.28E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7WI)	ULTIMA			6.57E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (Wl x L ² /8)				4.14E+07 kg/m	41.40 KN-m
Momento Wd (Wd x L ² /8)				5.19E+07 kg/m	51.95 KN-m
Combinación de carga (Ws x L²/8)	SERVICIO			9.33E+07 kg/m	93.35 KN-m
Factor de carga (Wux x L²/8)	ULTIMA			1.43E+08 kg/m	143.11 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar **SIKA CARBODUR M914**
 Módulo de elasticidad (Ef) 210000 N/mm²
 Resistencia a la tracción (ffu*) 2400 N/mm²
 Resistencia a la rotura 2900 N/mm²
 Elongación a la rotura (Efu*) 0.012
 Espesor de la lámina (Tf) 1.4 mm
 Ancho de la lámina (wf) 90 mm
 Numero de láminas (n) 1



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

ffu = CE * Ffu* 2280.00 N/mm²

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C _E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

$$\epsilon_{fu} = CE * \epsilon_{fu} \quad 0.0114 \text{ mm/mm}$$

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'_c / 6.9 \quad 0.9008$$

$$\text{Módulo de elasticidad del concreto } E_c = 4700 \sqrt{F'_c} \quad 21328.92 \text{ N/mm}^2$$

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

$$\text{Cuantía del acero } \rho_s = A_s / (b * d) \quad 0.01074$$

$$\text{Relación modular } n_s = E_s / E_c \quad 9.19568$$

$$\rho_s * n_s \quad 0.09872$$

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

$$\text{Área del reforzamiento } A_f = n * t_f * w_f \quad 126.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía del refuerzo CFRP } \rho_f = A_f / b d \quad 0.0011$$

$$\text{Relación modular } n_f = E_f / E_c \quad 9.8458$$

$$\rho_f * n_f \quad 0.0112$$

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{((\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s) - \rho_s * n_s} \quad 0.35645$$

$$\text{Inercia de la sección fisurada } I_{cr} = \frac{(b * (kd)^3)}{3} + n_s * A_s (d - kd)^2 \quad 1212617402.78 \text{ mm}^4$$

$$\text{Deformación inicial existente } \epsilon_{bi} = M_{wd} * (h - kd) / (I_{cr} * E_c) \quad 0.00057$$

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n * E_f * t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu} \quad 0.00343 \quad \leq 0.0103 \quad \text{Ok}$$

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para C= 0.20d
determinar el equilibrio 88.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$$\epsilon_{fe} = 0.003((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad 0.01338 \quad \leq 0.00343 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00343$$

$$\text{Deformación unitaria del concreto } \epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) * (C / (h - C)) \quad 0.00086$$

7. CALCULAR LA TENSION EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{d-C}{h-C} \right) \quad 0.00344$$

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	
	675.49 N/mm ²	$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	720.61 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a $F'c$	$\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'c / E_c$	
	0.0016	

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro	$\beta_1 = \frac{4\epsilon_c' - \epsilon_c}{6\epsilon_c' - 2\epsilon_c}$	0.70198
---	--	---------

Factor de multiplicación de $F'c$ para determinar los esfuerzos.	$\alpha_1 = \frac{3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2}{3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2}$	0.61658
--	--	---------

	$C = \frac{A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}}{\alpha_1 \cdot F'c \cdot \beta_1 \cdot b}$	260.25 mm
Como $C = 260.25 \text{ mm} \neq 88.50 \text{ mm}$		se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume.	$C = 0.36006d$	159.33 mm
--	----------------	-----------

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003 \left(\frac{h-C}{C} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$	0.00584	≤ 0.00343	$\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
		$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} =$	0.00343

$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{C}{h-C} \right)$	0.00187
---	---------

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{d-C}{h-C} \right)$	0.00333
--	---------

PASO 8. $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	652.68203	$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	720.61 N/mm ²
------------------------------------	--------------------------

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'c / E_c$	0.0016	$\beta_1 = \frac{4\epsilon_c' - \epsilon_c}{6\epsilon_c' - 2\epsilon_c}$	0.76891
$\alpha_1 = \frac{3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2}{3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2}$		0.91943	
$C = \frac{A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}}{\alpha_1 \cdot F'c \cdot \beta_1 \cdot b}$		159.33 mm	

Como $C = 159.33 \text{ mm} = 159.33 \text{ mm}$ **OK**

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión $Mns = As * fs * (d - (B1 * c) / 2)$ 186484365.15 N-mm

Contribución del FRP a la flexión $Mnf = Af * ffe * (h - (B1 * c) / 2)$ 39836495.23 N-mm

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi * (Mns + \Psi_f Mnf)$$

198310847.48 N-mm \geq $M_u = 143106244.50 \text{ N-mm}$
 Conversión a tn-m 20.22 tn-m \geq 14.59 tn-m **Ok**

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$K = \sqrt{(\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c)^2 + 2 * (\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c * (h / d)) - (\rho_s + E_s / E_c + \rho_f + E_f / E_c)}$ 0.35346
 es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$kd = 156.41 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} * A_f * E_f * (h - kd / 3)) * (d - kd) * E_s) / (A_s * E_s * (d - kd / 3) + A_f * E_f * (h - kd / 3) * (d - kd))$$

186.75 N/mm²

$f_{s,s} \leq 0.8 F_y$
 186.75 N/mm² \leq 329.51 N/mm² **Ok**

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$$f_{f,s} = f_{s,s} * (E_f / E_s) * ((h - kd) / (d - kd)) - \epsilon_{bi} * E_f$$

120.02 N/mm²

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$f_{f,s} \leq 0.55 f_{fu}$
 120.02 N/mm² \leq 1254.0 N/mm² **Ok**

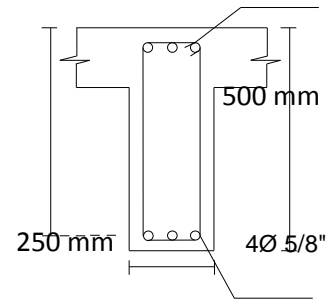
3.1D) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.50) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm CON 2 TIRAS, ACI 440-2R (2008).

El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l)	4.18 m
Ancho de la viga (w)	250 mm
Peralte (h)	500 mm
Peralte efectivo (d)	443 mm

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA 2Ø 1/2"



DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c)	210 kg/cm ²	20.59 N/mm ²
Peso específico del concreto (Yc)	2400 kg/m ³	

DETALLES DEL ACERO

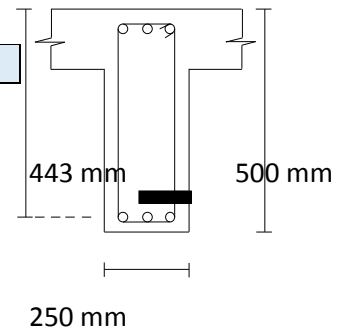
Acero	Nºbarras	Diameto (mm)	Area (mm ²)
Acero de refuerzo superior	#5 (Ø5/8)	15.88 mm	197.93 mm ²
Acero de refuerzo inferior	#5 (Ø5/8)	15.88 mm	197.93 mm ²
			Σ= 1187.60 mm ²
Módulo de elasticidad (Es)	2000000.00 Kg/cm ²	196134.00 N/mm ²	
Módulo de fluencia (Fy)	4200.00 Kg/cm ²	411.88 N/mm ²	

DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	16.18 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.43E+03 kg/m	Σ= 23.84 N/mm
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=Wl+Wd)	SERVICIO			4.28E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7Wl)	ULTIMA			6.57E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (Wl x L ² /8)				4.14E+07 kg/m	41.40 KN-m
Momento Wd (Wd x L ² /8)				5.19E+07 kg/m	51.95 KN-m
Combinación de carga (Ws x L²/8)	SERVICIO			9.33E+07 kg/m	93.35 KN-m
Factor de carga (WuxL²/8)	ULTIMA			1.43E+08 kg/m	143.11 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR M914
Módulo de elasticidad (Ef)	210000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2400 N/mm ²
Resistencia a la rotura	2900 N/mm ²
Elongación a la rotura (εfu*)	0.012
Espesor de la lámina (Tf)	1.4 mm
Ancho de la lámina (wf)	90 mm
Numero de láminas (n)	2



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

$ffu = CE * Ffu^*$ 2280.00 N/mm²

$\epsilon_{fu} = CE * \epsilon_{fu}^*$ 0.0114 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9 \quad 0.9008$$

Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 4700 \sqrt{F'c}$ 21328.92 N/mm²

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

Cuantía del acero $\rho_s = A_s / (b * d)$ 0.01074

Relación modular $n_s = E_s / E_c$ 9.19568

$\rho_s * n_s$ 0.09872

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

Área del reforzamiento $A_f = n * t_f * w_f$ 252.00 mm²

Cuantía del refuerzo CFRP $\rho_f = A_f / b d$ 0.0023

Relación modular $n_f = E_f / E_c$ 9.8458

$\rho_f * n_f$ 0.0224

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{((\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s) - \rho_s * n_s} \quad 0.35645$$

Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (kd)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - kd)^2$	1212617402.78 mm ⁴
--------------------------------	--	-------------------------------

Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - kd) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00057
-------------------------------	--	---------

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu}$	0.00243	≤ 0.0103	Ok
---	---------	---------------	-----------

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$
88.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$\epsilon_{fe} = 0.003 \cdot ((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$	0.01338	≤ 0.00243	$\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
	$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} =$	0.00243	

Deformación unitaria del concreto	$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C))$	0.00064
-----------------------------------	--	---------

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C))$	0.00258
--	---------

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	505.91 N/mm ²	
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	509.55 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a F'c	$\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'_c / E_c$	0.0016
--	--------------------------------------	--------

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro	$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$	0.69178
---	--	---------

Factor de multiplicación de F'c para determinar los esfuerzos.	$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$	0.49353
--	--	---------

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'_c \cdot \beta_1 \cdot b)$$

Como $C = 351.33 \text{ mm} \neq 88.50 \text{ mm}$ 351.33 mm se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume.

$$C = 0.4036d \quad 178.59 \text{ mm}$$

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$

$$0.00483 \leq 0.00243 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00243$$

$$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C/(h-C))$$

$$0.00167$$

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d-C)/(h-C))$

$$0.00246$$

PASO 8. $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$

$$482.87776$$

$$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$$

$$509.55 \text{ N/mm}^2$$

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F_c' / E_c$

$$0.0016$$

$$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$$

$$0.75189$$

$$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$$

$$0.89321$$

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F_c' \cdot \beta_1 \cdot b)$$

$$178.60 \text{ mm}$$

Como $C = 178.60 \text{ mm} = 178.59 \text{ mm}$

OK

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión

$$M_{ns} = A_s \cdot f_s \cdot (d - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$183604728.38 \text{ N-mm}$$

Contribución del FRP a la flexión

$$M_{nf} = A_f \cdot f_{fe} \cdot (h - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$55581379.27 \text{ N-mm}$$

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi \cdot (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

$$207764010.69 \text{ N-mm}$$

$$\geq$$

$$M_u = 143106244.50 \text{ N-mm}$$

Conversión a tn-m

$$21.19 \text{ tn-m}$$

$$\geq$$

$$14.59 \text{ tn-m}$$

OK

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$$K = \sqrt{((\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)^2 + 2 \cdot (\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c) \cdot (h/d)) - (\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)}$$

$$0.37367$$

es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$k_d = 166.54 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} \cdot A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3)) \cdot (d - k_d) \cdot E_s) / (A_s \cdot E_s \cdot (d - k_d / 3) + A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3) \cdot (d - k_d))$$

176.68N/mm²

$$f_{s,s} \leq 0.8F_y$$

176.68 N/mm² ≤ 329.51 N/mm² **Ok**

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$$f_{fs} = f_{s,s} * (E_f/E_s) * ((h-k_d)/(d-k_d)) - \epsilon_{bi} * E_f = 108.47 \text{ N/mm}^2$$

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$$f_{f,s} \leq 0.55f_{fu}$$

108.47 N/mm² ≤ 1254.0 N/mm² **Ok**

En el siguiente cuadro podemos evidenciar el resumen del análisis de la viga VP101-201 (25X50) por los métodos de diseño mencionados, en el cual la resistencia ($\emptyset M_n$) aumenta considerablemente solo con añadir 1 y 2 tiras de fibra de carbono de 1.2 y 1.4mm.

CÁLCULO DE M_n EN ESTADO ACTUAL	
$a = (A_s * F_y) / (0.85 * F_c * b)$	$\emptyset M_n = 0.9 * A_s * F_y * d - a / 2$
$((6.61 \text{ cm}^2 + 3.69 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25) = 9.69 \text{ cm}$	$0.9 * (6.61 \text{ cm}^2 + 3.69 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 44.25 \text{ cm} * 9.69 / 2 \text{ cm} = 15.34 \text{ tn-m}$
CÁLCULO DE M_n CON AUMENTO DE CARGA	
$((9.73 \text{ cm}^2 + 3.69 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25) = 12.63 \text{ cm}$	$0.9 * (9.73 \text{ cm}^2 + 3.69 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 44.25 \text{ cm} * 12.63 \text{ cm} = 19.24 \text{ tn-m}$
CÁLCULO DEL PERALTE DE LA VIGA POR ENCAMISADO	
$((3.12 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25 \text{ cm}) = 2.94 \text{ cm}$	$3.90 \text{ tn-m} = 0.9 * (3.12 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * d - 2.94 / 2 \text{ cm}$

Para determinar el peralte, despejamos las incógnitas y el resultado resultante es $d(\text{efect}) = 34.56 \text{ cm}$; $d = 40 \text{ cm}$.

3.2E) CUADRO COMPARATIVO DE LA VIGA 101-201 0.25X.05

	Estado actual S/C = 200kg/m ²	Aumento de carga S/C = 500kg/m ²	Aumento de sección por encamisado	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 2 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras
WD	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m		2.43 Tn/m	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m
WL	0.78 Tn/m	1.94 Tn/m		1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m
WS	3.21 Tn/m	4.37 Tn/m		4.37 Tn/m	4.37 Tn/m	4.37 Tn/m	4.37 Tn/m
WU	4.73 Tn/m	6.70 Tn/m		6.70 Tn/m	6.70 Tn/m	6.70 Tn/m	6.70 Tn/m
Mws	6.99 Tn-m	9.52 Tn-m		9.52 Tn-m	9.52 Tn-m	9.52 Tn-m	9.52 Tn-m
Mwu	10.30 Tn-m	14.60 Tn-m		14.60 Tn-m	14.60 Tn-m	14.60 Tn-m	14.60 Tn-m
$\emptyset M_n$	15.34 TN-m	19.24 TN-m	3.90 TN-m	20.02 TN-m	20.95 TN-m	20.22 TN-m	21.19 TN-m
A(+)	6.61 cm ²	9.73 cm ²	3.12 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²
A(-)	3.69 cm ²	3.69 cm ²	0.00 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²

3.3. DISEÑO A FLEXIÓN

3.3A) ANÁLISIS DE LA VIGA VP-(.25X.45) EN ESTADO ACTUAL

Detalles generales:

RNE E0.20

F'c viga	Uso	Wl	Wd		Fy acero
210 kg/cm ²	Almacenaje	Sobrecarga	Tabiquería	Acabados	4200 kg/cm ²
		200 kg/m ²	150 kg/m ²	100 kg/m ²	

1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS

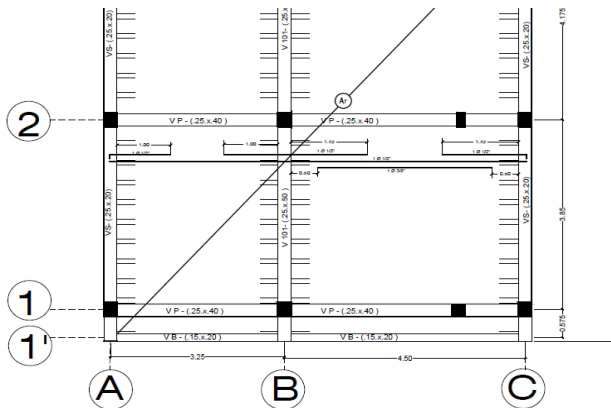
VIGAS VERTICALES

Peralte	L/10	0.45 m	4.5 m	V101	0.5 m
Ancho	P/2	0.25 m			

CALCULO DEL ANCHO TRIBUTARIO

El ancho tributario dependerá de la dirección de la vigueta en este caso es la suma de los medios de los ejes A-B, B-C.

Ancho tributario = $4.50/2 + 3.25/2 = 3.875\text{m}$.



CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA

1. Espesor de Losa $L \text{ vigueta} / 25 = 0.18 \text{ m}$

2. DIMENSIONES DE LOSA NORMA E-0.20.

e	Peso
20cm	300 Kg/m ²

L vigueta	eL
≤ 4	17 cm
4-5.5	20 cm
5-6.5	25 cm
6.5-7.15	30 cm

DIMENSIONES DE VIGA

Longitud	Peralte	Base	AREA TRIBUTARIA
4.5 m	0.45 m	0.25 m	Ancho xLviga=17.44 m ²

2. ANÁLISIS DE CARGAS EXISTENTES

CARGA MUERTA:

	Norma E0.20	Peso total
Peso de la losa	300 kg/m²	300x17.44 = 5231 Kg
Peso de la viga	2400 kg/m³	2400x4.5x0.45x0.25 = 1215 Kg
Peso de los acabados	100 kg/m²	100x17.44 = 1744 Kg
Tabiquería	150 kg/m²	150x17.44 = 2616 Kg
Σ		10806 Kg

$$W_d = PD/L_{viga} \quad 10806/4.5 = 2431.25 \text{ Kg/m}$$

2.4 Tn/m

CARGA VIVA:

	Norma E0.20	Peso total
Sobrecarga	200 kg/m²	3488 Kg

$$W_l = PL/Long \quad 3488/4.5 = 775.00 \text{ Kg/m}$$

0.78 Tn/m

COMBINACION DE CARGA:

$$W_u = 1.4W_d + 1.7W_l \quad \boxed{1.4 \times 2.4 + 1.7 \times 0.78 = 4.68 \text{ Tn/m}}$$

CARGA POR SERVICIO:

$$W = W_d + W_l \quad \boxed{2.4 + 0.78 = 3.18 \text{ Tn/m}}$$

MOMENTO MAXIMO:

$$\text{Momento max: } WL^2/8 \quad \boxed{4.68 \times 4.5^2/8 = 11.84 \text{ Tn-m}}$$

REACCIONES DE LAS COLUMNAS MAS ESFORZADAS

Hallando reacciones : Carga distribuida * Long.

$$4.68 \times 4.5 = 21.06 \text{ Tn} \quad R_a = R_b$$
$$\boxed{21.06/2 = 10.53 \text{ Tn}}$$

3. FLECHA MÁXIMA

MODULO DE ELASTICIDAD $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 15000 \sqrt{F'}$ **= 2173706.51 Tn/m**

5WL²/384EI

0.00411 m

0.411 cm

FLECHA ACEPTABLE MENOR A 1cm

4. ANGULO DE GIRO

$$(3.18 \times 4.5^3) / (24 \times 217306.51 \times 0.25 \times 0.45^3 / 12) = 0.00292 \text{ rad}$$

$$\phi = WL^3 / 24EI$$

MOMENTO RESISTENTE DEL CONCRETO

$$Mcr: \phi k b d (\text{efect})^2 \quad 0.9 \times 39.03 \times 25 \times 39.25^2 = 1353146.87 \text{ Kg-cm}$$

13.53 Tn-m

SIMPLEMENTE ARMADA

**Alta
sismicidad**

39.03 Tn-m

17.20 ≥ 10.29

$$pb = (0.85 * \beta_1 * F'c / Fy) * (6000 / (6000 + Fy))$$

$$0.85 * 0.85 * 210 / 4200 * (6000 / (6000 + 4200)) = 0.02125$$

Nota: Si F'c = 280 kg/cm² o F'c < 280 kg/cm² β₁ = 0.85, si 280 kg/cm² < F'c disminuir 0.05 cada 70

β₁ = 0.85

Alta sismicidad k = 0.5 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

39.03 kg/cm²

Baja sismicidad k = 0.75 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

54.35 kg/cm²

5. CALCULO DEL AREA DEL ACERO

Detalles generales

F'c	Fy	b	peralte	p. efectivo	CAPAS
210 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	25 cm	45 cm	39.25 cm	1

#5 (ø5/8)	Momento, As (+)	Momento, As (-)
1.59 cm	10.29 Tn-m	0.00 tn-m

Ø varila estribo		
#3 (3/8)	0.95 cm	0.71 cm ²

1@5cm, 2@10cm, 3@15cm, R@20cm

SEPARACIÓN MÍNIMA

Columnas 2.54 cm
Vigas 3.81 cm

VIGAS

Ø Longitud	Ø Estribos
≤ 3/4"	3/8"
≥ 3/4"	1/2"

COLUMNAS

Ø Longitud	Ø Estribos
≤ 5/4"	3/8"
≥ 5/4"	1/2"

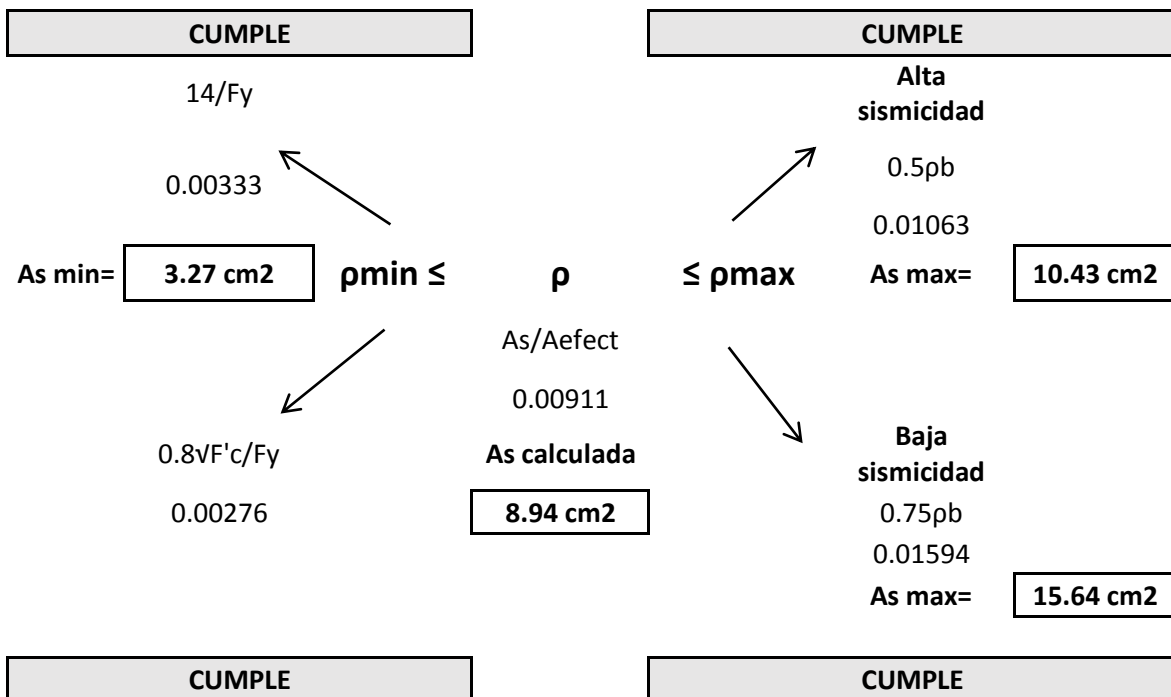
TANTEOS PARA EL CALCULO DEL ACERO

$a(\text{asumido}) = 7.85 \text{ cm} = d(\text{efecto})/5$

$As = (Mu * 10000) / (\phi * Fy * d(\text{efect}) * a/2)$ $a = (As * Fy) / (0.85 * Fc * b)$

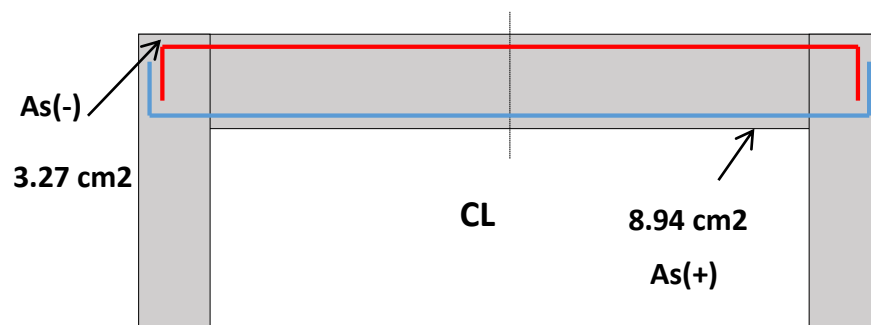
	As (+)	"a" para As (+)	As (-)	"a" para As (-)	
1° TANTEO	8.87 cm ²	8.35 cm	0.00 cm ²	0.00 cm ²	As (+) 8.94 cm ²
2° TANTEO	8.93 cm ²	8.41 cm	0.00 cm ²	0.00 cm ²	
3° TANTEO	8.94 cm ²	8.41 cm	0.00 cm ²	0.00 cm ²	As (-) 0.00 cm ²
4° TANTEO	8.94 cm ²	8.41 cm	0.00 cm ²	0.00 cm ²	

CUANTIAS Y AREA DE ACERO PERMISIBLES



As LONGITU.	VARILLA	Ø EN "cm"	As	N° DE VARI.	ANCHO DE LA VIGA
As(+)	#6 (Ø3/4)	1.59 cm	1.98 cm ²	5	25 cm
As(-)	#4 (Ø1/2)	1.59 cm	1.98 cm ²	2	25 cm

DETALLE DEL ACERO DE LA VIGA MAS ESFORZADA



3.3B) ANÁLISIS DE LA VIGA V101-(.25X.45) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA.

Detalles generales:

RNE E0.20

F'c viga	Uso	WI	Wd		Fy acero
210 kg/cm ²	Almacenaje	Sobrecarga	Tabiquería	Acabados	4200 kg/cm ²
		200 kg/m ²	150 kg/m ²	100 kg/m ²	

1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS

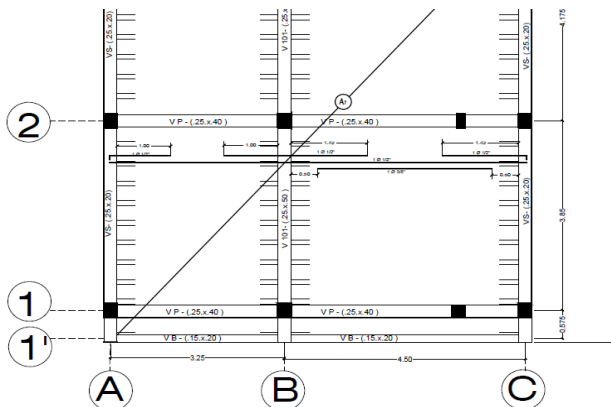
VIGAS VERTICALES

Peralte	L/10	0.45 m	4.5 m	V101	0.5 m
Ancho	P/2	0.25 m			0.25 m

CALCULO DEL ANCHO TRIBUTARIO

El ancho tributario dependerá de la dirección de la vigueta en este caso es la suma de los medios de los ejes A-B, B-C.

$$\text{Ancho tributario} = 4.50/2 + 3.25/2 = 3.875\text{m.}$$



CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA

1. Espesor de Losa $L \text{ vigueta}/25$ **0.18 m**

2. DIMENSIONES DE LOSA NORMA E-0.20.

e	Peso
20cm	300 Kg/m ²

L vigueta	eL
≤ 4	17 cm
4-5.5	20 cm
5-6.5	25 cm
6.5-7.15	30 cm

DIMENSIONES DE VIGA

Longitud	Peralte	Base	AREA TRIBUTARIA
4.5 m	0.45 m	0.25 m	Ancho xLviga=17.44 m ²

2. ANÁLISIS DE CARGAS EXISTENTES

CARGA MUERTA:

	Norma E0.20	Peso total
Peso de la losa	300 kg/m²	300x17.44 = 5231 Kg
Peso de la viga	2400 kg/m³	2400x4.5x0.45x0.25 = 1215 Kg
Peso de los acabados	100 kg/m²	100x17.44 = 1744 Kg
Tabiquería	150 kg/m²	150x17.44 = 2616 Kg
Σ		10806 Kg

$$W_d = PD/L_{viga} \quad 10806/4.5 = 2431.25 \text{ Kg/m}$$

$$\boxed{2.4 \text{ Tn/m}}$$

CARGA VIVA:

	Norma E0.20	Peso total
Sobrecarga	500 kg/m²	8719 Kg

$$W_l = PL/Long \quad 8719/4.5 = 1937.50 \text{ Kg/m}$$

$$\boxed{1.94 \text{ Tn/m}}$$

COMBINACION DE CARGA:

$$W_u = 1.4W_d + 1.7W_l \quad \boxed{1.4 \times 2.4 + 1.7 \times 1.94 = 6.66 \text{ Tn/m}}$$

CARGA POR SERVICIO:

$$W = W_d + W_l \quad \boxed{2.4 + 1.94 = 4.34 \text{ Tn/m}}$$

MOMENTO MAXIMO:

$$\text{Momento max: } WL^2/8 \quad \boxed{6.66 \times 4.5^2/8 = 16.85 \text{ Tn-m}}$$

REACCIONES DE LAS COLUMNAS MAS ESFORZADAS

Hallando reacciones : Carga distribuida*Long.

$$6.66 \times 4.5 = 29.95 \text{ Tn} \quad Ra=Rb$$
$$\boxed{29.95/2 = 14.97 \text{ Tn}}$$

3. FLECHA MÁXIMA

$$\text{MODULO DE ELASTICIDAD} \quad F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad E = 15000 \nu F' \quad = 2173706.51 \text{ Tn/m}$$

5WL²/384EI

0.00561 m

0.561 cm

FLECHA ACEPTABLE MENOR A 1cm

4. ANGULO DE GIRO

$$(4.34 \times 4.5^3) / (24 \times 217306.51 \times 0.25 \times 0.45^3 / 12) = 0.00399 \text{ rad}$$

$$\phi = WL^3 / 24EI$$

MOMENTO RESISTENTE DEL CONCRETO

$$Mcr: \phi k b d (\text{efect})^2 \quad 0.9 \times 39.03 \times 25 \times 39.25^2 = 1353146.87 \text{ Kg-cm}$$

13.53 Tn-m

SIMPLEMENTE ARMADA

**Alta
sismicidad**

39.03 Tn-m

17.20 ≥ 10.29

$$p_b = (0.85 \cdot \beta_1 \cdot F'_c / F_y) \cdot (6000 / (6000 + F_y)) \quad 0.85 \cdot 0.85 \cdot 210 / 4200 \cdot (6000 / (6000 + 4200)) = 0.02125$$

Nota: Si F'_c = 280 kg/cm² o F'_c < 280 kg/cm² β₁ = 0.85, si 280 kg/cm² < F'_c disminuir 0.05 cada 70

β₁ = 0.85

Alta sismicidad k = 0.5 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

39.03 kg/cm²

Baja sismicidad k = 0.75 * 0.02125 * 4200 (1 - 0.59 * 0.02125 * 4200 / 210)

54.35 kg/cm²

5. CALCULO DEL AREA DEL ACERO

Detalles generales

F' _c	F _y	b	peralte	p. efectivo	CAPAS
210 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	25 cm	45 cm	39.25 cm	1

#5 (Ø5/8)	Momento, As (+)	Momento, As (-)
1.59 cm	16.85 Tn-m	3.32 tn-m

Ø varila estribo		
#3 (3/8)	0.95 cm	0.71 cm ²

1@5cm, 2@10cm, 3@15cm, R@20cm

SEPARACIÓN MÍNIMA

Columnas 2.54 cm
Vigas 3.81 cm

VIGAS

Ø Longitud	Ø Estribos
≤ 3/4"	3/8"
≥ 3/4"	1/2"

COLUMNAS

Ø Longitud	Ø Estribos
≤ 5/4"	3/8"
≥ 5/4"	1/2"

TANTEOS PARA EL CALCULO DEL ACERO

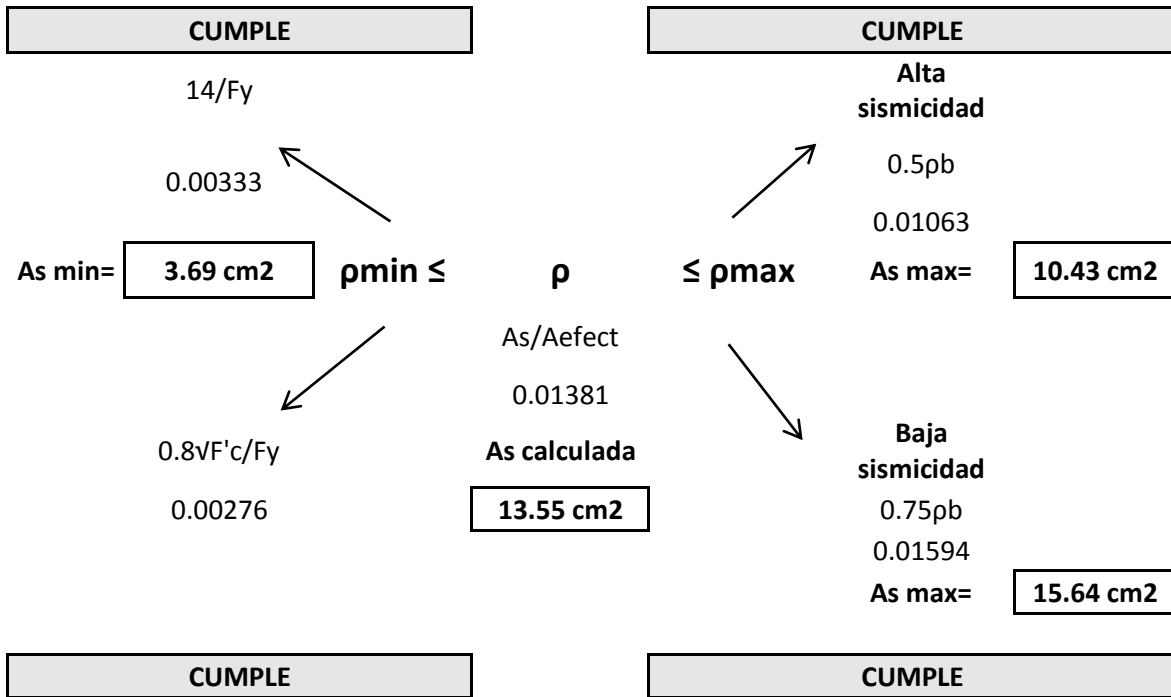
$$a(\text{asumido}) = 7.85 \text{ cm} = d(\text{efecto}) / 5$$

$$As = (Mu \cdot 10000) / (\phi \cdot F_y \cdot d(\text{efect}) \cdot a / 2)$$

$$a = (As \cdot F_y) / (0.85 \cdot F_c \cdot b)$$

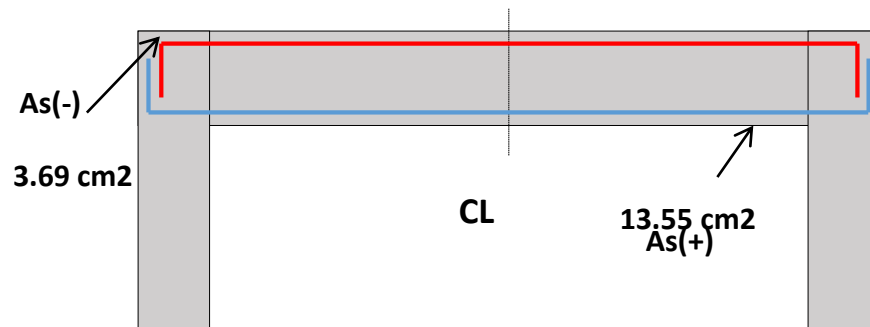
	As (+)	"a" para As (+)	As (-)	"a" para As (-)	
1° TANTEO	12.62cm ²	11.87 cm	2.48 cm ²	2.34 cm	<u>As (+)</u> 13.55 cm ²
2° TANTEO	13.38cm ²	12.59 cm	2.30 cm ²	2.17 cm	
3° TANTEO	13.52cm ²	12.73 cm	2.30 cm ²	2.16 cm	<u>As (-)</u> 2.30 cm ²
4° TANTEO	13.55cm ²	12.75 cm	2.30 cm ²	2.16 cm	

CUANTIAS Y AREA DE ACERO PERMISIBLES



As LONGITU.	VARILLA	Ø EN "cm"	As	N° DE VARI.	ANCHO DE LA VIGA
As(+)	#6 (Ø3/4)	1.91 cm	2.85 cm ²	5	25 cm
As(-)	#4 (Ø1/2)	1.27 cm	1.27 cm ²	4	25 cm

DETALLE DEL ACERO DE LA VIGA MAS ESFORZADA



3.4 DISEÑO A FLEXIÓN CON REFORZAMIENTO DE FIBRA DE CARBONO

3.4A) ANÁLISIS DE LA VIGA VP-(.25X.45) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR S612, b= 60mm, e=1.2mm CON 1TIRA, ACI 440-2R (2008).

El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l)	4.50 m
Ancho de la viga (w)	250 mm
Peralte (h)	450 mm
Peralte efectivo (d)	393 mm

DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c)	210 kg/cm ²	20.59 N/mm
Peso específico del concreto (Yc)	2400 kg/m ³	

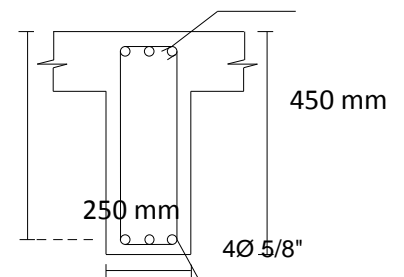
DETALLES DEL ACERO

Acero de refuerzo superior
Acero de refuerzo inferior

Acero	Nºbarras	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
#5 (ø5/8)	2	15.88 mm	197.93 mm ²
#5 (ø5/8)	5	15.88 mm	197.93 mm ²
Σ= 1385.53 mm ²			

Módulo de elasticidad (Es)	2000000.00 Kg/cm ²	196134.00 N/mm ²
Módulo de fluencia (Fy)	4200.00 Kg/cm ²	411.88 N/mm ²

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA 2Ø 1/2"

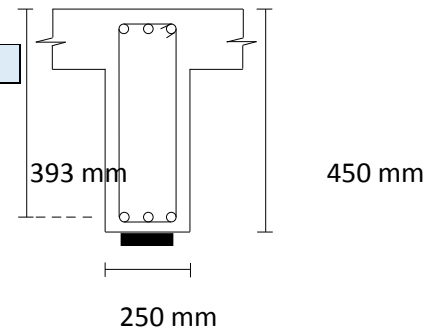


DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogéneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	17.44 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.40E+03 kg/m	Σ= 23.55 N/mm
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=Wl+Wd)	SERVICIO			4.25E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7Wl)	ULTIMA			6.53E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (Wl x L ² /8)				4.81E+07 kg/m	48.09 KN-m
Momento Wd (Wd x L ² /8)				5.96E+07 kg/m	59.61 KN-m
Combinación de carga (Ws x L²/8)	SERVICIO			1.08E+08 kg/m	107.70 KN-m
Factor de carga (Wux x L²/8)	ULTIMA			1.65E+08 kg/m	165.21 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR S1012
Módulo de elasticidad (Ef)	165000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2800 N/mm ²
Resistencia a la rotura	3050 N/mm ²
Elongación a la rotura (εfu*)	0.017
Espesor de la lámina (Tf)	1.2 mm
Ancho de la lámina (wf)	100 mm
Numero de láminas (n)	1



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

$ffu = CE * Ffu^*$ 2660.00 N/mm²

$\epsilon fu = CE * \epsilon fu^*$ 0.0162 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9 = 0.9008$$

$$\text{Módulo de elasticidad del concreto } E_c = 4700 \sqrt{F'c} = 21328.92 \text{ N/mm}^2$$

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

$$\text{Cuantía del acero } \rho_s = A_s / (b * d) = 0.01412$$

$$\text{Relación modular } n_s = E_s / E_c = 9.19568$$

$$\rho_s * n_s = 0.12984$$

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

$$\text{Área del reforzamiento } A_f = n * t_f * w_f = 120.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía del refuerzo CFRP } \rho_f = A_f / b d = 0.0012$$

$$\text{Relación modular } n_f = E_f / E_c = 7.7360$$

$$\rho_f * n_f = 0.0095$$

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{(\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s} - \rho_s * n_s = 0.39603$$

Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (kd)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - kd)^2$	1028977894.46 mm ⁴
--------------------------------	--	-------------------------------

Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - kd) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00064
-------------------------------	--	---------

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu}$	0.00418 \leq 0.0145	Ok
---	-----------------------	-----------

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio	$C = 0.20d$ 78.50 mm
---	-------------------------

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$\epsilon_{fe} = 0.003 \cdot ((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$	0.01355 \leq 0.00418	$\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
	$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00418$	

Deformación unitaria del concreto	$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C))$	0.00102
-----------------------------------	--	---------

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C))$	0.00408
--	---------

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	$799.91 \text{ N/mm}^2 \leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	689.63 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a F'c	$\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'_c / E_c$	0.0016
--	--------------------------------------	--------

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro	$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$	0.71019
---	--	---------

Factor de multiplicación de F'c para determinar los esfuerzos.	$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$	0.69355
--	--	---------

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'_c \cdot \beta_1 \cdot b)$$

Como $C = 257.69 \text{ mm} \neq 78.50 \text{ mm}$ 257.69 mm
se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume.

$$C = 0.45021d = 176.71 \text{ mm}$$

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$

$$0.00400 \leq 0.00418 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00400$$

$$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C/(h-C))$$

$$0.00300$$

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d-C)/(h-C))$

$$0.00366$$

PASO 8. $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$

$$718.54809$$

$$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto

$$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$$

$$659.33 \text{ N/mm}^2$$

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F_c' / E_c$

$$0.0016$$

$$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$$

$$0.92650$$

$$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$$

$$0.77087$$

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F_c' \cdot \beta_1 \cdot b)$$

$$176.71 \text{ mm}$$

Como $C = 176.71 \text{ mm}$

=

$$176.71 \text{ mm}$$

OK

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión

$$M_{ns} = A_s \cdot f_s \cdot (d - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$177272679.42 \text{ N-mm}$$

Contribución del FRP a la flexión

$$M_{nf} = A_f \cdot f_{fe} \cdot (h - (B_1 \cdot c) / 2)$$

$$29126726.84 \text{ N-mm}$$

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi \cdot (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

$$181827357.52 \text{ N-mm}$$

\geq

$$M_u = 165210870.00 \text{ N-mm}$$

Conversión a tn-m

$$18.54 \text{ tn-m}$$

\geq

$$16.85 \text{ tn-m}$$

Ok

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$$K = \sqrt{((\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)^2 + 2 \cdot (\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c) \cdot (h/d)) - (\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)}$$

$$0.40185$$

es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$k_d = 157.73 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} \cdot A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3)) \cdot (d - k_d) \cdot E_s) / (A_s \cdot E_s \cdot (d - k_d / 3) + A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d / 3) \cdot (d - k_d))$$

216.48
N/mm²

$f_{s,s} \leq 0.8F_y$

216.48 N/mm²

≤

329.51 N/mm²

Ok

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$f_{f,s} = f_{s,s} * (E_f/E_s) * ((h-k_d)/(d-k_d)) - \epsilon_{bi} * E_f$

112.42 N/mm²

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$f_{f,s} \leq 0.55f_{fu}$

120.48 N/mm²

≤

1463.0 N/mm²

Ok

3.4B) ANÁLISIS DE LA VIGA VP-(.25X.45) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR S612, b= 60mm, e=1.2mm CON 2TIRA, ACI 440-2R (2008).

El diseño mediante los elementos CFRP se van a elaborar mediante el sistema N-mm para homogenizar los datos.

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l) 4.50 m
Ancho de la viga (w) 250 mm
Peralte (h) 450 mm
Peralte efectivo (d) 393 mm

DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c) 210 kg/cm² 20.59 N/mm²
Peso específico del concreto (Yc) 2400 kg/m³

DETALLES DEL ACERO

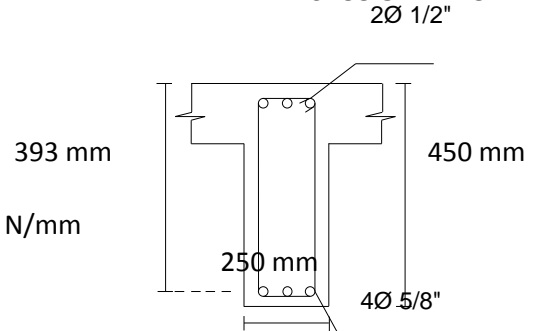
Acero de refuerzo superior
Acero de refuerzo inferior

Acero	N°barras	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
#5 (ø5/8)	2	15.88 mm	197.93 mm ²
#5 (ø5/8)	5	15.88 mm	197.93 mm ²
			Σ= 1385.53 mm ²

Módulo de elasticidad (Es) 2000000.00 Kg/cm²
Módulo de fluencia (Fy) 4200.00 Kg/cm²

196134.00 N/mm²
411.88 N/mm²

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA



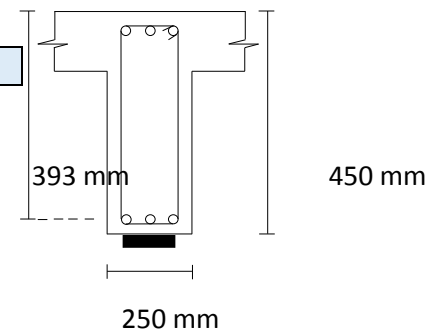
DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

	CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogéneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	17.44 m ²	1.94E+03 kg/m
Carga Muerta (Wd)				2.40E+03 kg/m
				Σ= 23.55 N/mm
	RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m	
Peso de viga			3E+02 kg/m	
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m	

Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=WI+Wd)	SERVICIO			4.25E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7WI)	ULTIMA			6.53E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento WI (Wl x L ² /8)				4.81E+07 kg/m	48.09 KN-m
Momento Wd (Wd x L ² /8)				5.96E+07 kg/m	59.61 KN-m
Combinación de carga (Ws x L²/8)	SERVICIO			1.08E+08 kg/m	107.70 KN-m
Factor de carga (Wux L²/8)	ULTIMA			1.65E+08 kg/m	165.21 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR S1012
Módulo de elasticidad (Ef)	165000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2800 N/mm ²
Resistencia a la rotura	3050 N/mm ²
Elongación a la rotura (Efu*)	0.017
Espesor de la lámina (Tf)	1.2 mm
Ancho de la lámina (wf)	100 mm
Numero de láminas (n)	2



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

$ffu = CE * Ffu^*$ 2660.00 N/mm²

$Efu = CE * Efu^*$ 0.0162 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9$ 0.9008
Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 4700 \sqrt{F'c}$ 21328.92 N/mm²

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

Cuantía del acero $\rho_s = A_s / (b * d)$ 0.01412
Relación modular $n_s = E_s / E_c$ 9.19568
 $\rho_s * n_s$ 0.12984

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

Área del reforzamiento	$A_f = n \cdot t_f \cdot w_f$	240.00 mm ²
Cuantía del refuerzo CFRP	$\rho_f = A_f / b d$	0.0024
Relación modular	$n_f = E_f / E_c$	7.7360
	$\rho_f \cdot n_f$	0.0189

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

	$k = \sqrt{(\rho_s \cdot n_s)^2 + 2 \rho_s \cdot n_s} - \rho_s \cdot n_s$	0.39603
Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (k d)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - k d)^2$	1028977894.46 mm ⁴
Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - k d) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00064

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu} \quad 0.00296 \leq 0.0145 \quad \text{Ok}$$

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$
78.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$$\epsilon_{fe} = 0.003 \left(\frac{h - C}{C} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad 0.01355 \leq 0.00296 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00296$$

Deformación unitaria del concreto	$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C))$	0.00076
-----------------------------------	--	---------

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C)) \quad 0.00304$$

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo	$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$	
	596.88 N/mm ²	$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
	Por lo tanto	$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último	$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$	487.86 N/mm ²
---	------------------------------------	--------------------------

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a $F'c$ $\epsilon_c' = 1.7 * F'c / E_c$
0.0016

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$
0.69712

Factor de multiplicación de $F'c$ para determinar los esfuerzos. $\alpha_1 = (3\epsilon_c' * \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 * \epsilon_c'^2)$
0.56216

$$C = (A_s * f_s + A_f * f_{fe}) / (\alpha_1 * F'c * \beta_1 * b)$$

340.87 mm

Como $C = 340.87 \text{ mm} \neq 78.50 \text{ mm}$ se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume. $C = 0.4545d$ 178.39 mm

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$ $0.00392 \leq 0.00296$ $\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
 $\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00296$

$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C / (h - C))$ 0.00236

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d - C) / (h - C))$ 0.00284

PASO 8. $f_s = E_s * \epsilon_s \leq F_y$ 556.68613 $\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$f_{fe} = E_f * \epsilon_{fe}$ 487.86 N/mm²

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 * F'c / E_c$ 0.0016 $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$ 0.82066
 $\alpha_1 = (3\epsilon_c' * \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 * \epsilon_c'^2)$ 0.91247
 $C = (A_s * f_s + A_f * f_{fe}) / (\alpha_1 * F'c * \beta_1 * b)$ 178.39 mm

Como $C = 178.39 \text{ mm} = 178.39 \text{ mm}$ **OK**

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión $M_{ns} = A_s * f_s * (d - (B_1 * c) / 2)$ 182216702.02 N-mm

Contribución del FRP a la flexión $M_{nf} = A_f * f_{fe} * (h - (B_1 * c) / 2)$ 44117904.02 N-mm

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

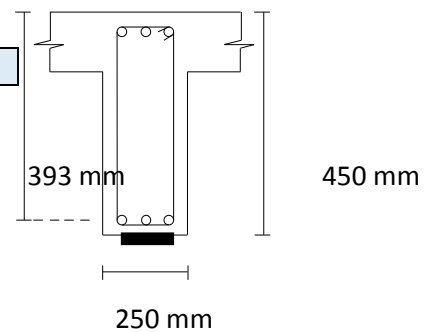
La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$\phi M_n = \phi * (M_{ns} + \psi_f M_{nf})$
197745228.39 N-mm \geq $M_u = 165210870.00 \text{ N-mm}$

		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m2	17.44 m2	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.40E+03 kg/m	$\Sigma = 23.55$ N/mm
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m2	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m2	4E+02 kg/m		
Peso de tabiqueria		150 kg/m2	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=Wl+Wd)	SERVICIO			4.25E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7Wl)	ULTIMA			6.53E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (Wl x L^2/8)				4.81E+07 kg/m	48.09 KN-m
Momento Wd (Wd x L^2/8)				5.96E+07 kg/m	59.61 KN-m
Combinación de carga (Ws x L^2/8)	SERVICIO			1.08E+08 kg/m	107.70 KN-m
Factor de carga (Wux L^2/8)	ULTIMA			1.65E+08 kg/m	165.21 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR M914
Módulo de elasticidad (Ef)	210000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2400 N/mm ²
Resistencia a la rotura	2900 N/mm ²
Elongación a la rotura (Efu*)	0.012
Espesor de la lámina (Tf)	1.4 mm
Ancho de la lámina (wf)	90 mm
Numero de láminas (n)	1



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

$ffu = CE * Ffu^*$ 2280.00 N/mm²

$Efu = CE * Efu^*$ 0.0114 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9 \quad 0.9008$$

Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 4700 \sqrt{F'c}$ 21328.92 N/mm^2

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

Cuantía del acero $\rho_s = A_s / (b * d)$ 0.01412
 Relación modular $n_s = E_s / E_c$ 9.19568
 $\rho_s * n_s$ 0.12984

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

Area del reforzamiento $A_f = n * t_f * w_f$ 126.00 mm^2
 Cuantía del refuerzo CFRP $\rho_f = A_f / b d$ 0.0013
 Relación modular $n_f = E_f / E_c$ 9.8458
 $\rho_f * n_f$ 0.0126

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{(\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s} - \rho_s * n_s \quad 0.39603$$

Inercia de la sección fisurada $I_{cr} = (b * (k d)^3) / 3 + n_s * A_s (d - k d)^2$ $1028977894.46 \text{ mm}^4$

Deformación inicial existente $\epsilon_{bi} = M_{wd} * (h - k d) / (I_{cr} * E_c)$ 0.00064

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'c / (n * E_f * t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu} \quad 0.00343 \leq 0.0103 \quad \text{Ok}$$

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$ 78.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$$\epsilon_{fe} = 0.003 ((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad 0.01355 \leq 0.00343 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00343$$

Deformación unitaria del concreto $\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C / (h - C))$ 0.00086

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d - C) / (h - C)) \quad 0.00344$$

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$
 $675.59 \text{ N/mm}^2 \leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
 Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último
 $f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe} = 720.61 \text{ N/mm}^2$

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a $F'c$ $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'c / E_c$
 0.0016

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro
 $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$
 0.70199

Factor de multiplicación de $F'c$ para determinar los esfuerzos.
 $\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$
 0.61665

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'c \cdot \beta_1 \cdot b)$$

296.80 mm

Como $C = 296.80 \text{ mm} \neq 78.50 \text{ mm}$ se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume. $C = 0.43659d = 171.36 \text{ mm}$

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$
 $0.00423 \leq 0.00343$ $\epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$
 $\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00343$

$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C)) = 0.00251$

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C)) = 0.00323$

PASO 8. $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$
 $634.36161 \leq 411.88 \text{ N/mm}^2$
 Por lo tanto $f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$

$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe} = 720.61 \text{ N/mm}^2$

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'c / E_c = 0.0016$ $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c) = 0.83942$
 $\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2) = 0.89319$
 $C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'c \cdot \beta_1 \cdot b) = 171.36 \text{ mm}$

Como $C = 171.36 \text{ mm} = 171.36 \text{ mm}$ **OK**

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión $M_{ns} = A_s \cdot f_s \cdot (d - (B_1 \cdot c) / 2) = 182945834.36 \text{ N-mm}$

Contribución del FRP a la flexión $M_{nf} = A_f \cdot f_{fe} \cdot (h - (B_1 \cdot c)/2)$ 34328401.61 N-mm

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0,95$.

$$\phi M_n = \phi \cdot (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

	190912478.15 N-mm	≥	Mu = 165210870.00 N-mm
Conversión a tn-m	19.47 tn-m	≥	16.85 tn-m Ok

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$K = \sqrt{((\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c)^2 + 2 \cdot (\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c) \cdot (h/d)) - (\rho_s + E_s/E_c + \rho_f + E_f/E_c)}$ 0.40804
es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$k_d = 160.15 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = \frac{(M_s + \epsilon_{bi} \cdot A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d/3)) \cdot (d - k_d) \cdot E_s}{(A_s \cdot E_s \cdot (d - k_d/3) + A_f \cdot E_f \cdot (h - k_d/3) \cdot (d - k_d))}$$

213.30
N/mm²

$$f_{s,s} \leq 0.8 F_y$$

213.30 N/mm ²	≤	329.51 N/mm ²	Ok
--------------------------	---	--------------------------	-----------

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$$f_{fs} = f_{s,s} \cdot (E_f/E_s) \cdot ((h - k_d)/(d - k_d)) - \epsilon_{bi} \cdot E_f$$

149.70 N/mm²

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$$f_{f,s} \leq 0.55 f_{fu}$$

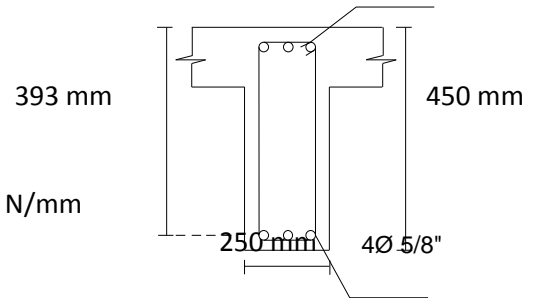
149.70 N/mm ²	≤	1254.0 N/mm ²	Ok
--------------------------	---	--------------------------	-----------

3.4D) ANÁLISIS DE LA VIGA VP-(.25X.45) MODIFICACIÓN DE CARGA VIVA Y USO DE ELEMENTOS CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 60mm, e=1.4mm CON 2 TIRAS, ACI 440-2R (2008).

DETALLES DE LA VIGA EXISTENTE

Longitud de la viga (l)	4.50 m
Ancho de la viga (w)	250 mm
Peralte (h)	450 mm
Peralte efectivo (d)	393 mm

DETALLE DE LA SECCIÓN TÍPICA 2Ø 1/2"



DETALLES DEL CONCRETO

Resistencia del concreto (F'c)	210 kg/cm ²	20.59 N/mm ²
Peso específico del concreto (Yc)	2400 kg/m ³	

DETALLES DEL ACERO

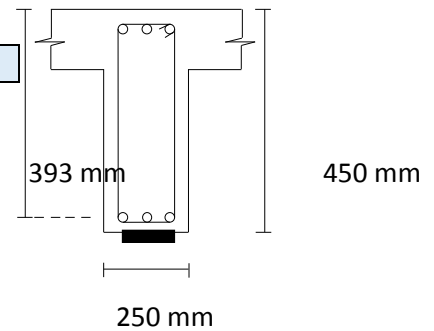
Acero	Nºbarras	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	
Acero de refuerzo superior	#5 (ø5/8)	2	15.88 mm	197.93 mm ²
Acero de refuerzo inferior	#5 (ø5/8)	5	15.88 mm	197.93 mm ²
			Σ= 1385.53 mm ²	
Módulo de elasticidad (Es)	2000000.00 Kg/cm ²	196134.00 N/mm ²		
Módulo de fluencia (Fy)	4200.00 Kg/cm ²	411.88 N/mm ²		

DETALLES DE CARGAS EXISTENTES

		CARGA	AREA TRIBUTARIA	W=P*Area trib./Lon viga	Transformando a unidades homogeneas
Carga Viva (Wl)	Almacenaje	500 kg/m ²	17.44 m ²	1.94E+03 kg/m	19.00 N/mm
Carga Muerta (Wd)				2.40E+03 kg/m	Σ= 23.55 N/mm
		RNE E0.20	PESO		
Peso de la losa	20cm	300 kg/m ²	1E+03 kg/m		
Peso de viga			3E+02 kg/m		
Peso de acabados		100 kg/m ²	4E+02 kg/m		
Peso de tabiquería		150 kg/m ²	6E+02 kg/m		
Combinación de carga (Ws=Wl+Wd)	SERVICIO			4.25E+01 kg/m	0.42 N/mm
Factor de Carga (Wu=1.4Wd+1.7Wl)	ULTIMA			6.53E+01 kg/m	0.64 N/mm
Momento Wl (WlxL ² /8)				4.81E+07 kg/m	48.09 KN-m
Momento Wd (WdxL ² /8)				5.96E+07 kg/m	59.61 KN-m
Combinación de carga (WsxL²/8)	SERVICIO			1.08E+08 kg/m	107.70 KN-m
Factor de carga (WuxL²/8)	ULTIMA			1.65E+08 kg/m	165.21 KN-m

DETALLES DEL REFUERZO CFRP

Tipo de fibra a utilizar	SIKA CARBODUR M914
Módulo de elasticidad (Ef)	210000 N/mm ²
Resistencia a la tracción (ffu*)	2400 N/mm ²
Resistencia a la rotura	2900 N/mm ²
Elongación a la rotura (εfu*)	0.012
Espesor de la lámina (Tf)	1.4 mm
Ancho de la lámina (wf)	90 mm
Numero de láminas (n)	2



1. CALCULO DE PROPIEDADES DE DISEÑO DEL MATERIAL CFRP

La viga se encuentra en el interior de una edificación por lo tanto se opta por un factor de reducción de :

Factor de reducción (CE): 0.95

ffu = CE*Ffu* 2280.00 N/mm²

εfu = CE*εfu 0.0114 mm/mm

Table 9.1—Environmental reduction factor for various FRP systems and exposure conditions

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

2. CALCULOS PRELIMINARES

PROPIEDADES DEL CONCRETO

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 * F'c / 6.9 \quad 0.9008$$

$$\text{Módulo de elasticidad del concreto } E_c = 4700 * \sqrt{F'c} \quad 21328.92 \text{ N/mm}^2$$

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

$$\text{Cuantía del acero } \rho_s = A_s / (b * d) \quad 0.01412$$

$$\text{Relación modular } n_s = E_s / E_c \quad 9.19568$$

$$\rho_s * n_s \quad 0.12984$$

PROPIEDADES DEL REFUERZO CFRP ADHERIDO EXTERNAMENTE

$$\text{Area del reforzamiento } A_f = n * t_f * w_f \quad 252.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía del refuerzo CFRP } \rho_f = A_f / b d \quad 0.0026$$

$$\text{Relación modular } n_f = E_f / E_c \quad 9.8458$$

$$\rho_f * n_f \quad 0.0253$$

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE DEFORMACIÓN INICIAL EXISTENTE EN LA CARA INTERIOR

El estado de deformación inicial existente se calcula asumiendo que la viga está fisurada y que las únicas cargas que actúan sobre la viga en el momento de la instalación del CFRP son cargas muertas.

$$k = \sqrt{(\rho_s * n_s)^2 + 2 \rho_s * n_s} - \rho_s * n_s \quad 0.39603$$

Inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = (b \cdot (kd)^3) / 3 + n_s \cdot A_s (d - kd)^2$	1028977894.46 mm ⁴
Deformación inicial existente	$\epsilon_{bi} = M_{wd} \cdot (h - kd) / (I_{cr} \cdot E_c)$	0.00064

4. DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN EL REFUERZO CFRP EN EL ESTADO DE DELAMINACIÓN O DESPRENDIMIENTO.

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{f'_c / (n \cdot E_f \cdot t_f)} \leq 0.9 \epsilon_{fu} \quad 0.00243 \leq 0.0103 \quad \text{Ok}$$

5. PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRAL

La profundidad del eje neutral "c" se asume, luego de realizar los cálculos se verifica para determinar el equilibrio $C = 0.20d$
78.50 mm

6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFORMACIÓN EFECTIVA EN EL REFUERZO A FLEXIÓN CON CFRP

$$\epsilon_{fe} = 0.003 \cdot ((h - C) / C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad 0.01355 \leq 0.00243 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00243$$

Deformación unitaria del concreto $\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot (C / (h - C))$ 0.00065

7. CALCULAR LA TENSIÓN EXISTENTE EN EL ACERO DE REFUERZO EXISTENTE

La deformación en el acero de refuerzo puede ser calculada utilizando triángulos semejante

$$\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot ((d - C) / (h - C)) \quad 0.00260$$

8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RESISTENCIA EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

Tensión en el acero de refuerzo $f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq F_y$
508.98 N/mm² ≤ 411.88 N/mm²
Por lo tanto $f_s = 411.88$ N/mm²

Tensión efectiva en el refuerzo FRP en el estado último
 $f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe}$ 509.55 N/mm²

9. CÁLCULO DE LAS FUERZA INTERNA RESULTANTE Y VERIFICACION DE EQUILIBRIO

Deformación unitaria máxima del concreto correspondiente a F'_c $\epsilon_c' = 1.7 \cdot F'_c / E_c$
0.0016

Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro $\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$
0.69196

Factor de multiplicación de F'_c para determinar los esfuerzos. $\alpha_1 = (3\epsilon_c' \cdot \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \cdot \epsilon_c'^2)$
0.49594

$$C = (A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}) / (\alpha_1 \cdot F'_c \cdot \beta_1 \cdot b)$$

Como $C = 395.67 \text{ mm} \neq 78.50 \text{ mm}$ 395.67 mm
se debe repetir los pasos del 6 al 9

10. AJUSTE DE "C" HASTA LOGRAR EL EQUILIBRIO

La profundidad del eje neutral "c" se asume.

$$C = 0.46975d = 184.38 \text{ mm}$$

PASO 6. $\epsilon_{fe} = 0.003((h-C)/C) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$

$$0.00368 \leq 0.00243 \quad \epsilon_{fe} \geq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0.00243$$

$$\epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) (C/(h-C))$$

$$0.00213$$

PASO 7. $\epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) ((d-C)/(h-C))$

$$0.00241$$

PASO 8. $f_s = E_s \epsilon_s \leq F_y$

$$471.82585$$

$$\leq 411.88 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto

$$f_s = 411.88 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{fe} = E_f \epsilon_{fe}$$

$$509.55 \text{ N/mm}^2$$

PASO 9. $\epsilon_c' = 1.7 F_c' / E_c$

$$0.0016$$

$$\beta_1 = (4\epsilon_c' - \epsilon_c) / (6\epsilon_c' - 2\epsilon_c)$$

$$0.79383$$

$$\alpha_1 = (3\epsilon_c' \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3\beta_1 \epsilon_c'^2)$$

$$0.92771$$

$$C = (A_s f_s + A_f f_{fe}) / (\alpha_1 F_c' \beta_1 b)$$

$$184.38 \text{ mm}$$

Como $C = 184.38 \text{ mm}$

=

$$184.38 \text{ mm}$$

OK

11. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES A FLEXIÓN

Contribución del acero a la flexión

$$M_{ns} = A_s f_s (d - (B_1 c) / 2)$$

$$182226429.56 \text{ N-mm}$$

Contribución del FRP a la flexión

$$M_{nf} = A_f f_{fe} (h - (B_1 c) / 2)$$

$$48385819.07 \text{ N-mm}$$

12. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La resistencia de diseño a flexión es calculada utilizando la siguiente ecuación, luego se aplica un factor de reducción adicional $\Psi_f = 0,85$, es aplicado a la contribución del sistema CFRP, además el factor $\phi = 0.95$.

$$\phi M_n = \phi (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

$$201018938.19 \text{ N-mm}$$

≥

$$M_u = 165210870.00 \text{ N-mm}$$

Conversión a tn-m

$$20.50 \text{ tn-m}$$

≥

$$16.85 \text{ tn-m}$$

Ok

13. VERIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE SERVICIO EN EL REFUERZO DE ACERO Y EN EL CFRP.

$$K = \sqrt{((\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)^2 + 2(\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)(h/d)) - (\rho_s + \epsilon_s / E_c + \rho_f + \epsilon_f / E_c)}$$

$$0.43197$$

es igual al valor K obtenido en el paso 3.

$$k_d = 169.55 \text{ mm}$$

Cálculo del nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo y verificación de que sea menor al límite recomendado.

$$f_{s,s} = ((M_s + \epsilon_{bi} A_f E_f (h - k_d / 3)) * (d - k_d) * E_s) / (A_s E_s (d - k_d / 3) + A_f E_f (h - k_d / 3) * (d - k_d))$$

$$202.16$$

$$\text{N/mm}^2$$

$$f_{s,s} \leq 0.8F_y$$

$$202.16 \text{ N/mm}^2 \leq 329.51 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ok}$$

14. VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE RUPTURA DE LA FLUENCIA EN SERVICIO DE FRP

$$f_{f,s} = f_{s,s} * (E_f/E_s) * ((h-k_d)/(d-k_d)) - \epsilon_{bi} * E_f = 137.07 \text{ N/mm}^2$$

Para un sistema CFRP, el límite de esfuerzo de rotura por fluencia plástica es obtenido

$$f_{f,s} \leq 0.55f_{fu}$$

$$137.07 \text{ N/mm}^2 \leq 1254.0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ok}$$

En el siguiente cuadro podemos evidenciar el resumen del análisis de la viga VP (25X45) por los métodos de diseño mencionados, en el cual la resistencia (ϕM_n) aumenta considerablemente solo con añadir 1 y 2 tiras de fibra de carbono de 1.2 y 1.4mm.

CÁLCULO DE M_n EN ESTADO ACTUAL	
$a = (A_s * F_y) / (0.85 * F_c * b)$	$\phi M_n = 0.9 * A_s * F_y * d - a / 2$
$((8.94 \text{ cm}^2 + 3.27 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25 \text{ cm}) = 11.49 \text{ cm}$	$0.9 * (8.94 \text{ cm}^2 + 3.27 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 39.25 \text{ cm} - 11.49 / 2 \text{ cm} = 15.46 \text{ tn-m}$
CÁLCULO DE M_n CON AUMENTO DE CARGA	
$((8.94 \text{ cm}^2 + 3.27 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25 \text{ cm}) = 15.83 \text{ cm}$	$0.9 * (9.73 \text{ cm}^2 + 3.69 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 39.25 \text{ cm} - 15.83 / 2 \text{ cm} = 19.92 \text{ tn-m}$
CÁLCULO DEL PERALTE DE LA VIGA POR ENCAMISADO	
$((4.61 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 25 \text{ cm}) = 4.34 \text{ cm}$	$4.49 \text{ tn-m} = 0.9 * (4.61 \text{ cm}^2) * 4200 \text{ kg/cm}^2 * d - 4.34 / 2 \text{ cm}$

Para determinar el peralte, despejamos las incógnitas y el resultado resultante es $d(\text{efect}) = 27.76 \text{ cm}$; $d = 35 \text{ cm}$.

3.4E) CUADRO COMPARATIVO DE LA VIGA VP 0.25X.045

	Estado actual S/C = 200kg/m ²	Aumento de carga S/C = 500kg/m ²	Aumento de sección por encamisado d = 35cm	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 2 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras
WD	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m		2.40 Tn/m	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m
WL	0.78 Tn/m	1.94 Tn/m		1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m
WS	3.18 Tn/m	4.34 Tn/m		4.34 Tn/m	4.34 Tn/m	4.34 Tn/m	4.34 Tn/m
WU	4.69 Tn/m	6.66 Tn/m		6.66 Tn/m	6.66 Tn/m	6.66 Tn/m	6.66 Tn/m
Mws	8.05 Tn-m	10.99 Tn-m		10.99 Tn-m	10.99 Tn-m	10.99 Tn-m	10.99 Tn-m
Mwu	11.86 Tn-m	16.85 Tn-m		16.85 Tn-m	16.85 Tn-m	16.85 Tn-m	16.85 Tn-m
ϕM_n	15.46 TN-m	19.92 TN-m	4.46 TN-m	18.54 TN-m	20.16 TN-m	19.47 TN-m	20.50 TN-m
A(+)	8.94 cm ²	13.55 cm ²	4.61 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²
A(-)	3.27 cm ²	3.27 cm ²	0.00 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²

3.5. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE REFORZAMIENTO POR ENCAMISADOS DE CONCRETO Y REFORZAMIENTO CFRP

3.5.1 PRESUPUESTO DE REFORZAMIENTO POR ENCAMISADO DE CONCRETO						
Presupuesto: 301012		VIVIENDA MULTIFAMILIAR- COMERCIO				
Lugar: LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES		Costo al		01/05/2018		
ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	OBRAS PRELIMINARES				1,004.64	
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	164.00	0.38	62.95	
01.02	INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.	m2	60.50	15.57	941.69	
02	CONCRETO ARMADO				7,870.24	
02.01	DEMOLICIÓN DE CONCRETO PARA GENERAR PUNTOS DE ADHERENCIA	m3	0.76	511.78	388.96	
02.02	ACARREO DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN A UNA DISTANCIA MENOR A 50M CON CARRETIILLAS	m3	0.76	28.60	21.74	
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN EN VOLQ.5M3	m3	0.76	58.63	44.56	
02.04	PERFORACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO ARMADO ENTRE 10 Y 30CM	ml	56.00	5.56	311.41	
02.05	HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO 5/8" FY=4200KG/CM2	kg	491.35	6.48	3,186.25	
02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	27.23	56.55	1,539.92	
02.07	VACEADO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2	m3	6.05	392.96	2,377.40	
03	REVOQUE				1,413.88	
03.02	TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5	m2	27.23	51.92	1,413.88	
05	PINTURA				274.70	
05.01	PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS	m2	27.23	10.09	274.70	
COSTO DIRECTO					10,563.46	
GASTOS GENERALES 10.00%					1,056.35	
UTILIDAD 10.00%					1,056.35	
SUBTOTAL					12,676.16	
IGV (18%)					2,281.71	
TOTAL					14,957.86	

3.5.2 PRESUPUESTO DE REFORZAMIENTO POR FIBRA DE CARBONO					
Presupuesto: 301012		VIVIENDA MULTIFAMILIAR- COMERCIO			
Lugar: LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES		Costo al		01/05/2018	
ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				1,004.64
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	ml	164.00	0.38	62.95
01.02	INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.	m2	60.50	15.57	941.69
03	REVOQUE				4,849.91
03.01	LIMPIEZA, SELLADO, RESANE DE SUPERFICIE DEL CONCRETO	m2	15.13	227.10	3,436.02
03.02	TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5	m2	27.23	51.92	1,413.88
04	LÁMINAS DE CFRP				18,896.41
04.01	REFORZAMIENTO CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO	ml	60.50	312.34	18,896.41
05	PINTURA				274.70
05.01	PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS	m2	27.23	10.09	274.70
COSTO DIRECTO					25,025.66
GASTOS GENERALES 10.00%					2,502.57
UTILIDAD 10.00%					2,502.57
SUBTOTAL					30,030.79
IGV (18%)					5,405.54
TOTAL					35,436.33

Para tener en cuenta un análisis real se ha realizado un presupuesto con sus respectivos análisis de precios unitarios y metrados.

Al observar las tablas se puede apreciar la diferencia los presupuesto, ya que el reforzamiento con fibras de carbono es 2.6 veces más caro que el método convencional. Sin embargo; en el caso de construcciones como centros comerciales, edificaciones, oficinas, estacionamientos donde se requiera el reforzamiento de las vigas se debe tomar en cuenta las alturas entre pisos, ya que puede afectar la altura mínima que nos muestra el Reglamento Nacional de Edificaciones A.10.

En estos casos ayudaría a mejorar las nuevas demandas de resistencia y a su vez cumpliría con las alturas mínimas establecidas por el RNE A.10.

3.5.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO					Fecha del presupuesto:
						01/05/2018	
01.00 OBRAS PRELIMINARES							
Partida	01.01	TRAZO Y REPLANTEO					
Rendimiento:	m2/DIA	MO.400.0000	EQ.400.0000	Costo unitario directo	por:m3	0.38	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0020	25.08	0.05	
010101004	PEON	hh	1.0000	0.0200	15.77	0.32	
						0.37	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.37	0.02	
						0.02	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO					Fecha del presupuesto:
						01/05/2018	
01.02 INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.							
Rendimiento:	m2/DIA	MO.25.0000	EQ.25.0000	Costo unitario directo	por:m2	15.57	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0320	25.08	0.80	
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	17.52	5.61	
010101004	PEON	hh	1.0000	0.3200	15.77	5.05	
						11.46	
Materiales							
010101023	MADERA PARA ANDAMIOS	p2		1.3500	2.62	3.54	
						3.54	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	11.46	0.57	
						0.57	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO					Fecha del presupuesto:
						01/05/2018	
02.00 CONCRETO ARMADO							
Partida	02.01	DEMOLICIÓN DE CONCRETO PARA GENERAR PUNTOS DE ADHERENCIA					
Rendimiento:	m3/DIA	MO.0.3000	EQ.0.3000	Costo unitario directo	por:m3	511.78	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	2.6667	25.08	66.88	
010101004	PEON	hh	1.0000	26.6667	15.77	420.53	
						487.41	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	487.41	24.37	
						24.37	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO	Fecha del presupuesto: 01/05/2018				
Partida	02.02	ACARREO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN A UNA DISTANCIA MENOR A 50M CON CARRETILLAS					
Rendimiento:	m3/DIA	MO.10.0000 EQ.10.0000	Costo unitario directo por:m3			28.60	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	25.08	2.01	
010101004	PEON	hh	2.0000	1.6000	15.77	25.23	
						27.24	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	27.24	1.36	
						1.36	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO	Fecha del presupuesto: 01/05/2018				
Partida	02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE VOLQ.5M3					
Rendimiento:	m3/DIA	MO.50.0000 EQ.50.0000	Costo unitario directo por:m3			58.63	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101003	OFICIAL	hh	0.5000	0.0800	17.52	1.40	
						1.40	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.40	0.07	
101010024	RETROEXCAVADORA SAE J1349 65.0KW	hm	1.0000	0.1600	182.2	29.15	
101010025	CAMIÓN VOLQUETE 6X4 330HP 10M3	hm	1.0000	0.1600	152.54	24.41	
						53.63	
Sub-partidas							
101010050	EXTENDIDO DE MATERIAL EN BOTADERO	m3		1.0000	3.60	3.60	
						3.60	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO	Fecha del presupuesto: 01/05/2018				
Partida	02.04	PERFORACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO ARMADO ENTRE 10 Y 30CM					
Rendimiento:	ml/DIA	MO.30.0000 EQ.30.0000	Costo unitario directo por:ml			5.56	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	25.08	0.67	
010101004	PEON	hh	1.0000	0.2667	15.77	4.21	
						0.67	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.67	0.03	
101010024	TALADRO CON BROCA DE Ø ENTRE 16 y 30 mm	hm	0.1000	0.0267	182.2	4.86	
						4.89	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO		Fecha del presupuesto: 01/05/2018		
Partida	02.05	HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO 5/8" FY=4200KG/CM2		Costo unitario directo		
Rendimiento:	Kg/DIA	MO.150.0000	EQ.150.0000	por:Kg	6.48	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
010101001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0267	25.08	0.67
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	17.52	0.93
						1.60
Materiales						
010101028	ALAMBRE N°16	Kg		0.2000	3.94	0.79
010101029	ACERO CORRUGADO 5/8" GRADO 60	Kg		1.0500	3.82	4.01
						4.80
Equipo						
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.60	0.08
						0.08

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO		Fecha del presupuesto: 01/05/2018		
Partida	02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		Costo unitario directo		
Rendimiento:	m2/DIA	MO.20.0000	EQ.20.0000	por:m2	56.55	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0400	25.08	1.00
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	17.52	7.01
						8.01
Materiales						
010101018	CLAVO 3"	Kg		0.3000	3.96	1.19
010101028	MADERA 2"X6"X10.5'	P2		5.3600	2.34	12.54
010101019	TRIPLAY FENOLICO 18mm	P2		11.3	3.05	34.41
						48.14
Equipo						
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	8.01	0.40
						0.40

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO		Fecha del presupuesto: 01/05/2018		
Partida	02.07	VACEADO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2		Costo unitario directo		
Rendimiento:	m3/DIA	MO.12.0000	EQ.12.0000	por:m3	392.96	
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
010101001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.3333	25.08	8.36
010101002	OPERARIO	hh	4.0000	2.6667	17.52	46.72
010101004	PEON	hh	8.0000	5.3333	15.77	84.11
						139.19
Materiales						

010101012	GASOLINA						
010101012	84 OCTANOS	gal		0.0083	7.20	0.06	
010101013	ARENA GRUESA	m3		0.5000	41.00	20.50	
010101014	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m4		0.8000	50.00	40.00	
010101015	CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		9.2000	18.29	168.27	
010101016	AGUA	m3		0.18	9.06	1.63	
							230.46
	Equipo						
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	139.19	6.96	
101010032	VIBRADOR PARA CONCRETO						
101010032	4 HP x 1.50"	hm	0.5000	0.3333	17.52	5.84	
101010033	MEZCLADORA DE CONCRETO /TAMBOR 12						
101010033	P3	hm	1.0000	0.6667	15.77	10.51	
							23.31

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO		Fecha del presupuesto: 01/05/2018			
03.00 REVOQUE							
Partida	03.01	LIMPIEZA, SELLADO, RESANE DE SUPERFICIE DEL CONCRETO					
Rendimiento:	m2/DIA	MO.3.0000	EQ.3.0000	Costo unitario directo por:m2			227.10
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.2667	25.08	6.69	
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	17.52	46.72	
010101004	PEON	hh	1.0000	2.6667	15.77	42.05	
							95.46
	Materiales						
	INYECCIÓN DE RESINA EPOXICA	kg		1.7000	74.63	126.87	
							126.87
	Equipo						
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	95.46	4.77	
							4.77

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO		Fecha del presupuesto: 01/05/2018			
Partida	03.02	TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5					
Rendimiento:	m2/DIA	MO.6.5000	EQ.6.5000	Costo unitario directo por:m2			51.92
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
010101001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.6154	25.08	15.43	
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	1.2308	17.52	21.56	
010101004	PEON	hh	0.5000	0.6154	15.77	9.70	
							46.70
	Materiales						
010101017	ARENA FINA	m3		0.0182	36.90	0.67	
010101015	CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		0.1190	18.29	2.18	
010101016	AGUA	m3		0.0043	9.06	0.04	
							2.89
	Equipo						
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	46.70	2.34	
							2.34

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO			Fecha del presupuesto: 01/05/2018		
04.00 LÁMINAS DE CFRP							
Partida	04.01 REFORZAMIENTO CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO						
Rendimiento:	ml/DIA	MO.60.0000	EQ.60.0000	Costo unitario directo por:ml			312.34
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	25.08	0.33	
010101002	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	17.52	4.67	
010101004	PEON	hh	2.0000	0.2667	15.77	4.21	
						9.21	
Materiales							
010101021	EPOXICO SIKADUR 30	kg		0.9000	47.15	42.44	
010101022	LÁMINA DE FIBRA DE CARBONO S612	ml		1.0000	260.23	260.23	
						302.67	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	9.21	0.46	
						0.46	

Presupuesto	301012	VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO			Fecha del presupuesto: 01/05/2018		
05.00 PINTURA							
Partida	04.01 PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS						
Rendimiento:	m2/DIA	MO.25.0000	EQ.25.0000	Costo unitario directo por:m2			10.09
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
010101001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0320	25.08	0.80	
010101002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	17.52	5.61	
						6.41	
Materiales							
LIJA PARA							
010101019	MADERA	und		0.1000	0.85	0.09	
010101020	SELLADOR PARA MUROS BLANCO	gln		0.1333	24.56	3.27	
010101021	LATEX PATO BLANCO/COLORES	gln		0.0400	19.66	0.79	
						3.36	
Equipo							
101010030	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	6.41	0.32	
						0.32	

3.5.4 METRADOS

01.00 OBRAS PRELIMINARES

TRAZO Y REPLANTEO

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
Losa	1	20.50	8.00	164.00			164.00
							164.00 M2

INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	1.00	20.50			20.50
En yy	5	8.00	1.00	40.00			40.00
							60.50 M2

02.00 CONCRETO ARMADO

DEMOLICIÓN DE CONCRETO PARA GENERAR PUNTOS DE ADHERENCIA

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13	0.05	0.26	0.26
En yy	5	8.00	0.25	10.00	0.05	0.50	0.50
							0.76 M3

ACARREO DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN A UNA DISTANCIA MENOR A 50M CON CARRETILLAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13	0.05	0.26	0.26
En yy	5	8.00	0.25	10.00	0.05	0.50	0.50
							0.76 M3

ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN EN VOLQ.5M3

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13	0.05	0.26	0.26
En yy	5	8.00	0.25	10.00	0.05	0.50	0.50
							0.76 M3

PERFORACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO ARMADO ENTRE 10 Y 30CM

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
VIGA VP101							
Eje 1 y 2 entre B	14	3.85	0.20				2.80
Eje 2 y 3 entre B	15	4.18	0.20				3.00
Eje 3 y 4 entre B	13	3.38	0.20				2.60
Eje 4 y 5 entre B	12	3.03	0.20				2.40
Eje 5 y 6 entre B	11	2.25	0.20				2.20
Eje 6 y 7 entre B	12	3.05	0.20				2.40
VIGA VP							
Eje 1 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 2 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 3 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 4 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 5 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 6 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 7 entre A y B	13	3.25	0.20				2.60
Eje 1 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 2 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 3 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 4 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 5 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 6 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
Eje 7 entre B y C	16	4.05	0.20				3.20
							56.00 ML

HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO 5/8" FY=4200KG/CM2

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	PESO NOMINAL KG	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
VIGA VP101	2	20.50				1.55	63.55
	77	0.70				1.55	83.55
VIGA VP101	10	8.00				1.55	124.00
	203	0.70				1.55	220.26
							491.35 KG

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13			5.13
	2	20.50	0.10	4.10			4.10
En yy	5	8.00	0.25	10.00			10.00
	10	8.00	0.10	8.00			8.00
							27.23 M2

VACEADO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13	0.40	2.05	2.05
En yy	5	8.00	0.25	10.00	0.40	4.00	4.00
							6.05 M3

04.00 REVOQUE**LIMPIEZA, SELLADO, RESANE DE SUPERFICIE DEL CONCRETO**

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13			5.13
En yy	5	8.00	0.25	10.00			10.00
							15.13 M2

TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13			5.13
	2	20.50	0.10	4.10			4.10
En yy	5	8.00	0.25	10.00			10.00
	10	8.00	0.10	8.00			8.00
							27.23 M2

04.00 LÁMINAS DE CFRP**REFORZAMIENTO CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO**

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50					20.50
En yy	5	8.00					40.00
							60.50 ML

05.00 PINTURA**PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	ML		AREA M2 A	ALTO H	VOLUMEN M3 $\Sigma = (A*H)$	TOTAL
		LARGO	ANCHO				
En xx	1	20.50	0.25	5.13			5.13
	2	20.50	0.10	4.10			4.10
En yy	5	8.00	0.25	10.00			10.00
	10	8.00	0.10	8.00			8.00
							27.23 M2

3.6 ANÁLISIS DE TIEMPO DE EJECUCIÓN:

Mediante los siguientes cronogramas podemos evidenciar la diferencia de los tiempos de ejecución mediante los métodos de encamisados y reforzamiento de fibra de carbono, por consecuencia en cuestiones de tiempo el reforzamiento mediante láminas de carbono reduce significativamente el tiempo de puesta en servicio de las estructuras.

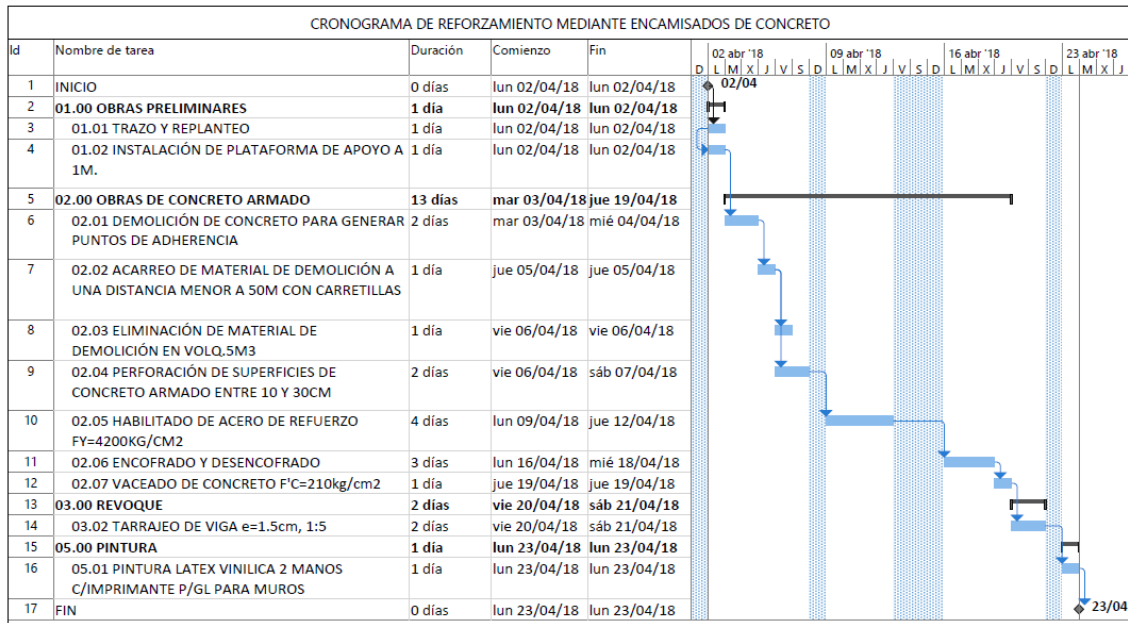


Figura 1.7 Cronograma mediante reforzamiento de encamisado de concreto

Fuente: Elaboración propia

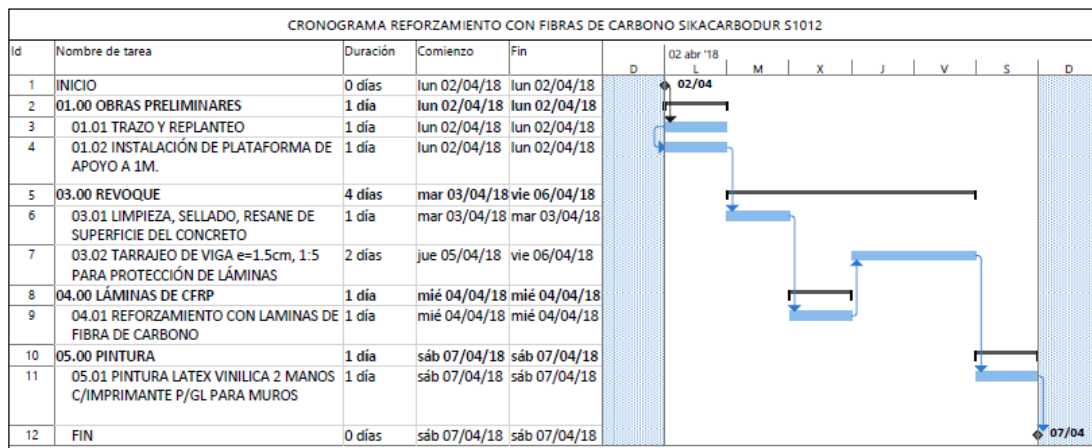


Figura 1.8 Cronograma mediante reforzamiento de fibra de carbono

Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIONES

- En la hipótesis:” Sera más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto”.

Según Juan Borja y William (2015, p.88). “El módulo de rotura en vigas de 150x150x500mm sin refuerzo obtuvo una resistencia de 4.31 MPa en comparación a las vigas con reforzamiento de Fibra de Carbono el cual obtuvo una resistencia a la flexión de 6.39 Mpa lo cual indica un incremento de 51.78%”.

En la presente tesis al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **20.02 tn-m**.

Esto comprueba el aumento significativo del momento de aumentando un **30.51%**; pero esto dependerá de las características físicas del elemento, así como de las fibras.

- En la hipótesis:” Es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto”.
- Según **Alegre Gianfranco (2017, p.66)**. A partir del análisis de costos, se puede apreciar que el costo unitario del reforzamiento de la viga con fibra de carbono, es de S/. 237.35 por ml, mucho mayor que el reforzamiento de viga mediante el incremento de su sección cuyo costo es S/. 164.69. En la presente tesis el análisis comparativo de costos real se evidencio que del modo tradicional “**encamisados de concreto**” se obtuvo un precio de S/. 12,854.56 en comparación “**reforzamiento por fibras de carbono**” el cual costo es S/. 35,436.30.

Por lo tanto, se evidencia una diferencia de 2.72 veces, lo cual lo hace más económico, afirmando lo que indica el autor, que es más costoso implementar el sistema de reforzamiento por fibras de carbono, pero no es lo único que se debe evaluar en las estructuras, como, por ejemplo: Las alturas permitidas, durante un cambio de uso de una edificación.

- En la hipótesis: “Aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto”.

Según Proaño Luis (2011, p.101). “En el factor tiempo, se pudo evidenciar que la partida refuerzo de fibra de carbono por encamisado es mayor al del reforzamiento CFRP mediante el sistema MBACE lo cual reduce el tiempo para ser puesta en uso”.

En cuestión de tiempo de ejecución se apreció que el método de reforzamiento por fibras de carbono se programó para realizarlo en 5 días en comparación del método de encamisados de concreto que demoro 17 días hábiles para la elaboración de este proyecto.

Lo cual indica que se redujo un 3.4 veces el tiempo de ejecución, para colocar la edificación en uso; afirmando lo mencionado por el autor.

4. En la hipótesis:” La aplicación de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto”.

Según Proaño (2011, p.99). “De los resultados de la viga de control y las vigas 1A (viga con refuerzo superior de $2\text{Ø}3/8$ ”, refuerzo inferior de $2\text{Ø}3/4$ ” y estribos de $1/2"@100\text{mm}$) y 1B (viga con refuerzo superior de $2\text{Ø}3/8$ ”, refuerzo inferior de $8\text{Ø}3/8$ ” y estribos de $1/2"@100\text{mm}$) con el mismo refuerzo en tracción se ha observado que el reforzamiento es efectivo ya que se ha conseguido aumentar la capacidad de carga un 26.5%”.

En la presente tesis al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **20.02 tn-m**.

Esto comprueba un aumento significativo en el momento de **30.51%**, pero este aumento; dependerá de las características físicas del elemento, así como de las fibras.

V. CONCLUSIONES

- Se pudo demostrar en el reforzamiento por fibra de carbono lo siguiente:

A). En la viga V101-201 (25*50)

Al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, se obtuvo un momento de **20.02 tn-m**, pero al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm** se obtuvo un momento existente a **20.22 tn-m**; resultando una diferencia de 0.20tn-m, un resultado no muy significativo.

Al aplicar 2 láminas de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, se obtuvo un momento de **20.95 tn-m**, pero al aplicar 2 láminas de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm** se obtuvo un momento existente a **21.19 tn-m**; resultando una diferencia de 0.24 tn-m, un resultado no muy significativo.

B). En la viga VP (25*45)

Al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, se obtuvo un momento de **18.54 tn-m**, pero al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm** se obtuvo un momento existente a **19.47 tn-m**; resultando una diferencia de 0.93 tn-m, un resultado no muy significativo.

Al aplicar 2 láminas de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, se obtuvo un momento de **20.16 tn-m**, pero al aplicar 2 láminas de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm** se obtuvo un momento existente a **20.50 tn-m**; resultando una diferencia de 0.34 tn-m, un resultado no muy significativo.

Esto evidencia que mejora su momento existente, de forma mínima entre los 2 tipos de espesores de fibra de carbono y esto puede variar cambiando las dimensiones de las fibras.

- En el análisis comparativo de costos real donde involucramos precios unitarios y metraje de un proyecto se evidencio que del modo tradicional “**encamisados de concreto**” se obtuvo un precio de S/.14,957.86 en comparación “**reforzamiento por fibras de carbono**” el cual costo es S/.35,436.33; en donde se evidencia una diferencia de 2.37 veces, lo cual lo hace más económico; pero asimismo se deben evaluar diferentes conceptos como el cambio de alturas mínimas establecidas en el RNE A0.10 en edificaciones como garajes, centros comerciales, etc.
- En cuestión de tiempo de ejecución se apreció que el método de reforzamiento por fibras de carbono se programó para realizarlo en 5 días en comparación del método de encamisados de concreto que demoro 17 días hábiles para la elaboración de este proyecto, lo cual redujo un 3.4 veces, para colocar la edificación en uso.
- Se pudo demostrar que en el reforzamiento por fibra de carbono contribuye de forma exponencial los momentos existentes y que cumple con los momentos resistentes en el cambio de uso (de vivienda a tienda):

A). En la viga V101-201 (25*50)

Al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **20.02 tn-m** aumentando un **30.51%**.

Pero al aplicar 1 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm**, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **20.22 tn-m** en un **31.81%**, cumpliendo con el cambio de uso de una edificación cuyo momento existente es de **19.24 tn-m** el cual es menor a los momentos mostrados.

Al aplicar 2 lámina de platina de fibra de carbono **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100mm**, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **20.95 tn-m** aumentando un **36.57%**.

Pero al aplicar 2 láminas de platina de fibra de carbono

SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90mm, mejoro su momento existente de **15.34 tn-m** a **21.19 tn-m** en un **38.14%**, cumpliendo con el cambio de uso de una edificación cuyo momento existente es de **19.24 Tn-m** el cual es menor a los momentos mostrados.

B). En la viga VP (25*45)

Al aplicar 1 lámina **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100 mm**, mejoro su momento existente de **15.46 Tn-m** a **18.54 tn-m** en un **19.92%**. Pero al aplicar 1 lámina **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90 mm** mejoro su momento existente de **15.46 tn-m** a **19.47 tn-m** en un **25.94%**, no cumpliendo con el cambio de uso de una edificación cuyo momento existente es de **19.92 Tn-m**; lo cual nos dice que debemos aplicar reforzarlos con más fibras.

Al aplicar 2 láminas **SIKACARBODUR S1012 e=1.2mm, b=100 mm**, mejoro su momento existente de **15.46 Tn-m** a **20.16 tn-m** en un **30.40%**. Pero al aplicar 1 lámina **SIKACARBODUR M914 e=1.4mm, b=90 mm** mejoro su momento existente de **15.46 tn-m** a **20.50 tn-m** en un **32.60%**, cumpliendo con el cambio de uso de una edificación cuyo momento existente es de **19.92 Tn-m** el cual es menor a los momentos mostrados.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones es imprescindible revisar los siguientes conceptos en el campo de diseño y ensayos de laboratorio:

- Para próximas investigaciones que involucren ensayos mecánicos de elementos estructurales con fibras de carbono se debe tomar en cuenta el tema de delaminación, para ello es preferible añadir un refuerzo de fibra de forma perpendicular en los extremos para evitar este desprendimiento.
- Es imprescindible realizar diseños e investigar los posibles tipos de fibras a estudiar como lo visualizado en el ámbito económico es más factible aplicar menos fibra de carbono, cambiando el tipo de características física (dimensiones) y mecánica; que aplicar varias fibras, porque el aumento entre una 1 o más fibras es mínimo.
- El tiempo de ejecución entre los tipos de reforzamiento “encamisados de fibra de carbono” y “reforzamiento por fibras de carbono” va a depender de la exigencia del propietario para ser puesta en uso.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, Gianfranco (2017) en su tesis titulada: “Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. [En línea]. Para optar el título de Licenciado en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017 [Fecha de consulta: 12 de octubre 2017]. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9254>.
- ÁLVAREZ, Pablo. Análisis diseño y comportamiento de vigas de hormigón armado reforzadas exteriormente con fibra de carbono para obra de reparación. [En línea]. Disertación previa a la obtención del título de ingeniero civil. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2013 [Fecha de consulta: 25 de noviembre 2017]. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9573>.
- BBC MUNDO. Como la fibra de carbono está revolucionando la aviación. [En línea]. 2014 [fecha de consulta 12 de diciembre del 2017]. Disponible en: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/01/140129_tecnologia_aviones_fibra_carbono
- BERNAL, Cesar A. Metodología de la investigación [en línea]. 2.ª ed. Colombia: Pearson, 2010 p.117, 160. [fecha de consulta 08 de noviembre 2017]. ISBN: 978-958-699-128-5.
- BORJA, Quinatnilla, William David; REA Castillo, Juan Pablo. Análisis comparativo del módulo de rotura en vigas de hormigón simple y vigas reforzadas con fibra de carbono con una resistencia a la compresión de 28 MPa utilizando agregados del sector Guayllabamba y cemento holcim tipo HE. [En línea]. Trabajo de Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil. Carrera de Ingeniería Civil. Quito: UCE, 2015 [Fecha de consulta: 25 de noviembre 2017]. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4455>.
- BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. 1.ª ed. Trujillo, 2012 p.13, 14, 33. [fecha de consulta 08 de noviembre 2017].
- DORIS, Karl y Jahn BERNHARD. Consumo Mundial 2012 de materiales compuestos de fibra de carbono, Revista de plásticos modernos. Madrid, 2013. Vol 105 número675.

- FLORES, José. Incremento de la capacidad de columnas de concreto con la adición de confinamiento externo con mantas de fibra de carbono. [En línea]. Informe de suficiencia para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2015 [Fecha de consulta: 12 de octubre 2017]. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2522>.
- GOMEZ, Sergio. Metodología de la investigación 1.ª ed. México, 2012 p.35. Mexico: RED TERCER MILENIO S.C, p.1. [Consultado 08 de Noviembre 2017]. ISBN 978-607-733-149-0.
- HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación 6.ª ed. México, 2014 p.130. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. [Consultado 08 de Noviembre 2017]. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- INACAL. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034. Ensayo de compresión en probetas cilíndricas [en línea]. 4.ª ed. Lima, 2015. p.1. Disponible en: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303
- INACAL. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.078. Ensayo a flexión a vigas en tercios de luz. [en línea]. 4.ª ed. Lima, 2012. p.1. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/346339538/Ntp-339-034-99-Ensayo-Resistencia-Compresionn>.
- LLANO, Carolina s/f Fibra de Carbono - Presente y futuro de un material revolucionario. Consulta: 19 de octubre de 2017. Disponible en: <http://www.metalactual.com/revista/11/materialescarbono.pdf>.
- MICHELLE, E. Fibras sintéticas y especiales. [mensaje de blog] [Consultado 08 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://todosobrelasfibrassinteticas.blogspot.pe/2013/05/fibra-de-carbono.html>.
- Norazman Mohamad, Mohd Hanif Ahmad Boestamam, Mohammed Alias. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) as Reinforcement for Concrete Beam. scientific article. Universiti Pertahanan Nasional. Kuala Lumpur Malaysia, 2013 [Fecha de consulta: 29 de noviembre 2017]. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Carbon-Fiber-Reinforced-Polymer-CFRP-as-Reinforcem-Nor-Boestamam/410b3cd9bf2867435b34c281e0608618c5bafd9b>.

- OJEDA, Mariano. Tecnología de los plásticos [En línea],2011 [Fecha de consulta: 08 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/11/fibra-de-carbono.html>.
- OTAZZI, Guianfranco. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. [En línea]. Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2004. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1055/OTAZZI_PASINO_GIANFRANCO_MATERIAL_ENSE%20ANZA_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1
- PAJON, Javier [en línea]. Disponible en: <http://www.uhu.es/javier.pajon/apuntes/FUERZAS%20TENSIONES%20Y%20DEFORMACIONES.pdf>
- PROAÑO, Luis. *Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibras de carbono*. [En línea]. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. [Fecha de consulta: 12 de noviembre 2017]. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2522>.
- SIKA Perú. Sika Carbodur [en línea]. 4.ª ed. Lima 2014. Disponible en: <http://per.sika.com/dms/getdocument.get/7c254498-a63b-351b-8136-39b9d7e0a139/HT-SIKA%20CARBODUR.pdf>.
- SIKA PERÚ. Sikadur-30 [en línea]. 4.ª ed. Lima 2014 Disponible en: <http://per.sika.com/dms/getdocument.get/1328c8ed-7382-3e04-91fa-b2f843ddd707/HT%20-%20Sikadur%2030.pdf>.
- SIKA PERÚ. SikaWarp-600C [en línea]. 3.ª ed. Lima 2014. Disponible en: <http://per.sika.com/dms/getdocument.get/4ff5d0a1-be78-377c-b8f2-b577dc8efeb6/HT-SIKA%20WRAP%20600C.pdf>.
- SIKA PERÚ. SIKADUR-301 [en línea]. 3.ª ed. Disponible en: <http://per.sika.com/dms/getdocument.get/63bd1ee2-bf56-3cee-ae8c-ce2c3507c5f1/HT-SIKADUR%20301.pdf>.

- SIKA PRECIOS [en línea]. Quito 2016. Disponible en: [http://www.aliatubos.com/download/2016/sika_esp_16.pdf
- TANTALEAN, Luis. Revista Civilízate PUCP [en línea]. Lima, 2013. p.46 [Consultado 08 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/download/10128/10565>.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Problema general</p> <p>¿Será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>1. ¿Es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto?</p> <p>2. ¿Aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto?</p> <p>3. ¿La aplicación de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar si será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>1. Determinar si es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto.</p> <p>2. Determinar cómo al aplicar fibras de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto.</p> <p>3. Determinar como la aplicación de fibras de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Será más eficiente aplicar fibras de carbono de 1.4mm de espesor en comparación a las fibras de 1.2 mm para el reforzamiento de vigas de concreto.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>1. Es favorable económicamente aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor en el reforzamiento de vigas de concreto.</p> <p>2. Aplicar fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor para el reforzamiento de vigas de concreto reducirá el tiempo de ejecución en comparación al encamisado de concreto.</p> <p>3. La aplicación de fibra de carbono de 1.2mm y 1.4 mm de espesor cumplirá con el cambio de servicio en el reforzamiento de vigas de concreto.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>FIBRAS DE CARBONO DE 1.2mm Y 1.4 mm</p> <p>Variable dependiente</p> <p>REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO</p>	<p>1. Propiedades mecánicas</p> <p>2. Propiedades físicas</p> <p>3. Resistencia Mecánica</p> <p>4. Comportamiento estructural</p> <p>5. Presupuesto por partidas</p> <p>6. Tiempo de ejecución</p>	<p>1.1 Resistencia a la tracción</p> <p>1.2 Resistencia a la rotura</p> <p>1.3 Modulo de elasticidad</p> <p>1.4 Deformación</p> <p>2.1 Longitud</p> <p>2.2 Ancho</p> <p>2.3 Espesor</p> <p>3.1 Resistencia a la flexión</p> <p>4.1 Deformaciones</p> <p>5.1 Costo del reforzamiento por partidas</p> <p>6.1 Cronograma de obra</p>

Fuente: Elaboración propia

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM
FIBRA DE CARBONO DE 1.2mm Y 1.4 mm DE ESPESOR	MiChelle, E (2013). Es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada filamento de carbono es la unión de muchos miles de fibras de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliácilonitrilo. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la flexión	Según ficha técnica del proveedor
			Resistencia a la compresión	Según ficha técnica del proveedor
			Módulo de elasticidad	Según ficha técnica del proveedor
			Deformación	Según ficha técnica del proveedor
		Propiedades físicas	Longitud	Según ficha técnica del proveedor
			Ancho	Según ficha técnica del proveedor
			Espesor	Según ficha técnica del proveedor

Autor: Tesista, Fecha: 21/10/2017, Fuente: Propia.

Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM
REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO	ALEGRE, Gianfranco (2017). El término de reforzamiento estructural nace por consecuencia de un proceso constructivo inadecuado, materiales pobres e inadecuados, daños a partes estructurales, el incremento de cargas por servicio en ambientes omitidos en relación al diseño original de la estructura u otros factores (p.7).	Resistencia mecánica	Resistencia a la flexión	Diseño a flexión: RNE E0.60 ACI318 ACI 440-2R
		Comportamiento estructural	Deformaciones	Diagrama momento-curvatura
		Presupuesto por partida	Costo de reforzamiento por partida	Análisis de precios unitarios por partidas
		Tiempo de ejecución	Cronograma de obra	Cronograma de obra por partidas

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

PRUEBA DE CONFIABILIDAD TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Nina Gomez**
Título del ejercicio: **TESIS1**
Título de la entrega: **reforzamiento**
Nombre del archivo: **UCVDPI_2018_NINA_GOMEZ_JUA...**
Tamaño del archivo: **2.41M**
Total páginas: **123**
Total de palabras: **23,528**
Total de caracteres: **127,686**
Fecha de entrega: **25-jun-2018 08:16p.m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega: **978570269**



Derechos de autor 2018 Turnitin. Todos los derechos reservados.

ANEXO 3

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO: Reforzamiento de vigas de concreto con fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor.
Concreto Simple.

UBICACIÓN: Lima-Perú.

FECHA:

MATERIAL: Juan Alexis Nina Gomez

ELABORADO POR: : PROBETAS CILINDRICAS

1. MUESTRA: : NTP 339.034:2015.

2. MÉTODO DEL ENSAYO : 15X30cm

3. DIMENSIONES DEL ESPÉCIMEN :

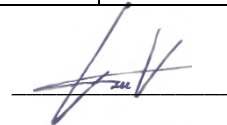
4. RESULTADOS:

PROBETAS CILINDRICAS.

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE ENSAYO	EDAD DEL ESPÉCIMEN (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)

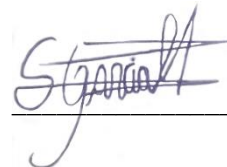
Revisado por: Juan José Lázaro Vásquez

CIP: 148659



Segundo Julio García Machay

CIP:184094



Kevin Chuquimamani Cayo

CIP: 203337



ANEXO 3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



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 : BINDA INGENIEROS S.A.
 Obra : IMPERMEABILIZACIÓN DE CUBETOS
 Ubicación : REFINERÍA LA PAMPILLA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 18-0449
 Recibo N° : 59171
 Fecha de emisión : 01/02/2018

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
 Certificado de Calibración CMC-083-2017
 3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
5	VP	29/12/2017	01/02/2018	178.0	38.555	216	Tipo 2
6	V101	29/12/2017	01/02/2018	179.3	38.668	214	Tipo 5

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

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. L. O. R.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 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.

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE REFORZAMIENTO POR ENCAMISADOS DE CONCRETO Y REFORZAMIENTO CFRP

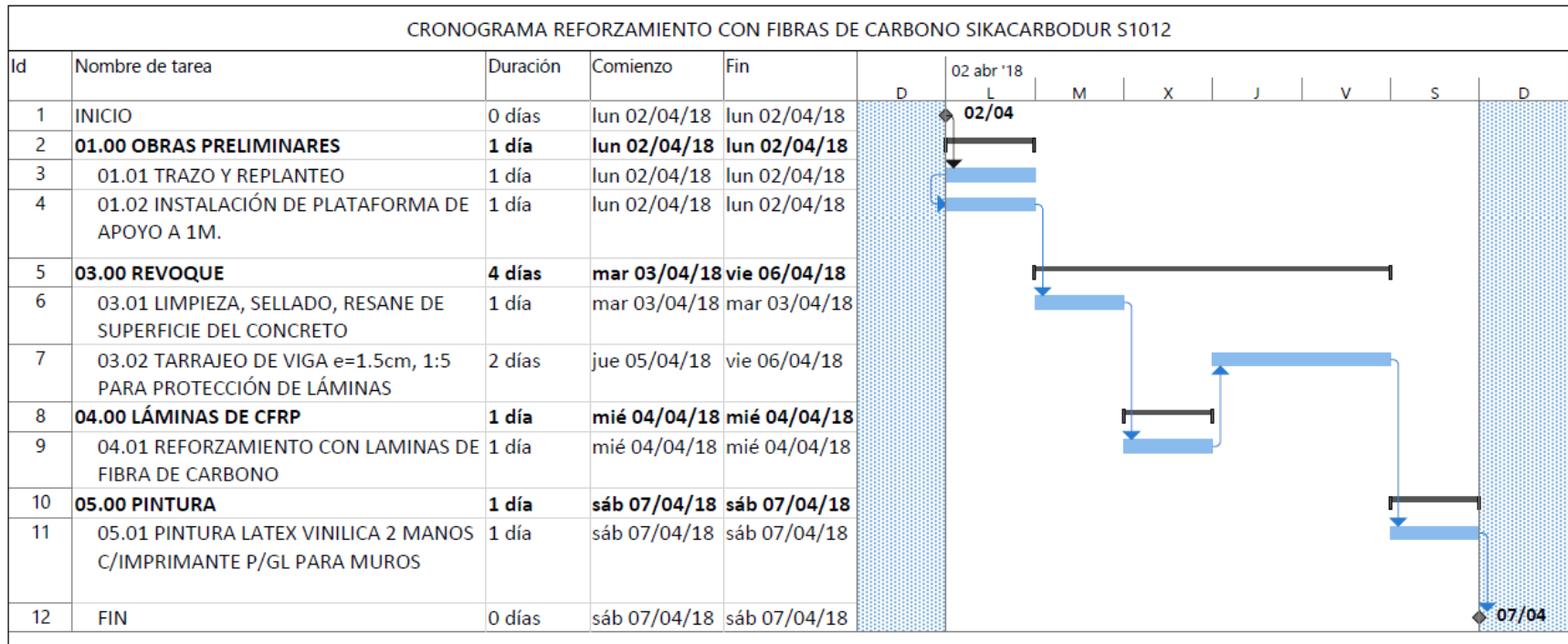
PRESUPUESTO DE REFORZAMIENTO POR ENCAMISADO DE CONCRETO					
Presupuesto: 301012		VIVIENDA MULTIFAMILIAR-COMERCIO			
Lugar: LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES		Costo al	01/05/2018		
ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				1,004.64
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	164.00	0.38	62.95
01.02	INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.	m2	60.50	15.57	941.69
02	CONCRETO ARMADO				7,870.24
02.01	DEMOLICIÓN DE CONCRETO PARA GENERAR PUNTOS DE ADHERENCIA	m3	0.76	511.78	388.96
02.02	ACARREO DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN A UNA DISTANCIA MENOR A 50M CON CARRETILLAS	m3	0.76	28.60	21.74
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN EN VOLQ.5M3	m3	0.76	58.63	44.56
02.04	PERFORACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO ARMADO ENTRE 10 Y 30CM	ml	56.00	5.56	311.41
02.05	HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO 5/8" FY=4200KG/CM2	kg	491.35	6.48	3,186.25
02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	27.23	56.55	1,539.92
02.07	VACEADO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2	m3	6.05	392.96	2,377.40
03	REVOQUE				1,413.88
03.02	TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5	m2	27.23	51.92	1,413.88
05	PINTURA				274.70
05.01	PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS	m2	27.23	10.09	274.70
	COSTO DIRECTO				10,563.46
	GASTOS GENERALES 10.00%				1,056.35
	UTILIDAD 10.00%				1,056.35
	SUBTOTAL				12,676.16
	IGV (18%)				2,281.71
	TOTAL				14,957.86

PRESUPUESTO DE REFORZAMIENTO POR FIBRA DE CARBONO					
Presupuesto: 301012		VIVIENDA MULTIFAMILIAR- COMERCIO			
Lugar: LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES		Costo al		01/05/2018	
ITEM	DESCRIPCION	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				1,004.64
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	ml	164.00	0.38	62.95
01.02	INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.	m2	60.50	15.57	941.69
03	REVOQUE				4,849.91
03.01	LIMPIEZA, SELLADO, RESANE DE SUPERFICIE DEL CONCRETO	m2	15.13	227.10	3,436.02
03.02	TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5	m2	27.23	51.92	1,413.88
04	LÁMINAS DE CFRP				18,896.41
04.01	REFORZAMIENTO CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO	ml	60.50	312.34	18,896.41
05	PINTURA				274.70
05.01	PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS	m2	27.23	10.09	274.70
COSTO DIRECTO					25,025.66
GASTOS GENERALES 10.00%					2,502.57
UTILIDAD 10.00%					2,502.57
SUBTOTAL					30,030.79
IGV (18%)					5,405.54
TOTAL					35,436.33

CRONOGRAMA MEDIANTE REFORZAMIENTO DE ENCAMISADO DE CONCRETO

CRONOGRAMA DE REFORZAMIENTO MEDIANTE ENCAMISADOS DE CONCRETO								
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	02 abr '18	09 abr '18	16 abr '18	23 abr '18
					D L M X J V S D	L M X J V S D	L M X J V S D	L M X J
1	INICIO	0 días	lun 02/04/18	lun 02/04/18	02/04			
2	01.00 OBRAS PRELIMINARES	1 día	lun 02/04/18	lun 02/04/18				
3	01.01 TRAZO Y REPLANTEO	1 día	lun 02/04/18	lun 02/04/18				
4	01.02 INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE APOYO A 1M.	1 día	lun 02/04/18	lun 02/04/18				
5	02.00 OBRAS DE CONCRETO ARMADO	13 días	mar 03/04/18	jue 19/04/18				
6	02.01 DEMOLICIÓN DE CONCRETO PARA GENERAR PUNTOS DE ADHERENCIA	2 días	mar 03/04/18	mié 04/04/18				
7	02.02 ACARREO DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN A UNA DISTANCIA MENOR A 50M CON CARRETILLAS	1 día	jue 05/04/18	jue 05/04/18				
8	02.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN EN VOLQ.5M3	1 día	vie 06/04/18	vie 06/04/18				
9	02.04 PERFORACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO ARMADO ENTRE 10 Y 30CM	2 días	vie 06/04/18	sáb 07/04/18				
10	02.05 HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2	4 días	lun 09/04/18	jue 12/04/18				
11	02.06 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	3 días	lun 16/04/18	mié 18/04/18				
12	02.07 VACEADO DE CONCRETO F'C=210kg/cm2	1 día	jue 19/04/18	jue 19/04/18				
13	03.00 REVOQUE	2 días	vie 20/04/18	sáb 21/04/18				
14	03.02 TARRAJEO DE VIGA e=1.5cm, 1:5	2 días	vie 20/04/18	sáb 21/04/18				
15	05.00 PINTURA	1 día	lun 23/04/18	lun 23/04/18				
16	05.01 PINTURA LATEX VINILICA 2 MANOS C/IMPRIMANTE P/GL PARA MUROS	1 día	lun 23/04/18	lun 23/04/18				
17	FIN	0 días	lun 23/04/18	lun 23/04/18				23/04

CRONOGRAMA MEDIANTE REFORZAMIENTO DE FIBRA DE CARBONO



ANALISIS COMPARATIVO DE REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DE 1.2mm Y 1.4mm DE ESPESOR.

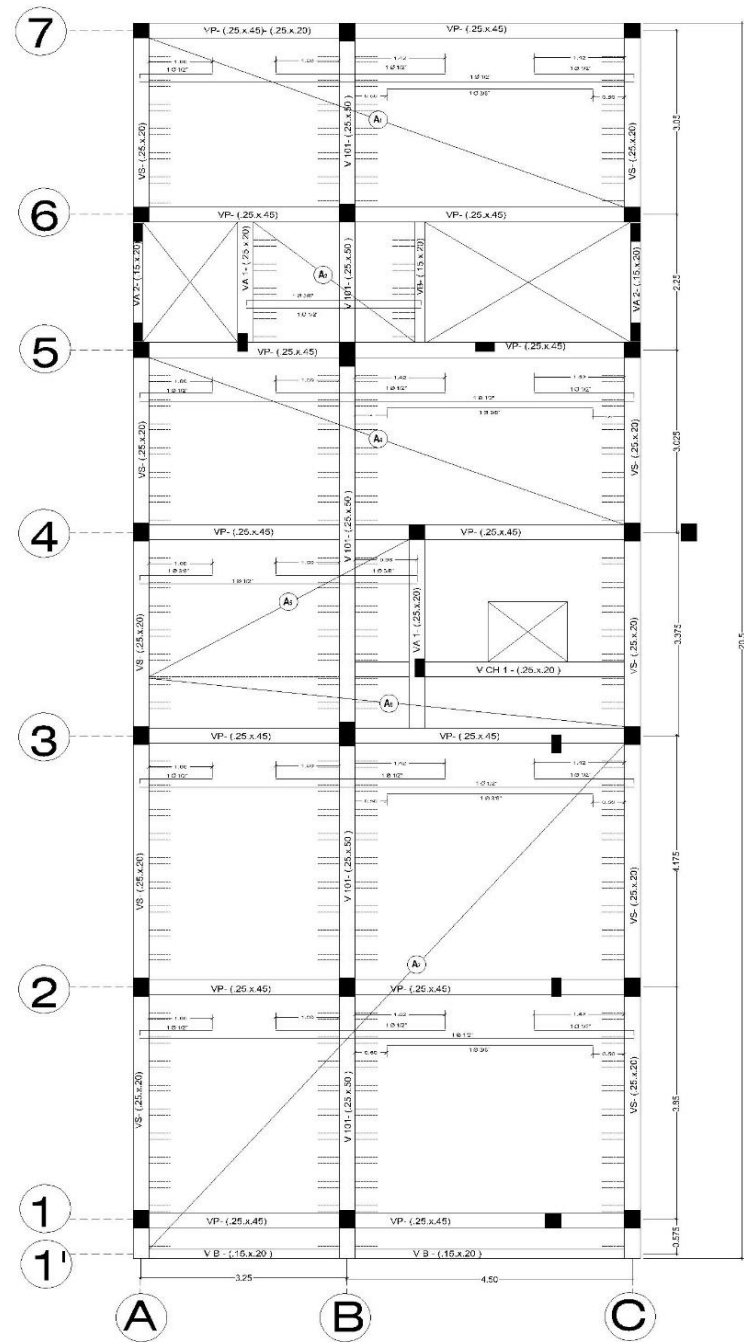
CUADRO COMPARATIVO DE LA VIGA 101-201 0.25X.05

	Estado actual S/C =200kg/m ²	Aumento de carga S/C= 500kg/m ²	Aumento de sección por encamisado	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 2 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras
WD	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m		2.43 Tn/m	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m	2.43 Tn/m
WL	0.78 Tn/m	1.94 Tn/m		1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m
WS	3.21 Tn/m	4.37 Tn/m		4.37 Tn/m	4.37 Tn/m	4.37 Tn/m	4.37 Tn/m
WU	4.73 Tn/m	6.70 Tn/m		6.70 Tn/m	6.70 Tn/m	6.70 Tn/m	6.70 Tn/m
Mws	6.99 Tn-m	9.52 Tn-m		9.52 Tn-m	9.52 Tn-m	9.52 Tn-m	9.52 Tn-m
Mwu	10.30 Tn-m	14.60 Tn-m		14.60 Tn-m	14.60 Tn-m	14.60 Tn-m	14.60 Tn-m
ØMn	15.34 TN-m	19.24 TN-m	3.90 TN-m	20.02 TN-m	20.95 TN-m	20.22 TN-m	21.19 TN-m
A(+)	6.61 cm ²	9.73 cm ²	3.12 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²	6.61 cm ²
A(-)	3.69 cm ²	3.69 cm ²	0.00 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²	3.69 cm ²

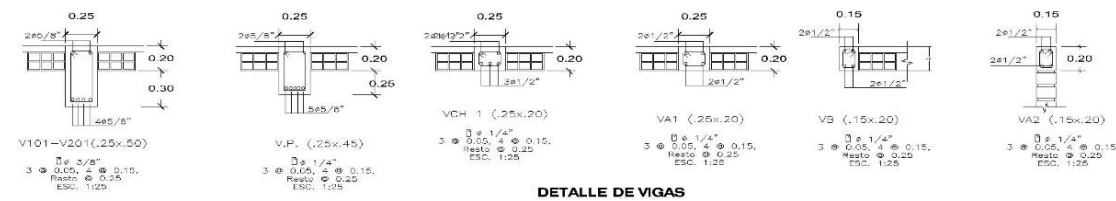
CUADRO COMPARATIVO DE LA VIGA VP 0.25X.045

	Estado actual S/C =200kg/m ²	Aumento de carga S/C= 500kg/m ²	Aumento de sección por encamisado d = 35cm	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR S1012, b= 100mm, e=1.2mm con 2 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras	CFRP SIKA CARBODUR M914, b= 90mm, e=1.4mm con 1 tiras
WD	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m		2.40 Tn/m	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m	2.40 Tn/m
WL	0.78 Tn/m	1.94 Tn/m		1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m	1.94 Tn/m
WS	3.18 Tn/m	4.34 Tn/m		4.34 Tn/m	4.34 Tn/m	4.34 Tn/m	4.34 Tn/m
WU	4.69 Tn/m	6.66 Tn/m		6.66 Tn/m	6.66 Tn/m	6.66 Tn/m	6.66 Tn/m
Mws	8.05 Tn-m	10.99 Tn-m		10.99 Tn-m	10.99 Tn-m	10.99 Tn-m	10.99 Tn-m
Mwu	11.86 Tn-m	16.85 Tn-m		16.85 Tn-m	16.85 Tn-m	16.85 Tn-m	16.85 Tn-m
ØMn	15.46 TN-m	19.92 TN-m	4.46 TN-m	18.54 TN-m	20.16 TN-m	19.47 TN-m	20.50 TN-m
A(+)	8.94 cm ²	13.55 cm ²	4.61 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²	8.94 cm ²
A(-)	3.27 cm ²	3.27 cm ²	0.00 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²	3.27 cm ²

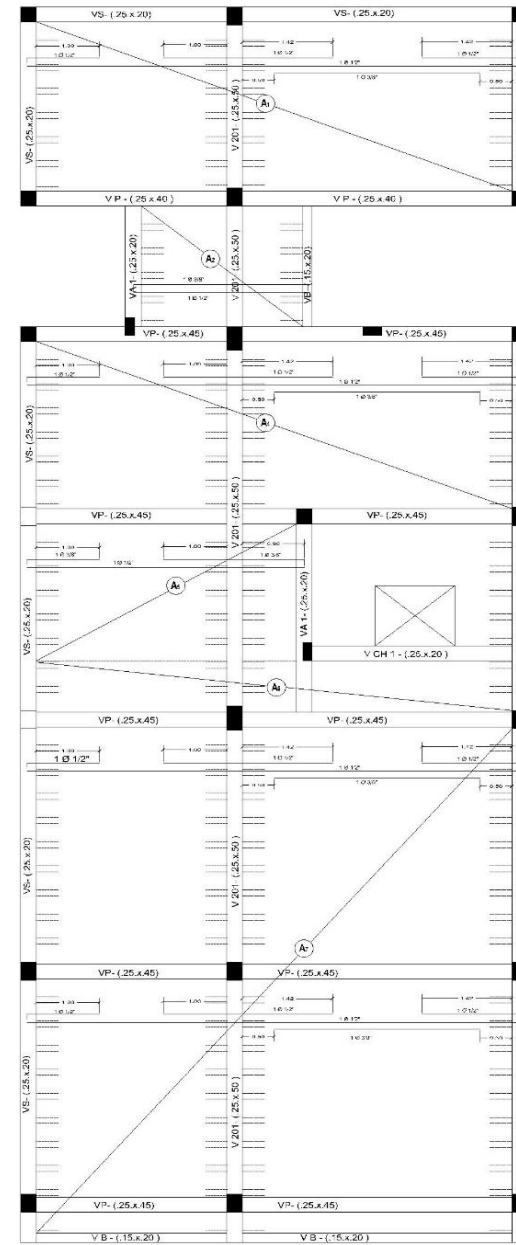
PLANOS DEL ALIGERADO Y VIGAS VP- V101.



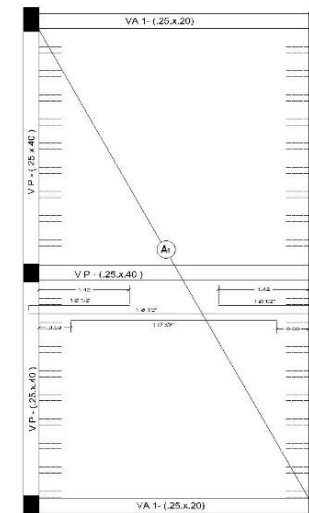
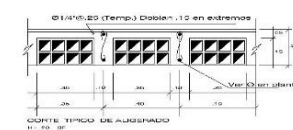
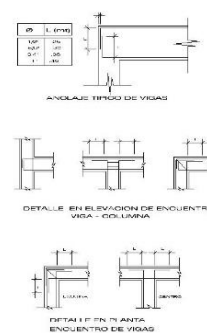
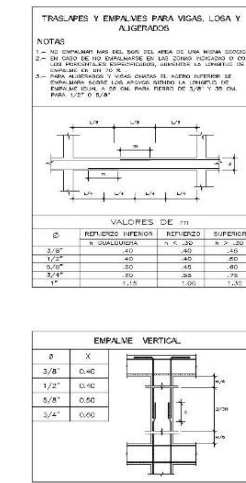
LOSA ALIGERADA 1ER PISO



DETALLE DE VIGAS



LOSA ALIGERADA 2do y 3er PISO



LOSA ALIGERADA AZOTEA

ALUMNO:	JUAN ALEXIS NINA GOMEZ		
TÍTULO:	REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO CON FIBRAS DE CARBONO DE 1.2 Y 1.4MM DE ESPESOR		
PROYECTO:	VIVIENDA - ZONA DE ALMACENAMIENTO		
PLANO:	LOSAS ALIGERADAS		
DPTO:	CALLAO	DIST:	VENTANILLA-KM25
PROF:	CALLAO	REVISTADO:	
ESCALA:	S/E	FECHA:	MAYO, 2018



E-02



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

NINA GOMEZ, JUAN ALEXIS

INFORME TITULADO:

REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO CON FIBRAS DE CARBONO DE 1.2 MM Y 1.4 MM DE ESPESOR.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

06/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

15 (Quince)



[Signature]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la
 Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública
 de mi trabajo de investigación titulado
 "Reforzamiento de vigas de concreto con fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor". en
 el Repositorio institucional de la UCV
 (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre
 Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

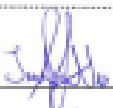
.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA *Juan Nieto Uma Costa*

DNI: 72651132

FECHA: 06 DE JULIO DEL 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	-------------------------------	--------	---------------------	--------	------------------------------------


 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Rodolfo Marquina Callacna docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Cede Los Olivos – Lima, revisor (a) de la tesis titulada

“Reforzamiento de vigas de concreto con fibras de carbono de 1.2mm y 1.4mm de espesor”, del (de la) estudiante: Juan Alexis Nina Gomez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Lima, 06 Julio del 2018



 Firma
 Rodolfo Marquina Callacna
 DNI: 72651132

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

