

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE LA FIBRA DE CARBONO EMPLEADA COMO REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO, LIMA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil

Autores:

Jonathan Alexander Saavedra Herrera
Luis Alfredo Ortiz Campos

Asesor:

Mg. Alberto Ruben Vasquez Diaz

Lima - Perú
2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Alberto Ruben Vasquez Diaz, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Saavedra Herrera, Jonathan Alexander.
- Ortiz Campos, Luis Alfredo.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de vigas de concreto armado estándar, en el departamento de Lima para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Saavedra Herrera, Jonathan Alexander; Ortiz Campos, Luis Alfredo para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima- 2021.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la fortaleza y haberme dado sabiduría e inteligencia para seguir adelante y permitirme llegar a este punto de la vida de poder realizar este proyecto

AGRADECIMIENTO

A mis maestros, que siempre me guiaron
con sus enseñanzas y lecciones que con ellas
me formaron como persona dedicada y responsable
para cumplir con mis metas a lo largo de la vida.

Prof. Córdova Berona

Prof. Javier Barbieri

Ing. Sergio Herrera

Ing. David Coro

INDICE

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE ECUACIONES.....	13
IINDICE DE ANEXOS.....	14
RESUMEN.....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad Problemática.....	16
1.2 Antecedentes de la Investigación	17
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	17
1.2.2 Antecedentes Nacionales	19
1.2.3 Antecedentes Locales.....	20
1.3 Bases teóricas	22
1.3.1 El reforzamiento con fibras de carbono	22
1.3.2 Propiedades Mecánicas del concreto	25
Refuerzo con fibra de carbono	32
Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	35
1.4 Justificación	38
1.5 Objetivos	39
1.5.1 Objetivo general	39
1.5.2 Objetivos específicos	39
1.6. Hipótesis	39
1.6.1 Hipótesis general	39
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	40
2.1. Tipo de investigación	40
2.1.1. Por el propósito	40
2.1.2. Según el diseño de investigación:	40
2.1.3. Diseño de investigación:	40
2.2. variables.....	41
2.2.1. Reforzamiento estructural.....	41
2.2.2 Fibra de carbono	41
2.2.3. Clasificación de variables.....	41
2.2.4 Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.....	42

2.3. Población y Muestra (Materiales, Instrumentos y Métodos)	45
2.3.1. Población.	45
2.3.2. Muestra	45
2.3.3 Materiales.....	48
2.3.4 Análisis de datos	50
2.4 Procedimiento	51
2.4.1. Análisis del Problema que presenta el concreto con respecto a flexión y compresión... 52	
2.4.2. Recopilación de información con temas a fines	52
2.4.3. Estudio y análisis descriptivo-retrospectivo	52
2.4.4 Recopilación de resultados y discusiones	53
2.5. Desarrollo de tesis	53
2.6 Aspectos éticos.....	54
CAPITULO III RESULTADOS	55
3.1 Recopilación de investigaciones científicas	55
3.2 Comportamiento de la resistencia a compresión	57
3.3 Comportamiento de la resistencia a flexión.....	60
3.4 Modelado de columnas y vigas sin y con refuerzo de fibra de carbono	62
3.5 Evaluación económica de la fibra de carbono vs encamisado en viga de concreto armado.. 72	
3.6 Demostración de tipos de reforzamiento mediante el software Sika CarboDur.....	75
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	78
4.1 Discusión	78
4.2. Conclusiones	79
REFERENCIAS	81
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Tipificación de Investigación	40
TABLA 2: Matriz de clasificación de variables	41
TABLA 3: Matriz de operaciones de variables.....,	43
TABLA 4: Matriz de operaciones de variables.....	44
TABLA 5: Conjunto de Investigaciones.....	46
TABLA 6: Conjunto de Investigaciones.....	49
TABLA 7: Recopilación y codificación de las investigaciones de concreto con fibras de carbono.....	55
TABLA 8: Recopilación de las investigaciones de columnas reforzadas con fibras de carbono.....	57
TABLA 9: Comportamiento de resistencia a flexión de vigas con la adición de fibra de carbono.....	60
TABLA 10: Tipo de falla en la edificación de 10 pisos y la fibra a utilizar.....	67
TABLA 11: Falla por corte de la viga.....	70
TABLA 12: Tipificación de Investigación Valores comparativos de viga y columna con refuerzo de fibra de carbono y sin refuerzo.....	71

TABLA 13: Cuadro comparativo del encamisado..... 73

TABLA 14: Cuadro comparativo de la fibra de carbono74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Demanda mundial de fibra de carbono.....	23
FIGURA 2: Concreto premezclado.....	25
FIGURA 3: Aplicación de concreto en vigas y losa	26
FIGURA 4: Muestra de concreto antes y después de fraguado.....	27
FIGURA 5: Tipos de ductilidad en estructuras de concreto armado.....	30
FIGURA 6: Comportamiento a flexión de una viga.....	31
FIGURA 7: Comportamiento a corte de una viga.....	32
FIGURA 8: Comportamiento a corte en una viga de concreto reforzada.....	32
FIGURA 9: Ley constitutiva de fibras, Matriz, y el compuesto.....	33
FIGURA 10: Especificación del valor f'_c del concreto	36
FIGURA 11: Factor de Reducción de FRP	36
FIGURA 12: Propiedades básicas del acero y concreto	37
FIGURA 13: Formato de guía investigaciones.....	49
FIGURA 14: Ojiva	50
FIGURA 15: Procedimiento de la investigación	51
FIGURA 16: Comportamiento de resistencia a compresión de columnas con la adición de fibra de carbono	59

FIGURA 17: Comportamiento de resistencia a flexión de vigas con la adición de fibra de carbono.....	61
FIGURA 18: Proceso de modelado en ETABS.....	62
FIGURA 19: Resultados previa evaluación de la estructura en ETABS.....	62
FIGURA 20: Adición de cargas a la estructura en ETABS.....	63
FIGURA 21: Modelado general de la edificación en ETABS.....	63
FIGURA 22: Plano de estudio de la edificación de 10 pisos.....	64
FIGURA 23: Vista perfil de la columna de la edificación en ETABS.....	65
FIGURA 24: Cuadro resumen de la columna C2.....	66
FIGURA 25: Tipos de fallas en columnas reforzadas con fibra de carbono	66
FIGURA 26: Cuadro resume de la columna C2	67
FIGURA 27: Vista de planta de vigas del piso 1 de la edificación en ETAB.....	68
FIGURA 28: Resumen de vigas evaluadas de dimensiones 25x45cm.....	68
FIGURA 29: Tipos de fallas en vigas.....	69
FIGURA 30: Falla por corte de la viga	69
FIGURA 31: Vigas evaluados con la fibra de carbono.....	70

FIGURA 32: Datos de las vigas evaluadas con la fibra de carbono.....	71
FIGURA 33: Plano de edificación.....	72
FIGURA 34: Viga de 0.25x0.40 m.....	75
FIGURA 35: Refuerzos en la viga 0.25x0.40 m.....	75
FIGURA 36: Resumen de resultados de la evaluación de la viga.....	76
FIGURA 37: columna de 0.38x0.60 m.....	77
FIGURA 38: Resumen de resultados de la evaluación de la columna.....	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: Ley de Hooke.....	29
--------------------------------------	-----------

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha resume N°1.....	86
Anexo 2: Ficha resume N°2.....	87
Anexo 3: Ficha resume N°3.....	88
Anexo 4: Ficha resume N°4.....	89
Anexo 5: Ficha resume N°5.....	90
Anexo 6: Ficha resume N°6.....	91
Anexo 7: Ficha resume N°7.....	92
Anexo 8: Ficha resume N°8.....	93
Anexo 9: Ficha resume N°9.....	94
Anexo 10: Ficha resume N°10.....	95
Anexo 11: Ficha resume N°11.....	96
Anexo 12: Ficha resume N°12.....	97
Anexo 13: Ficha resume N°13.....	98
Anexo 14: Ficha resume N°14.....	99
Anexo 15: Ficha resume N°15.....	100
Anexo 16: Ficha resume N°16.....	101
Anexo 17: Ficha resume N°17.....	102
Anexo 18: Ficha resume N°18.....	103
Anexo 19: Ficha resume N°19.....	104
Anexo 20: Ficha resume N°20.....	105
Anexo 21: Ficha técnica Sika CarboDur S.....	106
Anexo 22: Plano de la vivienda familiar.....	110
Anexo 26: Cuadro de cargas de columna reforzada C2 ETABS.....	111
Anexo 27: Cuadro de cargas de columna no reforzada C2 ETABS.....	114
Anexo 28: Cuadro de cargas de viga reforzada B9 ETABS.....	117
Anexo 29: Cuadro de cargas de viga no reforzada B9 ETABS.....	134

RESUMEN

En respuesta a la creciente necesidad de reparar estructuras de concreto armado, han surgido nuevas tecnologías de reforzamiento estructural entre las cuales los polímeros reforzados con fibras de carbono de alta resistencia (CFRP). Generalmente estas nuevas solicitaciones se presentan por el aumento en su carga de servicio en la estructura, problemas de durabilidad debido a materiales de construcción que no cumplieron estándares de calidad e inapropiados, cambios en el ambiente omitidos en el estudio y diseño inicial.

La siguiente investigación tiene como objetivo principal determinar de qué manera influye la fibra de carbono empleada como reforzamiento en elementos estructurales de concreto armado. Para lo cual se analizarán vigas y columnas de concreto armado reforzadas con fibras de carbono (CFRP). Se analizará estudios de investigación con referencia al tema, mediante la recopilación y constatando con lo investigado.

Finalmente se concluye a partir de los resultados de las investigaciones analizadas de resistencia a flexión y compresión se puede afirmar que utilizar fibras de carbono como reforzamiento aumenta las propiedades de los elementos. Este estudio de investigación demuestra como el reforzamiento estructural con fibra de carbono se emplea ante una mayor solicitación de resistencia, soluciona este requerimiento y no debilita a la estructura ni el funcionamiento y además el reforzamiento con fibra resulta más económico que el refuerzo mediante el encamisado.

Palabras clave: Refuerzo; fibra de carbono; PRFC; flexión; cizallamiento

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El concreto tiene una considerable resistencia a cargas de compresión, mientras que el acero a las fuerzas de tracción y corte. Sin embargo, algunas estructuras de concreto armado presenta patologías como acero expuesto, grietas, desplomes, corrosión, cangrejas localizadas; debido a falta de control de calidad en el proceso constructivo, este tipo de efectos afecta considerablemente la resistencia mecánica del elemento, reduciendo su tiempo de vida y su performance con cargas efectuadas al mismo, el cual puede provocar que la estructura falle en su conjunto y llegar al colapsó. (Bonić, et al, 2015).

En la costa del Perú, el agua de mar es un agente agresivo para el concreto armado ya que contiene niebla marina y sales disueltas que están vinculados con la humedad. Cuando existe una humedad relativa significativa, no por debajo del 60-80% se forma una capa muy delgada de electrolito, el cual se genera la corrosión el cual afecta al concreto y al acero. (Guerra, 2014).

En la actualidad existen una gran variedad de edificaciones que, por sus años de construcción o requerimientos de nuevas solicitudes, requieren de reforzamiento para aumentar su vida útil de la estructura. (Castro, Z. 2019).

A su vez, algunas investigaciones internacionales, nacionales y locales, nos sirven de antecedentes teóricos para la investigación, entre las cuales podemos mencionar:

1.2 Antecedentes de la Investigación

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Arias (2018), detalla es su investigación realizada por denominada Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, desarrollada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tuvo como objetivo principal estudiar el comportamiento de muros de bloques de concreto con reforzamiento a base de sistemas de fibras de carbono. Comparando con un muro modelo los requerimientos del CSCR (Código Sísmico de Costa Rica), el estudio se limitó a la aplicación de carga lateral monotónica creciente, para así conocer la capacidad a cortante y flexión de los especímenes, así como el desplazamiento generado por estas aplicaciones de carga. Los resultados evidenciaron diferencia entre las tres muestras de muros de mampostería evaluadas, dos de ellas reforzadas con fibra de carbono mostraron aumento en su resistencia en un 55% y 27% respectivamente, atribuyendo dicho incremento a las propiedades brindadas por la fibra de carbono. Finalmente, se concluyó que la aplicación fibra de carbono en muros de mampostería aumenta la resistencia y la rigidez.

(Zolotuch. H y Gonzalez O.Ctitulada, 2014), según la pesquisa realizada por fibras de carbono sintetizadas desde fibras de poliacrilonitrilo (PAN). Menciona que para poder obtener las fibras de carbono consta, de dos etapas. La primera, que se denomina estabilización térmica, en este proceso las fibras están sometidas a tratamiento de bajas temperaturas, en el rango de 473K y 573K en una atmosfera oxidante (aire y oxígeno), esto genera que las fibras PAN cambien de color progresivamente, desde el color blanco lechoso, amarillo, naranja, marrón y finalmente negro. El tiempo que permanece en el proceso varía

de 0.5 a 5 horas. El PAN así obtenido es infusible, incombustible al aire e higroscópica, además puede observar casi un 10% en peso de agua, es decir humedad del ambiente. Es así como la fibra es un material óptimo para reforzamiento de estructuras y utilizar en el caso del departamento de Lima, en la segunda etapa las fibras obtenidas son sinterizadas, es decir solidificadas, esto se realiza en una atmosfera inerte de nitrógeno o argón, con o sin tensión aplicada, a una temperatura de hasta 1773K esto equivale aproximadamente a 1500 °C, obteniendo con ello un aumento de resistencia mecánica o a temperaturas mayores de 2773K se logra obtener módulos elásticos. De esta forma, se obtiene a formación de láminas gráficas bidimensionales continuas.

(La investigación realizada por Maldonado Mora D. y Durán Fernández J, 2013), denominada Metodologías para la evaluación y reforzamiento estructural de edificios de hormigón armado mediante muros de corte y fibras de carbono, para optar el título profesional de ingeniero civil de la Pontificia Universidad de Católica en Ecuador. Menciona que los sistemas unidireccionales FRP mayormente son usados a tensión, estos no presentan comportamiento plástico. Su comportamiento a la tracción se caracteriza por una relación lineal elástica tensión-deformación hasta que se produce una falla súbita, por ello se considera una falla frágil. Por otra parte, la resistencia a compresión para estos sistemas es del 78% de la resistencia a tensión; y según reportes el módulo de elasticidad para sistemas FRP con carbono es de 85% del módulo de elasticidad a tensión.

(Silva, V. 2016) la investigación realizada por denominada Refuerzo estructural con fibra de carbono, para optar el título profesional de ingeniero civil de la universidad de San Francisco de Quito en Ecuador. Menciona que la resistencia a tracción del acero, de la fibra de carbono, mediante el ensayo de tracción pura, donde presenta un ahorcamiento del metal previo a la rotura, es ahí donde la fibra de carbono brinda resistencia al hormigón a tracción,

cuando este ya se encuentre en la etapa del fisuramiento, las fibras empiezan a trabajar sin desprenderse, alcanzando en el hormigón valores de tracción de 40 kg/cm².

1.2.2 Antecedentes Nacionales

(Aquino. 2019), la investigación realizada titulado variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP), para optar el título profesional de ingeniero civil de la Universidad de Cajamarca en Perú. Se basó en, diagnosticar la variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP). En el cual concluyo que en los dos tipos de vigas patrones elaboradas, las reforzadas con fibra de carbono en cinta (CFRP) evidenciaron un aumento en su resistencia a la flexión con respecto a la no reforzadas. La viga patrón tipo I no reforzada alcanzo una resistencia a flexión de 3.99 Ton., y la reforzada, 6.53 Ton. La viga tipo II no reforzada alcanzo una resistencia a la flexión 4.36 Ton., y la reforzada 6.96 Ton. Se comprobó que la fibra de carbono en cinta aplicada a las vigas aumenta la resistencia a la flexión y la ductilidad, evitando las deflexiones excesivas.

(Calla F. 2015), la investigación realizada por denominada reforzamiento por flexión en vigas de concreto armado con fibras de carbono, para optar el grado de título de ingeniero civil de la Universidad Católica de Santa María. Tiene como objetivo determinar el reforzamiento por flexión en vigas de concertó armado con fibra de carbono. La fibra usada como reforzamiento es algo innovador y reciente, ya que tiene algunos años de uso, no presenta mucho conocimiento y confianza en su efectividad, debido a que se usó mayormente en tecnología y maquinas aeronáuticas, en este caso se usara para el sector construcción. Se

logró demostrar que las vigas simplemente reforzadas, según la normativa NTE E.060 presenta un 15% y 20% de margen de seguridad, según las vigas ensayadas. También estas presentan una gran cantidad de ductilidad de orden 2-3 antes de llegar al colapso. Se logró demostrar que la fibra de carbono usada a flexión obtuvo momentos resistentes mayores, llegando a un aumento aproximado de 30% a 40% en comparación a las que no fueron reforzadas.

1.2.3 Antecedentes Locales.

Flores Baldeón (2015), en su investigación titulada incremento de la capacidad de columnas de concreto con la adición de confinamiento externo con mantas de fibra de carbono, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, Perú. Tuvo como objetivo principal, analizar teóricamente el aumento de capacidad de columnas de concreto mediante la aplicación externa de mantas de fibra de carbono. Del ensayo de probetas cilíndricas de 12” x 6” se obtuvo la resistencia a compresión del concreto. Las muestras se cargan lenta y longitudinalmente para alcanzar la deformación máxima en 2 o 3 minutos. La curva esfuerzo de formación se obtiene de este ensayo, en el cual se relaciona la fuerza de compresión por unidad de área versus el acortamiento por unidad de longitud. Los resultados determinaron que, el reforzamiento con FRP incrementa la resistencia y la ductilidad del elemento estructural, su fallo es frágil, explosivo y abrupto, se comprobó que el aumento de la máxima capacidad a momento es menor que el factor de flexo compresión dando lugar a un fallo dúctil de flexión. Finalmente, se concluye que la resistencia y el factor de ductilidad varían con el aumento de capas de fibra de carbono.

La investigación realizada por Estrada Santos y Yoplac Carhuatanta (2019) titulado “Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado en fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña”, para optar el título profesional de ingeniero civil, en la universidad Ricardo Palma en Lima, Perú. El cual tenía como objetivo principal realizar una evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono; las vigas reforzadas de concreto con fibras de carbono aumentan su capacidad de resistencia tanto a flexión y cortante, llegando a aumentar la capacidad aproximadamente en un 10% a 20 %, comparando una sección reforzada con una no reforzada, esto quiere decir que presenta un mejor comportamiento estructural y factor de seguridad. Por otra parte al reforzar vigas de concreto armado con fibras de carbono presentan una alternativa más económica de un 10.67% en comparación con el reforzamiento tradicional (encamisado de vigas) bajos las definiciones a flexión, de acuerdo al proyecto mencionado.

La investigación realizada William Baca (2008) titulado “Diseño de estructuras de concreto reforzadas con fibra de carbono” Lima, Perú, se viene empleando esta tecnología desde la década del 90. Para su diseño y aplicación se toman las recomendaciones de los fabricantes, pero gracias al ACI en el año 2002 se emitió el primer reglamento para diseño y aplicación de elementos reforzados con fibra de carbono. En los últimos años ha ido avanzando la tecnología de la ingeniería estructural, en el campo de la rehabilitación y reforzamiento con fibra de carbono ofreciendo excelentes propiedades fisicoquímicas y elevada resistencia a tracción en la dirección de las fibras, por lo que es ideal para reforzar elementos de concreto armado en zonas donde se requiera mayor resistencia; otras ventajas de las fibras son poco peso, resistencia a tracción, resiste la corrosión y un empleo sencillo siempre contando con personal debidamente capacitado. Al comparar los distintos tipos de

reforzamiento con fibra de carbono; la viga reforzada con fibra bruce alcanzaron momento de falla del orden del 82% al 94% del momento nominal teórico; por otro lado, las vigas reforzadas con platina Sika carbodur, se aprecia que el momento de falla alcanzo en promedio 75% del momento nominal teórico; pero la que llego a desarrollar la capacidad nominal teórica por flexión fue el reforzamiento por completo de fibras de carbono.

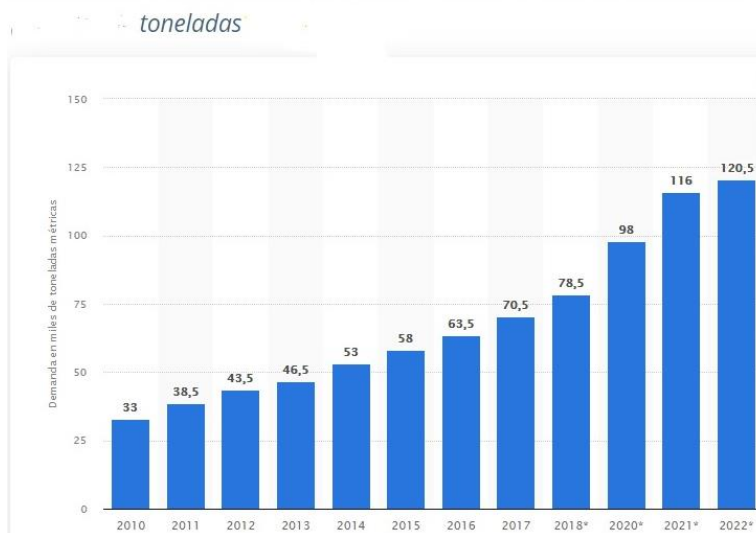
1.3 Bases teóricas

1.3.1 El reforzamiento con fibras de carbono

Es una técnica novedosa que ha ido creciendo en los últimos años y es aplicado en los diferentes elementos estructurales que necesitan aumentar su capacidad tanto en tensión como cortante, por ello el registro de los resultados correspondientes a las deficiencias y patologías, son de gran utilidad para la toma de las mejores decisiones en momento de reforzar un elemento estructural y sobre todo el cumplimiento de las normas y especificaciones hacen que toda la estructura sea funcional. Hoy en día, la comercialización de la fibra de carbono se encuentra en un inminente crecimiento. Su uso tiene muchas aplicaciones en muchas industrias, siendo la industria aeronáutica y automovilística las más solicitadas. En el sector del transporte ha empezado a incrementar su uso en la fabricación de barcos y bicicletas. También se ha extendido en la fabricación de otros artículos de consumo como raquetas de tenis, laptops, cañas de pescar, etc. (Kelly, 1999). Actualmente, las fibras de carbono son comercialmente más utilizadas a nivel mundial, siendo sus principales productores Japón, Corea del Sur, India, China y USA (Doris, 2013). La demanda mundial proyectada de fibra de carbono para el año 2022 alcanza 125,000.00 toneladas (ver **figura 1**).

Figura 1. Demanda mundial de fibra de carbono

Demanda mundial de fibra de carbono de 2009 a 2022



Nota: Proyección de demanda mundial de fibra de carbono en toneladas. (Doris, 2013)

- **Fibra de Carbono**

Llano Uribe, C (2009) menciona que “El nombre de fibra de carbono es otorgado porque contiene hilos compuestos de mini filamentos de carbono, con diámetros entre 5 y 10 μm ” (p.4). Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales que son más o menos alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra. La fibra de carbono, es de peso ligero, no corrosivo, y exhiben alta resistencia a la tracción. Estos materiales están fácilmente disponibles en varias formas.

- **Concreto**

Según cemento sol 2013) el concreto es la mezcla de cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos en proporciones adecuadas, para obtener las resistencias y propiedades predeterminadas. El cemento al mezclarse con el agua provoca diversas

reacciones químicas de hidratación convirtiéndose en una mezcla con propiedades adherentes, trabajable con el transcurrir de las horas, derivan en el fraguado y endurecimiento progresivo de la mezcla, obteniéndose un material de consistencia pétreo. Una característica intrínseca del concreto es el poder adoptar formas distintas, a voluntad del proyectista. Al mezclarse cemento y agregados el concreto se convierte en una mezcla plástica con el cual se llenan moldes denominados encofrados, construido previamente con una forma requerida.

- **Tipos de concreto**

Según Cementos Sol (2013) los tipos de concreto son:

Simple: es una mezcla de cemento, arena, piedra y agua. La resistencia se obtiene con la dosificación de los componentes.

Armado: cuando se utilizan, como refuerzos, varillas de acero longitudinales, casi siempre se emplea un mínimo de cuatro varillas se forma una canastilla unida por varillas transversales de menor diámetro, llamadas estribos, amarradas con alambre.

Ciclópeo: Concreto simple a cuya mezcla se agrega piedras de gran tamaño. No contiene armadura generalmente se usa para cimiento.

Premezclado: Concreto que se dosifica y elabora en plantas concreteras, se transporta a la obra en camiones mezcladores.

Prefabricado: Elementos de concreto simple o armado, fabricados en un lugar diferente a su posición final en la estructura.

- **Componentes del concreto**

Para Cementos Sol (2013) los componentes del concreto son:

Cemento: Es el aglomerante, componente básico y determinante para la mezcla.

Agregados: Arena y piedra triturada de diferente tamaño.

Agua potable: Componente diluyente para la preparación del concreto.

Figura 2. Concreto premezclado.



Nota: Uso del concreto premezclado (El EconomistaAmerica.com, 2017)

1.3.2 Propiedades Mecánicas del concreto

La principal propiedad mecánica estructural del concreto es resistir las cargas a compresión, ya que su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas. Para corregir esa falencia, se le adiciona acero en su composición lo que se denomina “armar” y consiste en introducir barras de acero corrugado o lisos, pasando así, a ser concreto armado. Esta combinación (concreto, acero), permite soportar esfuerzos cortantes y de tracción. (Morales, 2014)

El concreto armado entonces consiste en incluir en el concreto acero de refuerzo como barras o mallas de acero, llamadas armaduras, se utiliza en todo tipo de edificaciones, edificios, pistas, carreteras, puentes, represas túneles etc. Un diseño adecuado de mezcla de concreto es el que le otorga resistencia, durabilidad, impermeabilidad y escaso mantenimiento.

Figura 3. Aplicación de concreto en vigas y columnas



Nota: (Elaboración propia 2021)

Trabajabilidad:

Un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de “asentamiento o cono slump” (NTC 396). Es una prueba que se usa comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba que se usa comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba no mide la trabajabilidad del concreto, sino que determina la consistencia o fluidez de la mezcla; es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas. (Rivera, 2015).

Durabilidad:

El concreto es capaz de resistir diferentes tipos de climas, la acción de la intemperie, productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio de su vida útil. (IMCYC, 2004).

Figura 4. Muestra de concreto antes y después de fraguado



Nota: Muestra de concreto premezclado antes y después del fraguado. (Sassani, 2017)

Resistencia

En el ámbito de ingeniería la resistencia de cualquier elemento se define como capacidad para soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas sin llegar al estado de rotura, adquiriendo deformaciones temporales o permanentes (Ottazzi, 2004). Sin embargo, dentro del diseño de elementos de concreto armado podemos encontrar varias definiciones de acuerdo al tipo de carga aplicada, al tipo de ensayo realizado, tipo de diseño, etc. Por lo tanto, como parte del alcance del siguiente trabajo de investigación, consideraremos las siguientes definiciones generales.

A) Resistencia Requerida

Es la resistencia que un elemento debe tener para resistir las cargas amplificadas o los momentos, fuerzas internas y combinaciones de cargas correspondientes según lo estipulado en la Normativa Vigente (Norma peruana E.060 Concreto Armado y Norma ACI 318 14).

B) Resistencia Nominal

Es la resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones, los límites e hipótesis del método de diseño por resistencia según lo estipulado en la Normativa Vigente (Norma peruana E.060 Concreto Armado y Norma ACI 318 14), antes de aplicar cualquier factor de reducción de resistencia.

C) Resistencia De Diseño

Es la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia ϕ que corresponda, según lo estipulado en la Normativa Vigente (Norma peruana E.060 Concreto Armado y Norma ACI 318 14). El factor de reducción de resistencia (ϕ) es un factor menor que la unidad que reduce la resistencia para considerar las incertidumbres en los materiales y en las dimensiones (Norma peruana E.060 Concreto Armado y Norma ACI 318 14). La determinación de los factores de reducción de resistencia hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La probabilidad de existencia de miembros con una resistencia baja debida a variaciones en La resistencia de los materiales y las dimensiones.
- Las inexactitudes en las ecuaciones de diseño.
- Reflejar la ductilidad disponible y la confiabilidad requerida para el elemento sometido a los efectos de carga en consideración
- Reflejar la importancia del elemento en la estructura.

D) Rigidez

La rigidez se puede definir como la propiedad que tiene un material para oponerse a la deformación. La rigidez del material se cuantifica mediante el módulo de elasticidad o de

Young (E). Ante un mismo esfuerzo, el material 11 con mayor E se deforma menos, obedeciendo la Ley de Hooke (Ottazzi, 2004).

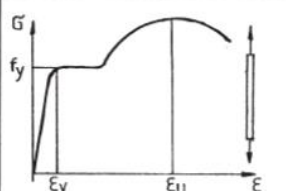
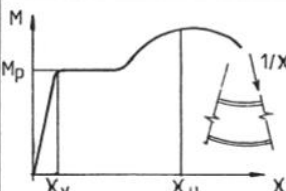
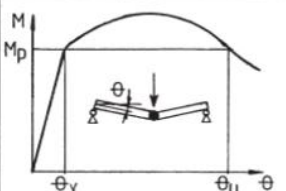
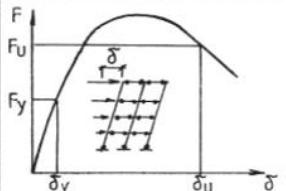
$$\text{Ecuación N}^{\circ}1 \quad E = \frac{\theta}{\epsilon}$$

La Norma permite adoptar cualquier suposición razonable para la estimación de la rigidez en flexión (EI) y en torsión (GJ) de las columnas, vigas, muros, etc. Las suposiciones que se hagan deberán ser consistentes a lo largo de todo el análisis. Las rigideces EI y GJ que se adopten para el análisis estructural, idealmente deberían reflejar:

E) Ductilidad

El comportamiento dúctil de una sección de concreto armado se logra principalmente por la ductilidad del acero de refuerzo, permitiendo alcanzar grandes deformaciones luego de superar el límite de elasticidad. Caso contrario sucede con el concreto, el cual es un material frágil y con poca resistencia a la tracción. (Wendel y Keller, 2013). La ductilidad de una estructura permite la predicción de la capacidad última de una estructura, que es el criterio más importante para el diseño de estructuras bajo cargas convencionales. En la práctica del diseño resistente a los terremotos, el término ductilidad se utiliza para evaluar el comportamiento sísmico de estructuras, mediante la indicación de la cantidad de energía sísmica que puede ser disipada mediante deformaciones plásticas (Gioncu, 2000).

Figura 5. Tipos de ductilidad en estructuras de concreto armado

Ductility types	Schematic representation	Definition
Material (axial) ductility		$\mu_\epsilon = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$
Cross-section (curvature) ductility		$\mu_\chi = \frac{\chi_u}{\chi_y}$
Member (rotation) ductility		$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$
Structure (displacement) ductility		$\mu_\delta = \frac{\delta_u}{\delta_y}$

Nota: Tipos de ductilidad, gráficas (Gioncu, 2000)

Teoría de la Fisuración por Tracción

La fisuración en concreto armado se produce siempre que la tensión de tracción a la que se encuentra sometido el material sobrepasa su resistencia última. En las construcciones a hormigón con refuerzo de acero aparecen fisuras en años, semanas, días, o horas, motivadas por causas múltiples, unas veces por si sola otras en conjunto con otros fenómenos. Las fisuras se distinguen por la edad de aparición en un elemento estructural, por su forma y trayectoria, abertura, movimiento, etc. Mientras más alta es la resistencia a la tracción, más

bajo será el riesgo de que el esfuerzo por tracción exceda la resistencia y agriete el material.

(Gloria A Munizaga Román, 2013).

$F_r > F$ se produce fisuras.

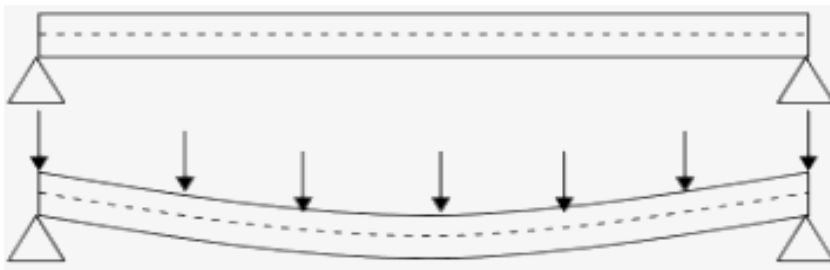
F_r = Fuerzas solicitadas por metro lineal.

F = Fuerzas de tracción del concreto por metro lineal.

Teoría del Comportamiento a Flexión y Corte

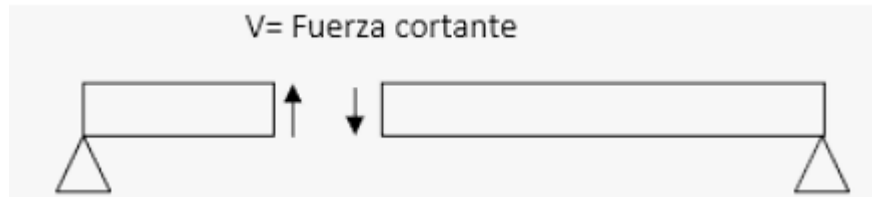
El comportamiento en las fibras perpendiculares a la carga, sufren esfuerzos a tensión y a compresión de acuerdo con la dirección de la carga. En vigas y losas de concreto a la flexión, las fisuras aparecen en la zona de tensión o en las fibras sometidas a tensión. Al seguir incrementando la fuerza de flexión hasta superar la resistencia del concreto, aparecerán fisuras tanto en la zona de flexión y compresión. Al seguir incrementándose la flexión y superado la resistencia del concreto, en las vigas y losas de concreto, se producen un par de tensiones diagonales paralelas a la sección transversal de la viga provocando el corte.

Figura 6. Comportamiento a flexión en una viga



Nota: Comportamiento a flexión en una viga de concreto armado (Rafael. Contreras, 2011)

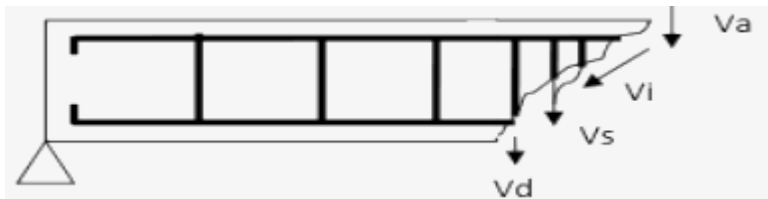
Figura 7. Comportamiento a corte en una viga



Nota: Comportamiento de la fuerza cortante en una viga (Contreras, 2011).

En vigas y losas en concreto reforzado a corte, el comportamiento se fundamenta en controlar tres cortantes producidas por la resistencia a corte del concreto y de los materiales parte de la estructura, y la resistencia por el refuerzo transversal.

Figura 8. Comportamiento a corte en una viga de concreto reforzada



Nota: Comportamiento de corte en una viga en concreto reforzado (Rafael. Contreras, 2011).

V_d = Componente del acero longitudinal (acción por dovela).

V_i = Por la fricción a lo largo de la grieta.

V_a = Componente por compresión.

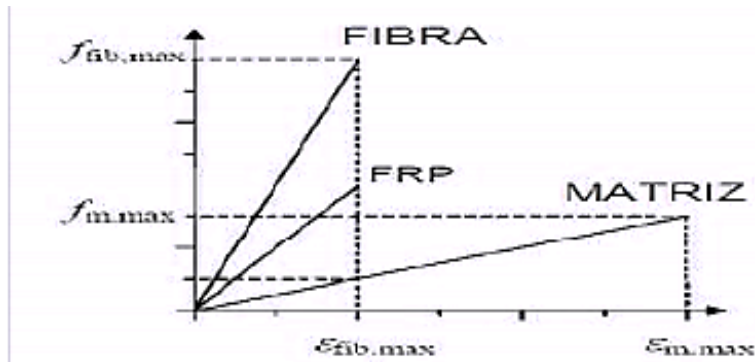
V_s = Por refuerzo por corte.

Refuerzo con fibra de carbono

Desde un punto de vista mecánico, los sistemas de reforzamiento FRP se clasifican basados en sus valores de módulos de elasticidad y capacidad última. Estos valores son

medidos bajo tensión uniaxial en la dirección de las fibras. Los valores de los módulos de elasticidad y resistencia a la tracción deben ser durables con respecto a la degradación ambiental inducida sobre el compuesto FRP. (CNR-DT-200R1/2014).

Figura 9. Ley constitutiva de fibras, Matriz, y el compuesto



Nota: Ley de la constitutiva de un material FRP (CNR-DT-200R1/2014)

El reforzamiento estructural con fibra de carbono de una estructura de concreto armado de una obra puede servir para varios propósitos:

- Regresar a las capacidades iniciales de la obra cuando requiere refuerzo debido al posicionamiento incorrecto del acero.
- Restaurar una obra para el cumplimiento de normas de seguridad, previsiones de aumento de tráfico y nueva zonificación sísmica.
- Dar a la obra un nuevo uso mediante el aumento de su capacidad de carga o de cambio en su estructura.

Teoría del diseño de reforzamiento con fibra de carbono

El American Concrete Institute (ACI), mediante la norma 440.2R de 2008, formuló los parámetros para diseñar y realizar los sistemas de reforzamiento con fibras de carbono

FRP en elementos estructurales de hormigón siendo una alternativa a las técnicas de fortalecimiento tradicional usando placas de acero, estas se usan mediante material compuesto de FRP como un refuerzo a la armadura, adherido externamente y son ventajosas por ser ligeros, fácil de instalar y no son corrosivos, esta guía proporciona las ecuaciones, valores, propiedades del material, diseño instalación, control de calidad y mantenimiento de los sistemas de FRP, la presente norma puede utilizarse para seleccionar un sistema de FRP para aumentar la resistencia y la rigidez de elementos estructurales. Las ecuaciones de diseño que presenta la norma es un resultado de investigación recomendado para sistemas que trabajen a tracción y no a compresión.

ASTM C 881 especificación estándar para sistemas de unión de resina epóxica para hormigón, proporciona especificaciones técnicas de los adhesivos, tiempo de trabajabilidad, rango de temperatura a usar, tiempo de curado y formas de agente de curado, la viscosidad respectivamente y los tipos I, II, III, IV, V, VI. El sistema de reforzamiento será diseñado para satisfacer los requisitos de servicio, durabilidad y de resistencia al estado límite. En caso de incendio, el esfuerzo del sistema seleccionado FRP será adecuado para el período de tiempo de exposición. El sistema de reforzamiento FRP deberá ser colocado en áreas de la estructura donde los esfuerzos de tracción vayan a ocurrir. El sistema de reforzamiento FRP no debe ser diseñado para soportar esfuerzos de compresión, a menos que esté bien confinado (dentro de los elementos reforzados) o sistemas pre-curados que adecuadamente provean rigidez axial y flexional. (CNR-DT 200 R1/2014).

Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

El estudio estructural es muy complejo de estandarizar, un conjunto de procedimientos que permitan garantizar el éxito o exactitud del diagnóstico a la estructura a evaluar, pero existen criterios que pueden ayudar a aumentar el éxito de una buena evaluación estructural ante la existencia de las diferentes patologías o problemas estructurales que se puedan presentar.

Recopilación de datos:

- Observación de las patologías (daños estructurales y no estructurales).
- Inspección mediante verificación ocular (Visita a campo).
- Juicio de expertos para la elaboración de un informe acerca de las posibles causas de fallas estructurales y patologías presentadas.

Verificación del estado de la estructura

- Conjunto de pruebas y ensayos destructivos y no destructivos que determinan el estado de servicio actual de la estructura.
- Corroboración de las especificaciones técnicas en las cuales fue diseñada.
- Juicio de expertos para la elaboración de un informe sobre el diagnóstico preliminar del estado de la estructura.

Elaboración de modelo matemático

- Diseño de modelo matemático del estado actual de la estructura y comparación con los límites de las normativas en las que fue diseñada.

Reforzamiento estructural

- Preparación de los elementos a reforzar (reparación).

- Reforzamiento de los elementos que presentan deficiencias en su estado de servicio.

Figura 10. Especificación del valor f'_c del concreto

Aplicación	Concreto	f'_c Mínimo, MPa	f'_c Máximo, MPa
General	Peso normal y liviano	17	Ninguno
Pórticos especiales resistentes a momentos y muros estructurales especiales	Peso normal	21	Ninguno
	Liviano	21	35 ^[1]

Nota: Límites para f'_c (American Concrete Institute, 2015)

Figura 11. Factor de Reducción de FRP

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Exposición Interior	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exposición Exterior Puentes Pilares, Estacionamientos Ambientes No Cerrados	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Ambientes Agresivos (Plantas Químicas)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

Nota: Factor de reducción para varias FRP y condiciones de exposición (ACI 440.02-08)

Materiales y propiedades

Se ha realizado el análisis de secciones de vigas rectangulares de concreto armado reforzadas y no reforzadas con fibras de carbono, para lo cual se calculan previamente las propiedades del concreto y acero utilizado en las vigas de diseño. En primer lugar, se definen

las dimensiones y geometría de las vigas de diseño. Asimismo, se definen las propiedades básicas del concreto y aceros utilizados en las vigas tal como se muestra en la **figura 12**.

Figura 12. Propiedades básicas del acero y concreto

b =	25.00	cm	Ancho de viga
h =	80.00	cm	Altura de viga
d =	74.00	cm	Peralte efectivo de viga
$f_c =$	350.00	kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y =$	4,200.00	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero
$E_s =$	$2.00 \cdot 10^6$	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
$E_c =$	280,624.30	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del concreto

Nota: Propiedades básicas del acero y concreto (ACI 440.02-08)

Elementos estructurales

Columna:

Son elementos estructurales que se diseñan para soportar cargas axiales a compresión, combinados con esfuerzo a flexión y el corte derivado de la flexión, se pueden diseñar de tres formas:

- **Diseño por carga axial**

También llamada compresión pura, este tipo de diseño se basa en aplicar a la columna que pueda coincidir con su centroide o eje principal.

- **Diseño por flexión y carga axial simultanea**

Este diseño se basa en la resistencia de su sección transversal, la cual solicita una combinación de ambas cargas flexión y axial, esto debe satisfacer tanto la condición de equilibrio de fuerzas como la condición de compatibilidad de las deformaciones.

- **Diseño de columnas a flexocompresión uniaxial**

El siguiente diseño es cuando la excentricidad de la columna, es causada por imperfecciones de la propia columna o por momentos aplicados a ella, a esto también se le conoce como pandeo.

Vigas

Según Aceros Arequipa, (2018), las vigas son elementos estructurales, el cual tiene como objetivo de absorber la carga muerta y carga viva, para luego poder transmitir la carga a las columnas.

1.4 Justificación

El objetivo de esta tesis analizar la importancia de fibra de carbono utilizadas en reforzamiento estructural en edificaciones, basándonos en tres aspectos: primero, el teórico, porque se utilizarán conceptos y terminologías referidas al uso de la fibra de carbono. Segundo, práctico, porque tiene como fin incrementar la resistencia en las vigas y columnas, sin aplicar métodos destructivos para su reforzamiento. Tercero, metodológico, porque los resultados obtenidos a través del proceso de modelamiento servirán de base para el desarrollo de otras investigaciones, su aplicación, prolongue la vida útil de las estructuras, brindando mayor rigidez y por ende, garantice su sostenibilidad en el tiempo y en cuanto a lo económico, se presentarán modelaciones de vigas y columnas con la finalidad de realizar análisis comparativos y determinar ventajas y desventajas del uso de este método de reforzamiento.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar de qué manera influye la fibra de carbono empleada como reforzamiento en elementos estructurales de concreto armado, en el departamento Lima.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida influye la fibra de carbono empleada como reforzamiento en vigas y columnas de concreto armado en el departamento de Lima.
- Precisar que tanto aumenta la capacidad estructural, al usar fibra de carbono como reforzamiento estructural en vigas y columnas de concreto armado, mediante ETABS.
- Dar a conocer el uso de la fibra de carbono como mejor alternativa económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado, en el departamento de Lima.
- Demostrar mediante el programa SikaCarbodur como se realizar los distintos tipos de reforzamiento de fibra de carbono para los distintos elementos estructurales de concreto armado.

1.6. Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

El uso de fibra de carbono como reforzamiento en elementos de concreto armado estructural en vigas y columnas en el departamento de lima, influye de manera positiva dándole un desempeño estructural superior que los elementos estructurales de concreto armado sin refuerzo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

La siguiente investigación por el propósito es aplicada ya que se encuentra vinculada a la investigación básica la cual permite hacer comparaciones, comprobaciones, etc., para lo que se aplica o utilizan estas bases como sustento.

2.1.2. Según el diseño de investigación:

Esta investigación según el diseño es de tipo no experimental descriptivo ya que no se manipula deliberadamente las variables independientes para encontrar resultados en variables dependientes de estudio.

2.1.3. Diseño de investigación:

Según el diseño de investigación viene a ser no experimental descriptivo transversal ya que se describirán las variables y se analizará su comportamiento en un solo periodo de tiempo.

Tabla 1. Tipificación de Investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	: Básica
Estrategia o enfoque metodológico	: Cuantitativa
Objetivos	: Descriptiva
Fuente de datos	: Primaria
Control en el diseño de la prueba	: No experimental
Temporalidad	: Transversal

Fuente: Elaboración propia

2.2. variables

2.2.1. Reforzamiento estructural

El reforzamiento estructural tiene como función principal de generar estabilidad a la estructura con nuevas solicitudes requeridas, empleando los menores costes en el proyecto, como también los menores tiempos posibles. En el refuerzo de una estructura, las características estructurales incrementan a comparación de la original. Se trata de una operación destinada a incrementar los elementos estructurales del elemento por encima de su rendimiento original (Soto, 2008).

2.2.2 Fibra de carbono

los materiales compuestos por fibra de carbono tienen actualmente un amplio campo de aplicaciones en la construcción, automoción y aeronáutica, teniendo en cuenta el gran aporte que realiza optimizando el diseño, donde sus propiedades mecánicas presentan alta relación resistencia – peso. (Gastelum A. Mendoza M, 2018).

2.2.3. Clasificación de variables

Tabla 2. Matriz de clasificación de variables

CLASIFICACION DE VARIABLES				
Variable	Naturaleza	Relación	Dimensión	Forma de medición
Reforzamiento estructural	Mixto	Indirecta	Unidimensional	Indirecta

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 3. Matriz de operaciones de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Reforzamiento estructural	El reforzamiento estructural tiene como función principal de generar estabilidad a la estructura con nuevas solicitudes requeridas, empleando los menores costes en el proyecto, como también los menores tiempos posibles. En el refuerzo de una estructura, las características estructurales incrementan a comparación de la original. Se trata de una operación destinada a incrementar los elementos estructurales del elemento por encima de su rendimiento original (Soto, 2008).	Se mide a mediante análisis descriptivo comparativo con la recopilación de datos sujetos en secuencia, los resultados del reforzamiento se expresan en aumento de flexión y compresión	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de temas relacionados al reforzamiento estructural • Resistencia a la compresión y flexión con fibras de carbono. • Comportamiento del concreto frente a un refuerzo estructural. • Los días que se requiere para un reforzamiento estructural. • Comparación de los resultados de diferentes investigaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilar información del reforzamiento estructural • Análisis en cuanto aumenta las propiedades del concreto. • Determinar de cuanto aumenta un concreto con refuerzo estructural convencional (encamisado) y con fibras de carbono. • Análisis del tiempo estimado de un reforzamiento con fibra de carbono. • Comparación de diferentes investigaciones identificando los valores más altos de la resistencia a flexión y compresión, con adición de las fibras de carbono. • Porcentajes de aumento y disminución de la resistencia a flexión y compresión al usar fibras de carbono. 	<ul style="list-style-type: none"> • Como y cuanto aumento la resistencia a la flexión y compresión del concreto. • Valor proporcional del aumento de resistencia. • Análisis de vigas y columnas con o sin fibra basado en la recopilación de datos. • Cuanto soporta la carga un concreto con refuerzo estructural convencional y fibras de carbono. • Análisis del aumento de propiedades del concreto armado con fibras de carbono. • Análisis de los valores más altos de resistencia a flexión y compresión. • Porcentajes en cantidad de fibra de carbono.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Matriz de operaciones de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Fibra de carbono	<p>Los materiales compuestos por fibra de carbono tienen actualmente un amplio campo de aplicaciones en la aeronáutica, construcción, automoción y medicina. Teniendo en cuenta el hecho de que la oportunidad de optimizar el diseño de materiales compuestos crece día a día, puede ser necesario conocer las propiedades mecánicas de la construcción. En los últimos años, las fibras de carbono se han utilizado en diferentes aplicaciones, donde sus propiedades mecánicas con muy importante para ellas; presentando alta relación resistencia-peso. (Nava Gastelum A. y Mendoza Muñoz I., 2018)</p>	<p>Se mide a mediante análisis descriptivo comparativo con la recopilación de datos sujetos en secuencia, los resultados de la fibra de carbono se presentan cuando interactúa con el concreto armado, brindando propiedades que aumentan su capacidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información relacionada a la fibra de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de tesis relacionadas a la fibra de carbono utilizada como reforzamiento estructural 	<ul style="list-style-type: none"> • Como y cuanto aumenta la resistencia a flexión y compresión de la fibra de carbono junto al concreto.
			<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica de la fibra carbono. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de cuanta fibra de carbono se requiere para un reforzamiento estructural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de vigas y columnas con fibra de carbono.
			<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento de la fibra de carbono utilizada como refuerzo estructural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las áreas donde se aplicaran la fibra de carbono a los elementos estructurales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuanto soporta la carga un concreto armado con fibra carbono.
			<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de los resultados de diferentes investigaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de diferentes investigaciones identificando los valores más altos de la resistencia a flexión y compresión, con adición de las fibras de carbono. 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje en cantidad de fibra de carbono.

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y Muestra (Materiales, Instrumentos y Métodos)

2.3.1. Población.

La población destinada para esta investigación será todo el conjunto de investigaciones recopiladas a nivel local, nacional e internacional considerando diferentes fechas de su publicación hacia el presente año 2021, las cuales deben estar relacionadas en cuanto a reforzamiento de concreto armado con la adición de fibras de carbono, para posteriormente realizar el análisis comparativo con el modelamiento que se realizara en el software Sika CarboDur y ETABS.

2.3.2. Muestra

La muestra de estudio son vigas y columnas rectangulares de concreto armado de edificaciones ubicada en la ciudad de lima, tipo de muestreo para la investigación es de no probabilístico, por juicio de experto y por conveniencia ya que se describirán y analizarán ensayos de resistencia a flexión y compresión de acuerdo con las normas.

2.3.2.1 técnicas de muestreo

La técnica de muestreo que se utilizara es de no probabilístico por conveniencia, porque la población es el conjunto de todos los documentos, normas revistas científicas que estén en relación a nuestro tema de investigación.

2.3.2.2 Tamaño de muestra

Para hallar el tamaño de muestra para esta investigación, teniendo en cuenta nuestra variable, se tomarán informaciones recopilados de veinticinco investigaciones, las cuales tuvieron relación en cuanto reforzamiento de vigas y columnas de concreto armado con fibra de carbono, pasando posteriormente a analizarlas, teniendo en consideración el nivel de impacto e importancia que tengan para nuestra investigación.

Tabla 5. Conjunto de Investigaciones.

TITULACION DE INVESTIGACION	AUTOR	AÑO
Resistencia al corte de losa conexiones de columna reforzadas con láminas de polímero reforzado con fibra de carbono.	Esfahani, M.R., Kianous H.M.R. Moradi, A. R.	2009
Análisis experimental de vigas de hormigón armado reforzadas en flexión con polímero reforzada con fibra de carbono.	Viera, M.M, Santos, Moltarverne, A.M, Bezerra, L.M.	2016
Distribución optimizada de refuerzo de fibra de carbono en losas de hormigón armado.	Cunha, Jesiel, Chaves, Luciano Pereira.	2015
Ensayo de resistencia de pórticos concreto a escala, reforzadas con CFRP en los nudos.	Duque, Andrés, Amazo, Ingrid, y Ruiz, Daniel.	2011
Análisis de vigas de hormigón armado reforzadas con CFRP bajo flexión enfoques teóricos y computacionales.	Silva, A.S., y Bandeira, A.	2019
Fortalecimiento por flexión de vigas de hormigón armado utilizando láminas de fibra de carbono (CFRP) con ranuras.	Mashrei, Mohammed. A., Makki, Jamal. S., y Sultan, Ali A.	2019
Fortalecimiento de vigas RC amplias y poco profundas dañadas estructuralmente utilizando CFRP.	Ahmed K., Negheimish, Abdulaziz I., Shuraim.	2014
Rendimiento de fatiga y predicción de viga de la placa CFRP del puente RC.	Yuan, Xin, Zheng, wei, Zhu, Chaoyu y Tang.	2020
Análisis de la eficiencia del fortalecimiento de modelos de diseño para columnas de hormigón armado.	Rodriguez, P. C., y Araujo, D.L.	2018
Sistema de refuerzo de punzonado para losas lisas de hormigón armado con polímeros reforzados con fibra de carbono (PRFC).	Santos, G. S., Nicacio, W.	2014
Viga RC T reforzadas para cortar con compuestos de fibra de carbono.	Spagnolo JR, L.A., Sanchez Filho, E. S. y Velasco, M. S. L.	2013
Caracterización mecánica del hormigón polímero reforzado con fibra de carbono.	Reis, J.L.	2009
Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras.	Moncayo Theurer, M., y Rodriguez, J., Alcivar.	2016

Tipos efectivos de concreto con fibra de carbono.	Solovev, V., Nurtdinov, 2018 M., y Kukhar, I.
Capacidad resistente y modos de rotura de vigas de hormigón armado reforzadas con flexión de fibra de carbono.	Bueno Da Silva. A.O, 2012 Lopes Moreno.A, Dos Santos Ferreira.G.C.
Comportamiento estructural de vigas de concreto armado reforzado con compuestos de fibra de carbono.	Beber.A.J. 2009
Estudio experimental de piezas lineales de hormigón reforzadas con fibra de carbono.	Valcuende, M Benlloch, J., 2009 Parra, C.
Fortalecimiento y durabilidad en la modernización de vigas de hormigón armado utilizando polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP).	Poot Cauich. P, Martinez 2019 Molina. R, Gamboa Marrufo. J.L, Herrera Franco. P.J.
Dimensionamiento internacional del hormigón armado para el refuerzo de vigas con fibras de carbono.	Valcuende, M., Benlloch, 2009 J., Parra, C.
Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plásticos y endurecido.	Mendoza.C.J, Aire y D.P. 2011
Dispositivo para producir fibras rizadas para reforzar el concreto.	Meza de la Luna. A, 2018 Moreno Virge. R.
Diseño automático de refuerzo de vigas de concreto armado con polímeros reforzadas con fibra (FRP).	Alves de Souza. R Ferrari. 2012 V.J.
Contribución a las vigas de hormigón armado degradadas por el fuego: análisis comparativo entre el refuerzo estructural con fibras de carbono y láminas de acero.	Simoés. Y.S, Santos. C.F.R.
Losas planas reforzadas con tacos de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP).	Da Silva Rodríguez. H.L, 2015 Moreira.
Estudio y validación del reforzamiento de elemento de hormigón armado sometidos a flexión con fibras de carbono.	Pérez alonso, de la rosa 2011 González.

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Materiales

2.3.3.1 técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.3.1.1 Técnica de recolección de datos.

En la siguiente investigación se realizará las siguientes técnicas de recolección de información:

2.3.3.1.2 Técnica de Análisis Documentario

Esta técnica nos permite recopilar información de diferentes bibliografías (tesis, revistas científicas, etc.) y así poder tener toda la información necesaria con respecto a reforzamiento estructural de vigas y columnas de concreto armado con fibras de carbono, ya que estos nos brindan información apoyo al momento de elaboración y sustentar el análisis de datos y discusión de resultados.

2.3.3.1.3 Instrumento de recolección de datos


El instrumento a utilizar para la recopilación de los datos se realizará mediante una tabla de resumen (ver Tabla 9), en la cual se considerará los puntos más importantes sobre cómo mejorar el reforzamiento estructural del concreto armado en términos de resistencia a la flexión y compresión, utilizando la fibra de carbono como material principal para el reforzamiento.

Tabla 6. Conjunto de Investigaciones.

RECOLECCION DE DATOS			
VARIABLE	probetas	Técnica	Instrumento
Reforzamiento estructural	Descripción de ensayos de probetas reforzadas con fibras de carbono, recopilación de temas relacionados al reforzamiento estructural	Revisión Documental	Guía de observación
Fibra de carbono	Análisis del comportamiento de la fibra de carbono utilizada como refuerzo estructural	Revisión Documental	Guía de observación

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Formato de guía investigaciones.

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021	
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander
Ficha de Resumen N°	
GUIA DE INVESTIGACION	
Titulo de la investigacion recopilada	
Resistencia a flexion , compresion y tracción (Kg - Kg/cm2- MPa - KN)	
Tipo de fibra	
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	
Tiempo de empleo de curado del concreto	

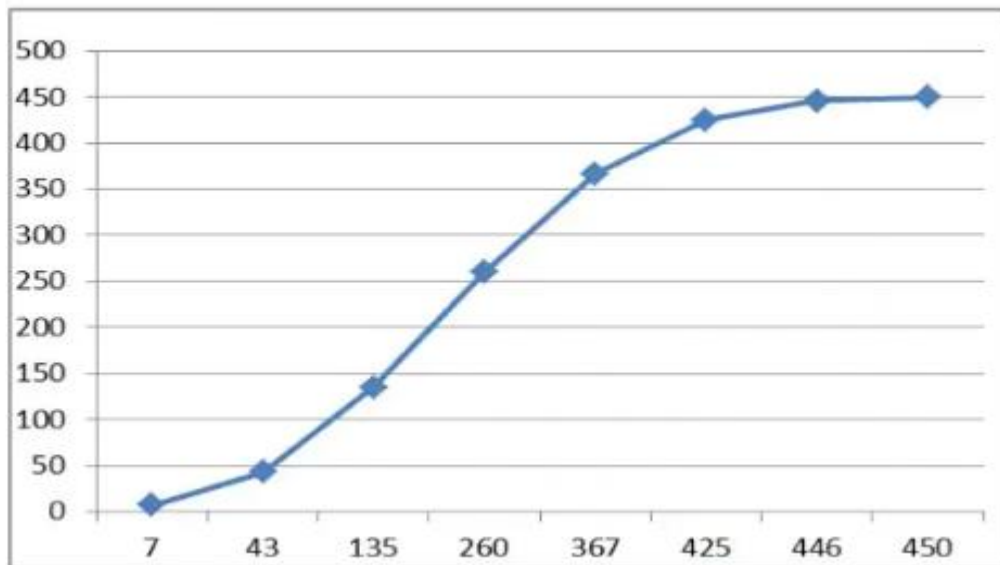
Fuente: Elaboración propia

Ortiz Campos L.; Saavedra Herrera J.

2.3.4 Análisis de datos

La siguiente investigación no experimental trasversal ya que solo se realizara estudios en un solo periodo de tiempo, se revisaran las normas actualizadas con respecto a reforzamiento estructural con fibras de carbono, según lo establecido en ACI 440.2R – 08, E020, E030, E060; el instrumento de análisis de datos será a base de recopilación de información de revistas científicas, investigaciones y tesis con relación al tema, en donde se analizaran las tablas de frecuencias, gráficos estadísticos y por ultimo medidas estadísticas, presentados en cuadros estadísticos, histogramas o diagrama de barras indicando los valores correspondientes a las comparaciones que se harán en cuanto a la resistencia a la flexión y compresión del concreto armado reforzadas con fibra de carbono.

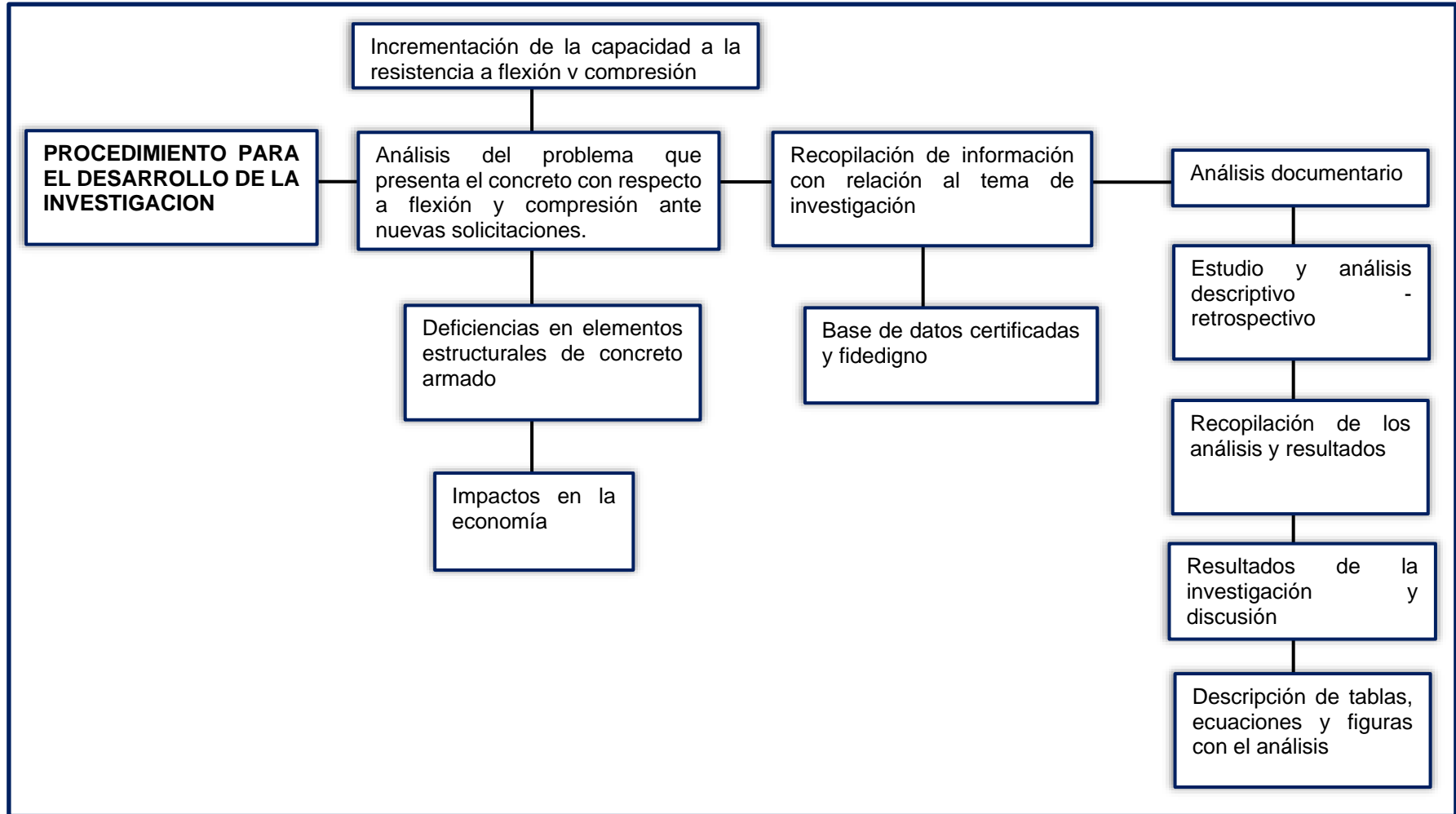
Figura 14. Ojiva



Nota: Figuras estadísticas

2.4 Procedimiento

Figura 15. Procedimiento de la investigación



Fuente: Elaboración propia

2.4.1. Análisis del Problema que presenta el concreto con respecto a flexión y compresión

En cuanto a la resistencia a flexión se podrá verificar el problema que presenta el concreto armado en cuanto a su resistencia a la flexión, para luego poder analizar el cambio o variación de sus propiedades con la adición de la fibra de carbono así para poder llevar adelante con la investigación. Por otra parte, también se analizará a la resistencia a la compresión donde se verificará las propiedades mecánicas sometidas a la resistencia a compresión con el fin de llegar a una conclusión de los requerimientos necesarios para poder añadir la fibra de carbono.

2.4.2. Recopilación de información con temas a fines

En esta parte de la investigación se dará inicio a la recopilación de información con relación al tema de la investigación, en cuanto al uso de fibra de carbono el cual servirá para aumentar la resistencia a la flexión y compresión del concreto armado y para verificar cuanto aumenta la resistencia, para esta información se usará bases de datos reconocidos y confiables tales como : Google Académico, Scielo, Science Direct, Dialnet; donde se podrá encontrar revistas científicas y tesis, para ello se usara las normas apa para poder citarlos la información obtenida de dichas informaciones así para poder evitar problemas de plagio.

2.4.3. Estudio y análisis descriptivo-retrospectivo

Se realizará el estudio retrospectivo ya que se usarán información recopilados en el tiempo pasado (datos de diversas investigaciones) con relación al uso de fibra de carbono como reforzamiento estructural de concreto armado, así también verificar el cambio en sus propiedades físicas al ser adicionada para luego ser analizadas y evaluados según la

importancia que tengan con respecto al tema de estudio, para poder analizar los resultados obteniendo un fin y validez de los objetivos.

2.4.4 Recopilación de resultados y discusiones

En esta etapa se podrá extraer los resultados de diferentes investigaciones que estarán mostrados en el desarrollo de la tesis con y figuras usando los datos en cuanto a resistencia a flexión y compresión de concreto armado que sean más efectivos, así como también los menos efectivos para poder hacer las comparaciones y tener una idea básica para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación se tendrá en cuenta las discusiones de estos para poder analizarlos posteriormente.

2.5. Desarrollo de tesis

Para poder desarrollar el tema de investigación se realizó un análisis del problema sobre el reforzamiento en estructuras, sus solicitaciones respecto a sus esfuerzos a compresión y flexión; además de cómo podemos mejorar usando la fibra de carbono. Para ello tuvimos que realizar una recopilación de informaciones realizados al tema, después de ello realizaremos un análisis de cada investigación para obtener resultados, de cómo la fibra de carbono sirve como reforzamiento estructural. También analizaremos en todos los aspectos en cuanto a mejoría en elementos estructurales y la parte económica, y así evaluar cuanto una estructura incrementa su capacidad sin afectar la economía de elaborarla. Además, se desarrollará un análisis de una vivienda multifamiliar que requiere una expansión de dos pisos adicionales, para ello se usará la fibra de carbono como reforzamiento en vez de utilizar el reforzamiento tradicional (encamisado), evaluando en cuanto medida aumenta su capacidad; y también se evaluará el desarrollo del software SikaCarboDur para ver los distintos tipos de reforzamiento, mediante el uso de la fibra de carbono. Al momento de todo

el desarrollo de la tesis se utilizarán tablas, ecuaciones y figuras, donde se detallará los valores de cada análisis para determinar el uso extraordinario de la fibra de carbono, comparando los resultados y detallándolos.

2.6 Aspectos éticos

Los principios de lo moral y ético que sustentan la presente tesis, la información conseguida de distintos autores es valorada y respetada, lo cual garantiza que este proyecto de investigación sea desarrollado de manera profesional.

Por consiguiente, este estudio respeta la veracidad de los datos conseguidos, de igual manera la moralidad de la información. Así mismo el uso de citas y referencias teniendo en cuenta el formato APA de distintos autores es utilizada con el propósito de la investigación.

CAPITULO III RESULTADOS

3.1 Recopilación de investigaciones científicas

Tabla 7. Recopilación y codificación de las investigaciones de concreto con fibras de carbono.

N ^a	TITULO DE LA INVESTIGACION	FECHA DE PUBLICACION
T-06	"Influencia de la fibra de carbono laminado en la resistencia a flexión del concreto $f_c=210$ kg/cm ² , Perú 2020"	2020
R-08	Rendimiento de fatiga y predicción de viga de la placa CFRP del puente RC.	2020
T-08	"Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña, Perú 2019"	2019
T-12	"Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibras de carbono, Perú 2019"	2019
T-20	"Aplicación de fibra de carbono CFRP en el reforzamiento a flexión de vigas experimentales de concreto armado en la ciudad de Huaraz, Perú 2019"	2019
R-06	Fortalecimiento por flexión de vigas de hormigón armado utilizando láminas de fibra de carbono (CFRP) con ranuras.	2019
R-07	Análisis de vigas de hormigón armado reforzadas con CFRP bajo flexión enfoques teóricos y computacionales.	2019
R-10	Análisis de la eficiencia del fortalecimiento de modelos de diseño para columnas de hormigón armado.	2018
T-14	"Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono, Costa Rica 2018"	2018
T-09	"Análisis del nodo exterior viga-columna en hormigón armado reforzado con polímero de fibra de carbono, Venezuela 2017"	2017
R-01	Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras.	2016
T-18	"Análisis y evaluación del aporte estructural a contrapiso de hormigón armado mediante la adición de fibras de carbono y fibra de vidrio, Ecuador 2016"	2016
T-01	"Estudio experimental del comportamiento a compresión de probetas de hormigón de resistencias bajas y medias confinadas con tejidos de fibras de carbono y con defectos muy importantes de ejecución, 2016"	2016
R-13	Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras.	2016
R-03	Distribución optimizada de refuerzo de fibra de carbono en losas de hormigón armado. Cunha, Jesiel, Chaves, Luciano Pereira.	2015
T-07	"Análisis experimental del uso de fibras de carbono para el reforzamiento de una viga peraltada, de concreto armado para una edificación en la ciudad de Lircay, Perú 2015"	2015

T-17	"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 hollín tipo he, Ecuador 2015"	2015
R-05	Fortalecimiento de vigas RC amplias y poco profundas dañadas estructuralmente utilizando CFRP.	2014
R-04	Sistema de refuerzo de punzonado para losas lisas de hormigón armado con polímeros reforzados con fibra de carbono (PRFC).	2014
R-02	Capacidad resistente y modos de rotura de vigas de hormigón armado reforzadas con flexión de fibra de carbono.	2012
T-16	"Comportamiento de vigas de concreto reforzadas con fibras de carbono en ensayos a escala natural, Perú 2012"	2012
T-09	Diseño automático de refuerzo de vigas de concreto armado con polímeros reforzadas con fibra (FRP)	2012
T-19	"Estudio y validación del reforzamiento de elementos de hormigón armado sometidos a flexión con fibras de carbono, Cuba 2011"	2011
R-09	Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plásticos y endurecido.	2011
R-10	Comportamiento estructural de vigas de concreto armado reforzado con compuestos de fibra de carbono.	2009
R-11	Dimensionamiento internacional del hormigón armado para el refuerzo de vigas con fibras de carbono.	2009
T-05	"Refuerzo a flexión de vigas de concreto armado con manta de polímeros reforzados con fibras de carbono (PRFC) adherido a sustrato de transición constituido por compuesto cimentación e alto desempeño, Brasil 2007"	2007
T-11	"Refuerzo a flexión de vigas de concreto armado con manta de polímeros reforzados con fibras de carbono (PRFC) adherido a sustrato de transición constituido por compuesto cimentación e alto desempeño, Brasil 2007"	2007
T-15	"Análisis de elementos estructurales que trabajan a flexión con fibras de carbono, Ecuador 2003"	2003
T-03	"Refuerzo a flexión en vigas de concreto armado con manta de fibra de carbono: mecanismo de incremento de anclaje, Brasil 2002"	2002
T-04	"Mecanismo de confinamiento en sus aplicaciones en el refuerzo de pilares de concreto por encamisado con compuestos de fibras de carbono, Brasil 2002"	2002
T-10	"Estructuras de hormigón reforzadas con fibras de carbono, España 2002"	2002

Fuente: Elaboración propia

3.2 Comportamiento de la resistencia a compresión

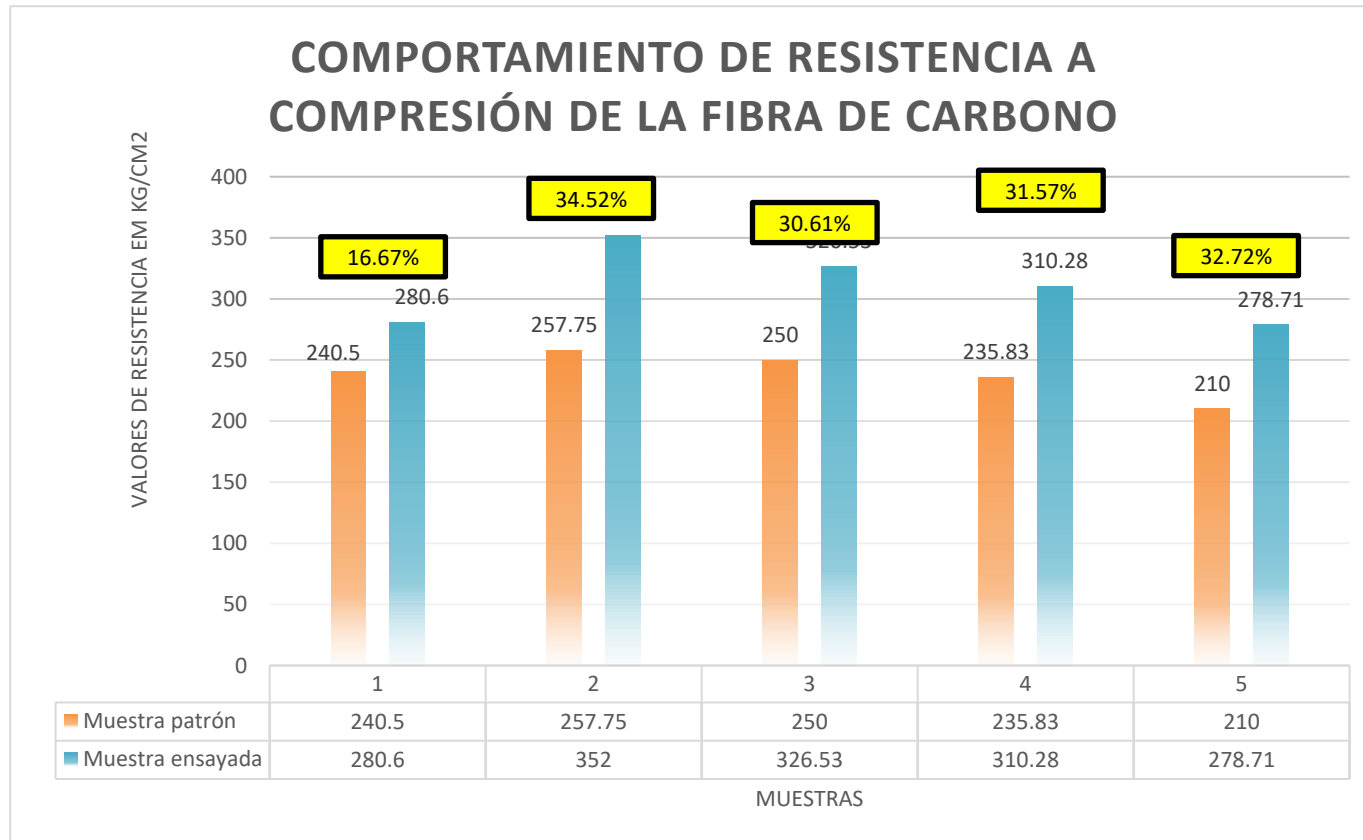
Tabla 8. Recopilación de las investigaciones de columnas reforzadas con fibras de carbono.

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ARMADO CON FIBRAS DE CARBONO					
N° investigación	Tipo de fibra	Espesor de fibras (mm)	Resistencia a compresión Kg/cm ²		Comportamiento
			Muestra patrón	Muestra ensayada	
T - 01	Replark	0.111	240.52	280.63	Aumento 16.67%
T - 05	CVU 334 HM	0.3	257.75	352	Aumento 34.52%

			M-P	M-E	
T - 09	SikaWrap300C	0.17			Aumento 30.61 %
			250	326.53	
			M-P	M-E	
T - 10	SikaWrap 230 C	0.129			Aumento 31.57 %
			235.83	310.28	
			M-P	M-E	
T - 14	SikaWrap 600C	1			Aumento 32.72%
			210	278.71	

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Comportamiento de resistencia a compresión de columnas con la adición de fibra de carbono



Fuente: Elaboración propia

3.3 Comportamiento de la resistencia a flexión

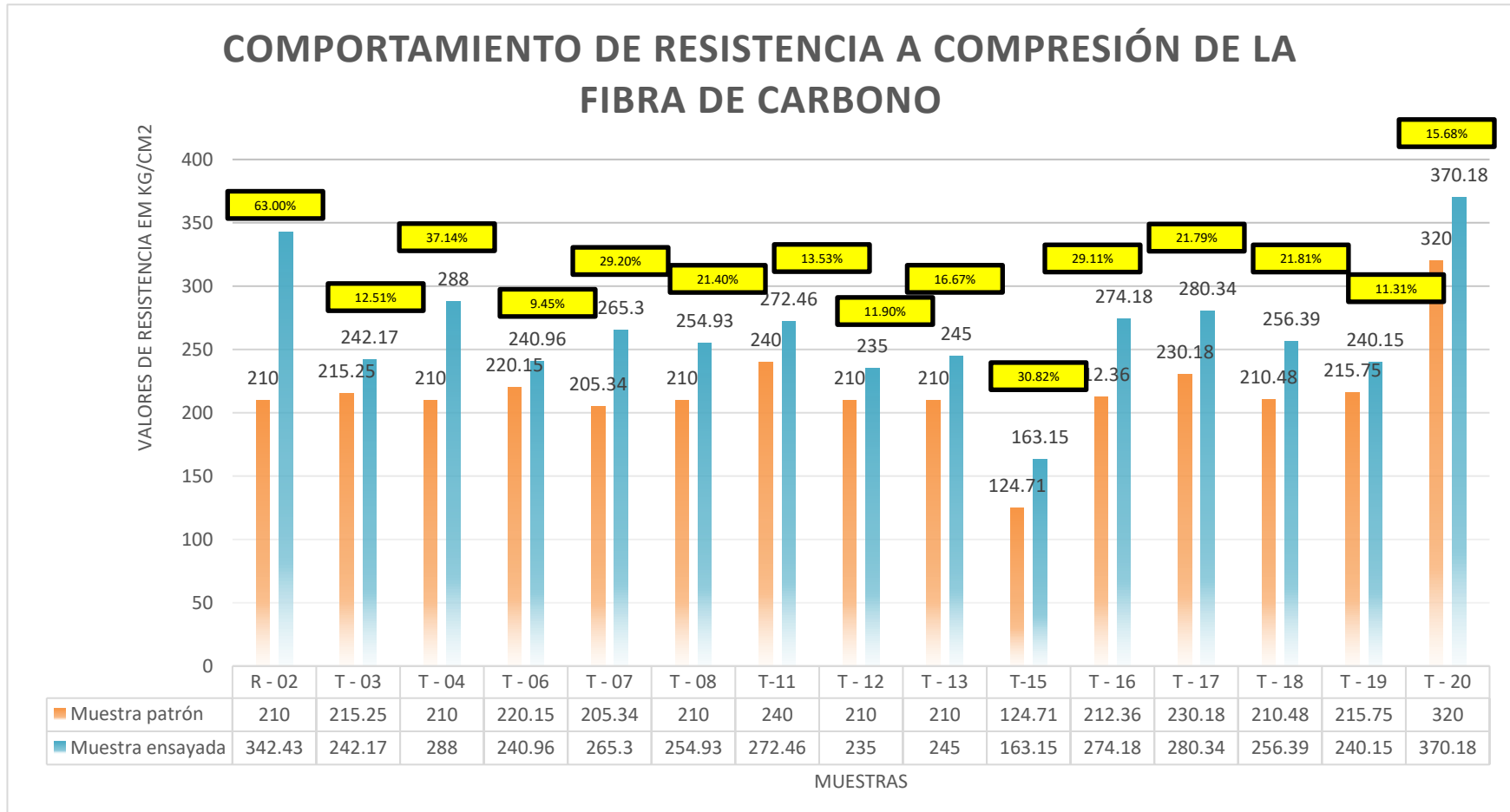
Tabla 9. Comportamiento de resistencia a flexión de vigas con la adición de fibra de carbono

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO ARMADO CON FIBRAS DE CARBONO					
N° investigación	Tipo de fibra	Espesor de fibras (mm)	Resistencia a flexión (kg/cm ²)		Comportamiento
			Muestra Patrón	Muestra ensayada	
R - 02	Sika CarboDur S512	2	210	342.43	Aumento 63.00%
T - 03	SikaWrap HEX-230C	0.13	M-P 215.25	M-E 242.17	Aumenta 12.51%
T - 04	SikaWrap HEX-230C	0.13	M-P 210	M-E 288	Aumenta 37.14%
T - 06	Sika CarboDur S512	1	M-P 220.15	M-E 240.96	Aumenta 9.45%
T - 07	Sika Carbodur S 1012	1.2	M-P 205.34	M-E 265.3	Aumenta 29.20%
T - 08	Sika Carbodur S 1012	1.2	M-P 210	M-E 254.93	Aumenta 21.40%
T-11	SikaWrap 300C	0.17	M-P 240	M-E 272.46	Aumenta 13.53 %
T - 12	CarboDur S512	1	M-P 210	M-E 235	Aumento 11.90%
T - 13	CarboDur S512	1	M-P 210	M-E 245	Aumento 16.67%
T-15	SikaWrap 300C	0.17	M-P 124.71	M-E 163.15	Aumenta 30.82 %
T - 16	CarboDur S512	1	M-P 212.36	M-E 274.18	Aumento 29.11%
T - 17	CarboDur S512	1	M-P 230.18	M-E 280.34	Aumento 21.79%
T - 18	CarboDur S512	1	M-P 210.48	M-E 256.39	Aumento 21.81%
T - 19	SikaWrap 300C	0.3	M-P 215.75	M-E 240.15	Aumento 11.31%
T - 20	CarboDur S512	1	M-P 320	M-E 370.18	Aumento 15.68%

Fuente: Elaboración propia

Ortiz Campos L.; Saavedra Herrera J.

Figura 17. Comportamiento de resistencia a flexión de vigas con la adición de fibra de carbono



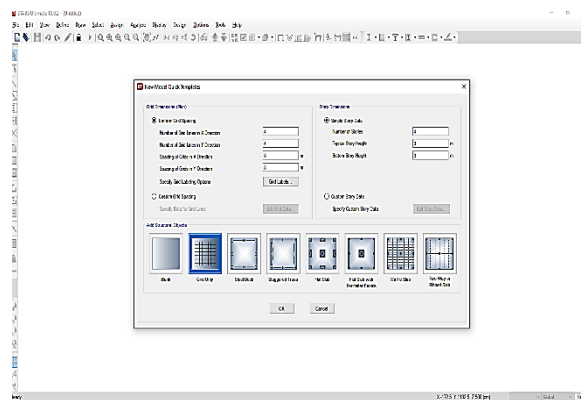
Fuente: Elaboración propia

3.4 Modelado de columnas y vigas sin y con reforzamiento de fibra de carbono

Modelamiento de una edificación de 10 pisos, puesto que la edificación tiene 6 pisos, pero el cliente realizara una inversión para aumentar la cantidad de pisos a 10, tomando en cuenta el reforzamiento estructural que requiera la estructura y finalizando con la venta de los departamentos cumpliendo con el objetivo inicial del proyecto.

Primeramente, se realizó la colocación de grillas de la edificación, donde se colocarán los elementos estructurales vigas, columnas y placas.

Figura 18. Proceso de modelado en ETABS



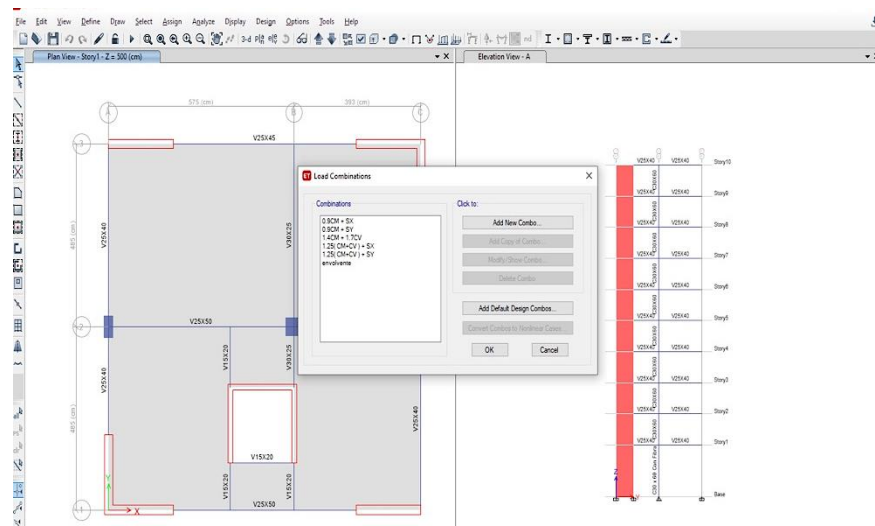
Fuente: ETABS

Figura 19. Resultados previa evaluación de la estructura en ETABS



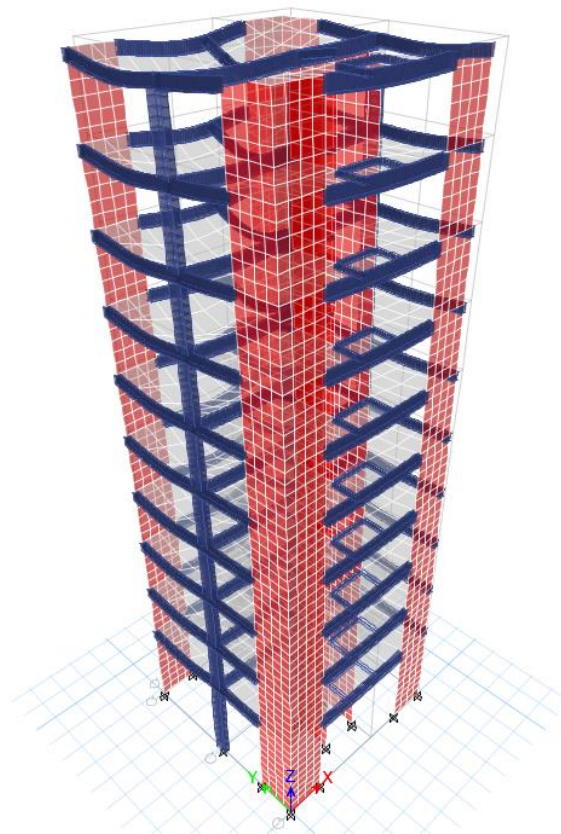
Fuente: ETABS

Figura 20. Adición de cargas a la estructura en ETABS



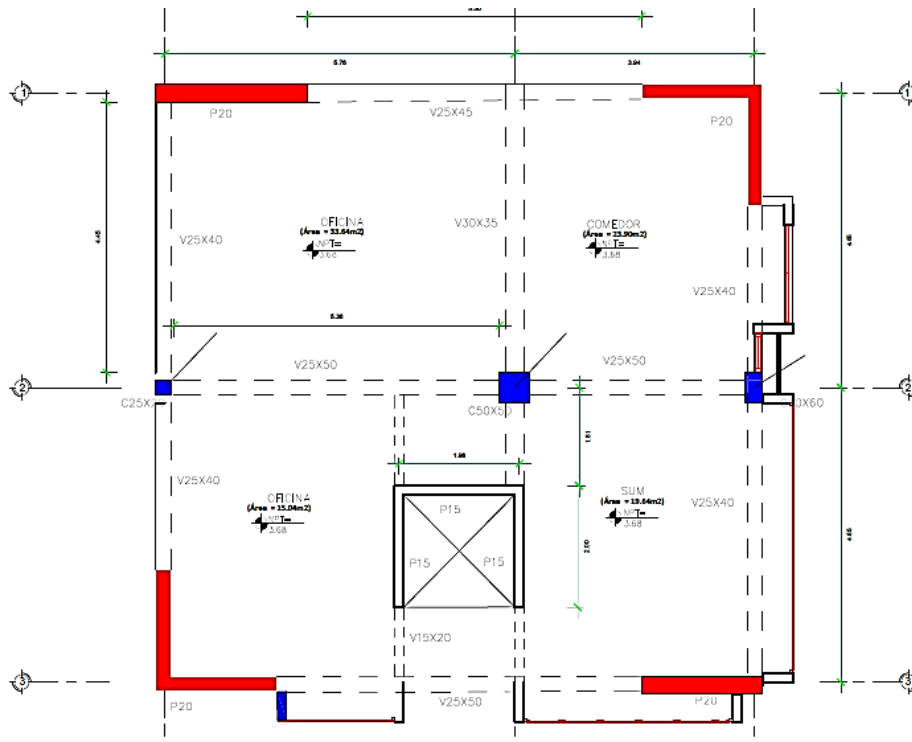
Fuente: ETABS

Figura 21. Modelado general de la edificación en ETABS



Fuente: ETABS

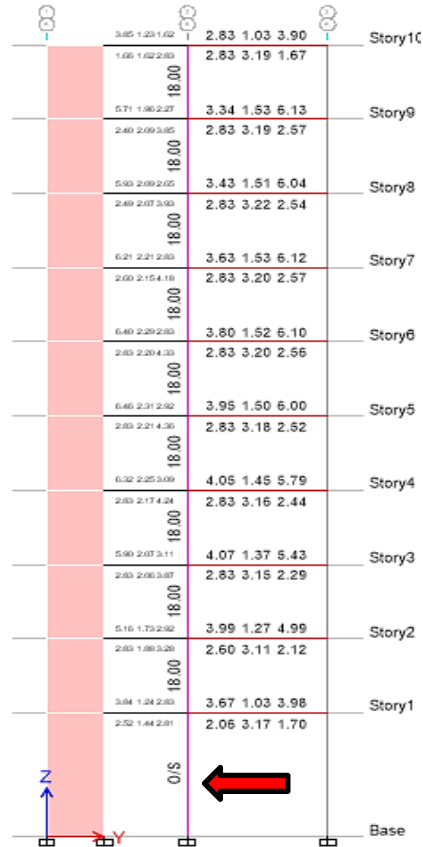
Figura 22: Plano de estudio de la edificación de 10 pisos



Fuente: ETABS, 2018

Modelamiento de columnas mediante las interacciones, en el caso que muestre un error en una sección de la columna, se requiere amplificar o cambiar dimensiones de la columna, es por ello que, para no poder aumentar dimensiones mediante el reforzamiento del encamisado, se utilizara la fibra de carbono para mejorar sus propiedades.

Figura 23: Vista perfil de la columna de la edificación en ETABS



Fuente: ETABS, 2018

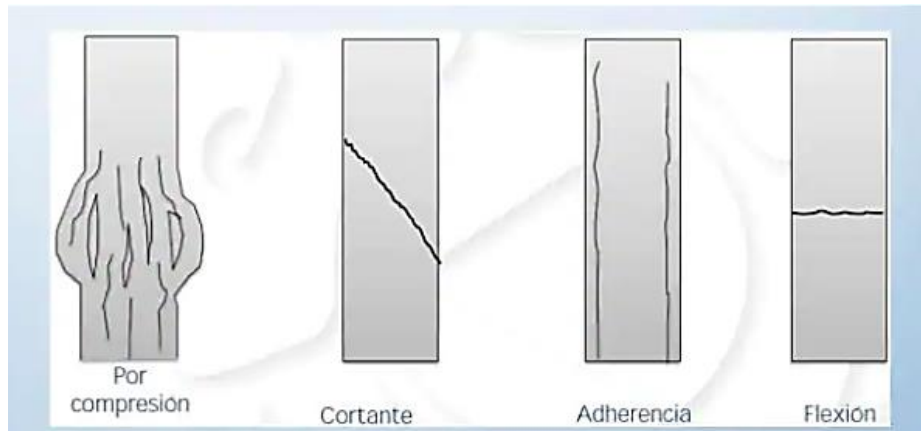
Como se aprecia en la elevación A, se observa que la columna del primer piso está teniendo un error en la columna, debido a la combinación de cargas de CM + CV, a diferencia de las otras columnas posteriores a ella. Esto quiere decir que requiere aumentar sus dimensiones para evitar la falla por compresión.

Figura 24: Cuadro resume de la columna C2

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
1.4CM + 1.7C	0.000	18.00	0.0000	0.0000
1.4CM + 1.7C	225.000	18.00	0.0000	0.0000
1.4CM + 1.7C	450.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	0.000	O/S #20	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	225.000	O/S #20	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	450.000	O/S #20	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	0.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	225.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	450.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	0.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	225.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	450.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	0.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	225.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	450.000	18.00	0.0000	0.0000

Fuente: ETABS, 2018


Figura 25: Tipos de fallas en columnas reforzadas con fibra de carbono



Fuente: (Slidshare, 2017)

Como se aprecia en la imagen anterior, la edificación estudiada presento el tipo de falla **I**, el cual es por compresión.

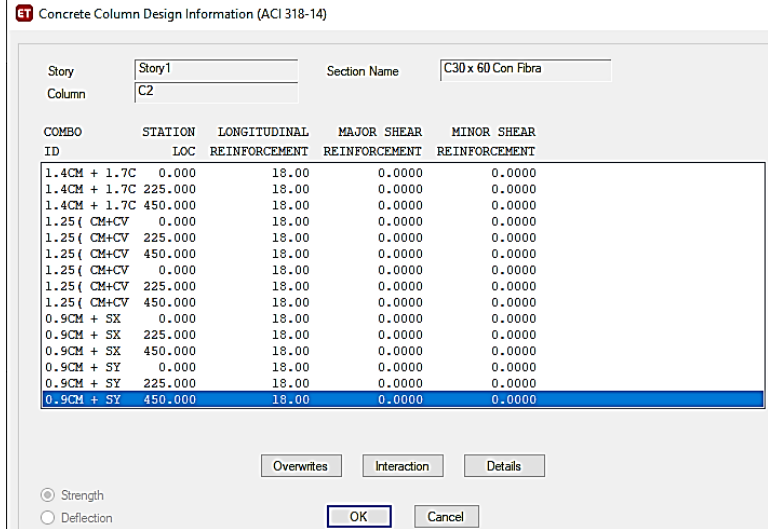
Tabla 10: Tipo de falla en la edificación de 10 pisos y la fibra a utilizar

COLUMNA	TIPO DE FALLA	MUESTRA DE FALLA	FIBRA A UTILIZAR	OCASIÓN DE FALLA
C-2	Tipo I (Compresión)		SikaCarboDur S	Este tipo de falla es ocasionada por el peso excesivo de las cargas muertas y vivas de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la siguiente **figura 26** al realizar el modelado con la fibra de carbono ya no presenta ninguna observación, respecto a las cargas que están sometidas en ella. Por ende, el uso de la fibra soluciono la falla a compresión.

Figura 26: Cuadro resume de la columna C2

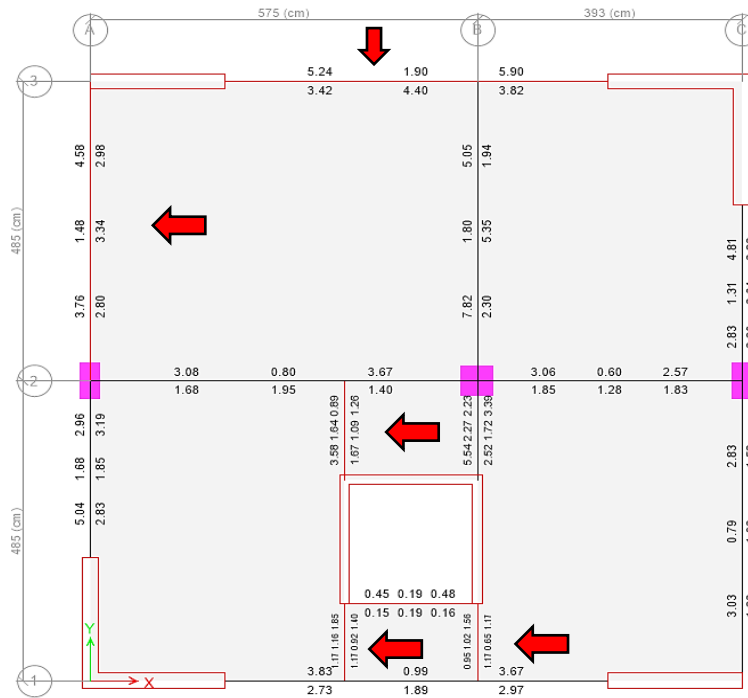


COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
1.4CM + 1.7C	0.000	18.00	0.0000	0.0000
1.4CM + 1.7C	225.000	18.00	0.0000	0.0000
1.4CM + 1.7C	450.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	0.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	225.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	450.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	0.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	225.000	18.00	0.0000	0.0000
1.25 (CM+CV	450.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	0.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	225.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SX	450.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	0.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	225.000	18.00	0.0000	0.0000
0.9CM + SY	450.000	18.00	0.0000	0.0000

Fuente: ETABS, 2018

También se analizó en el caso de vigas, como la fibra puede brindar un aumento en sus propiedades para el caso de la misma edificación.

Figura 27: Vista de planta de vigas del piso 1 de la edificación en ETABS



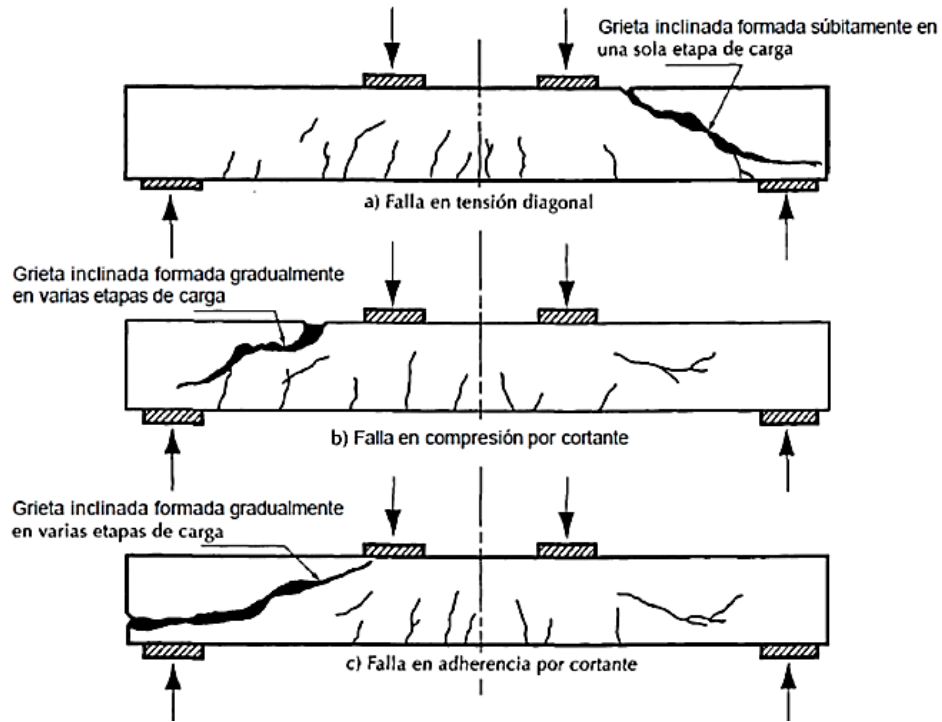
Fuente: ETABS, 2018

Figura 28: Resumen de vigas evaluadas de dimensiones 25x45cm

Story	Story1	Section Name	V25X45	
Beam	B9			
COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
envolvente	88.750	2.23	1.46	0.0208
envolvente	133.125	1.46	1.92	0.0208
envolvente	177.500	1.46	2.69	0.0208
envolvente	177.500	1.46	2.74	0.0208
envolvente	226.875	1.46	3.22	0.0208
envolvente	276.250	1.46	3.25	0.0208
envolvente	276.250	1.47	3.25	0.0208
envolvente	325.625	1.47	3.33	0.0208
envolvente	375.000	1.47	3.61	0.0208
envolvente	375.000	1.47	3.25	O/S #45
envolvente	423.250	1.47	2.62	O/S #45
envolvente	471.500	1.79	1.47	O/S #45
envolvente	471.500	1.93	1.46	O/S #45
envolvente	519.750	3.49	1.46	O/S #45
envolvente	568.000	5.81	2.46	O/S #45

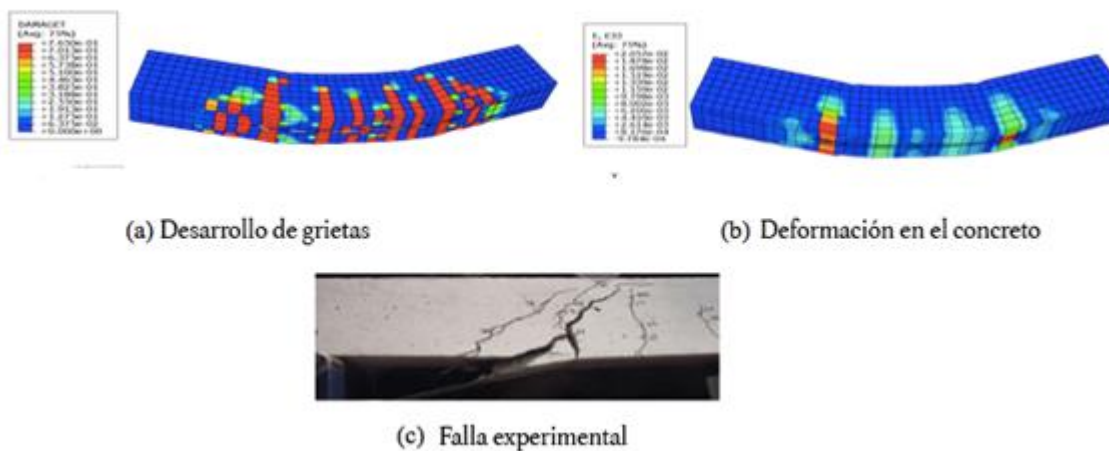
Fuente: ETABS, 2018

Figura 29: Tipos de fallas en vigas.



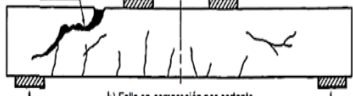
Fuente: Tipos de fallas en viga (Portal gmoralexv2, 2015)

Figura 30: Falla por corte de la viga



Nota: Análisis de elementos finitos de Vigas de Hormigón Armado CFRP, (Sakbana, A., & Mashreib, M., 2020).

Tabla 11. Falla por corte de la viga

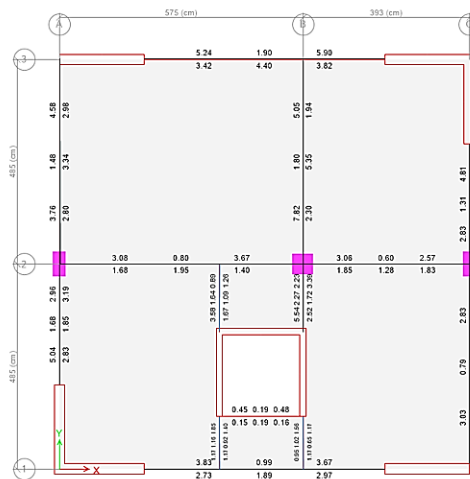
VIGA	TIPO DE FALLA	MUESTRA DE FALLA	FIBRA A UTILIZAR
25 x 45 cm	Tipo II (Cortante)		SikaCarboDur S

Fuente: ETABS 2018

Falla por cortante el cual se debe por el poco confinamiento que presento la viga, es decir por poca cuantía en los estribos. Después de ello se obtendrá los resultados del reforzamiento mediante la fibra de carbono.

Como se puede apreciar en la siguiente imagen los errores respecto a la cortante, mediante el uso del a fibra de carbono ya no se encuentran.

FIGURA 31: Vigas evaluados con la fibra de



Fuente: ETABS 2018

Figura 32: Datos de las vigas evaluadas con la fibra de carbono

COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
envolvente	88.750	2.84	2.42	0.0250
envolvente	133.125	1.89	2.70	0.0250
envolvente	177.500	1.89	3.03	0.0250
envolvente	177.500	1.89	3.04	0.0250
envolvente	226.875	1.89	3.11	0.0250
envolvente	276.250	1.89	3.47	0.0250
envolvente	276.250	1.90	3.50	0.0250
envolvente	325.625	1.90	3.99	0.0250

Fuente: ETABS 2018

Como se puede apreciar en la **figura 32** el modelado en ETABS de la estructura ya no presenta la falla por cortante debido a la adición de la fibra de carbono.

Es así como se demuestra que la fibra de carbono brinda propiedades en distintos aspectos, sea por cortante en el caso de vigas o compresión en el caso de columnas. Siendo un material para distintos tipos de refuerzo según lo requiera el caso.

Tabla 12. Valores comparativos de viga y columna con refuerzo de fibra de carbono y sin refuerzo

	CARGA TOTAL N	
	VIGAS	COLUMNAS
SIN REFORZAR	44800.53	24811238.56
REFORZADA	51520.61	27847425.94
INCREMENTO	15.00%	12.24%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Cuadro comparativo del encamisado

PRESUPUESTO ENCAMISADO						
COSTOS DIRECTOS	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U	SUB TOTAL	PLAZO (DIAS)
MATERIALES	ACERO	Kg	5.96	2.44	14.54	
	ENCOFRADO	m2	0.29	40.00	11.60	
	CONCRETO	m3	0.02	290.00	5.80	
MANO DE OBRA	ACERO	Kg	5.96	0.90	5.36	
	ENCOFRADO	m2	0.29	20.00	5.80	
	CONCRETO	m3	0.02	37.00	0.74	
SUB CONTRATA	SERVICIO DE PERFORACION	und	4.00	12.00	48.00	
TOTAL, DE COSTOS DIRECTOS:					91.85	
COSTOS INDIRECTOS	COSTO MENSUAL	COSTO X DIA		% DE PARTICIPACION	SUB TOTAL	
RESIDENTE	6000.00	383.62		8.00%	30.6896	
ING.CALIDAD	5000.00	351.65		8.00%	28.132	
SSOMA	3500.00	233.78		8.00%	18.7024	
MAESTRO DE OBRA	4000.00	255.74		8.00%	20.4592	
ALMACENERO	3500.00	233.78		2.00%	4.6756	
TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS:					102.6588	
TOTAL, DE PRESUPUESTO POR UNA VIGA					194.51	
TOTAL, DE PRESUPUESTO DEL PROYECTO					3890.2	

4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Cuadro comparativo de la fibra de carbono.

PRESUPUESTO FIBRA DE CARBONO						
COSTOS DIRECTOS	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U	SUB TOTAL	PLAZO (DIAS)
MATERIALES + INSTALACIÓN	SIKA CARBODUR SO 1012	ml	0.45	358	161.1	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS:					161.10	
COSTOS INDIRECTOS	COSTO MENSUAL	COSTO X DIA		% DE PARTICIPACION	SUB TOTAL	
RESIDENTE	6000.00	46.89		8.00%	3.7512	1
ING.CALIDAD	5000.00	42.98		8.00%	3.4384	
SSOMA	3500.00	27.35		8.00%	2.188	
MAESTRO DE OBRA	4000.00	31.26		8.00%	2.5008	
ALMACENERO	3500.00	27.35		2.00%	0.547	
TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS:					12.43	
TOTAL, DE PRESUPUESTO POR ELEMENTO					173.53	
TOTAL, DE PRESUPUESTO DEL PROYECTO					3470.6	

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en los cuadros comparativos de las **tablas 13 y 14**, se muestra distintos precios en los diferentes reforzamientos estructurales encamisado y fibra de carbono. En lo respecto a los días es una gran diferencia varia en 3 días su ejecución, lo cual es muy favorable en el reforzamiento con fibra de carbono, debido a que es más rápido y sencillo su uso.

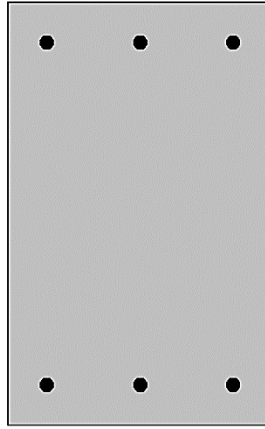
Este tipo de reforzamiento con fibra de carbono al ser rápido y viable, en nuestro caso que presenta 10 vigas que fallan por flexión con las mismas dimensiones, se puede realizar

este proceso llegando a ser muy económico y factible respecto al tiempo. Se puede apreciar que en el costo directo del reforzamiento por fibra de carbono es un 75% más caso que el encamisado. Gracias al uso de la fibra de carbono resulto ser de gran aporte al utilizarla como reforzamiento estructural en vigas, también puede realizar en distintos elementos estructurales.

3.6 Demostración de tipos de reforzamiento mediante el software Sika CarboDur.

Mediante el programa se realizó una evaluación de una sección de la viga de la figura 18, en la viga de 0.25x0.40 m, la cual presento una falla por flexión, es por ello que se evaluó un modelado del tipo de fibra de carbono y la cantidad que se requiere para su mejor desempeño estructural, también se utilizó la fibra SikaCarboDur S512.

Figura 34: Viga de 0.25x0.40 m.



Fuente: SikaCarboDur

Figura 35: Refuerzos en la viga 0.25x0.40 m.

Capa superior	d_2 in	Acero f_y (psi)	E_s (psi)	Número x d_s (in)
1.	1.50	(Grade 60) 60	29000	3 x 0.500
Capa inferior	d_1 in	Acero f_y (psi)	E_s (psi)	Número x d_s (in)
1.	1.50	(Grade 60) 60	29000	3 x 0.500

Fuente: SikaCarboDur

Figura 36: Resumen de resultados de la evaluación de la viga.

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	M_u (k-ft)	M_n (k-ft)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	31.50	39.77	Sección no reforzada 35.80k-ft \geq 31.50k-ft ✓

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	M_u (k-ft)	M_n (k-ft)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.79	42.00	57.29	Sección reforzada 45.14k-ft \geq 42.00k-ft ✓

Estados límite de servicio			
Acciones	Tensiones de servicio		
	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1091.31 psi \leq 1800.00 psi ✓	36956.51 psi \leq 48000.00 psi ✓	29743.93 psi \leq 207496.61 psi ✓

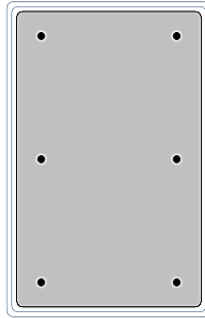
Resistencia al fuego (t=0 min.)				
Acciones	ϕ	M_u (k-ft)	M_n (k-ft)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	30.00	39.77	Sección no reforzada 39.77k-ft \geq 30.00k-ft ✓

Fuente: SikaCarboDur

En la **figura 36** se aprecia los resultados respecto al límite del refuerzo, cargas previstas, estados límite de servicio y resistencia al fuego, la viga analizada logro un resultado óptimo respecto a los esfuerzos sometidos logrando demostrar que la fibra de carbono siendo reforzada en laminado, ayuda a aumentar las propiedades de este elemento estructural.

También por otra parte se evaluó la comuna de 38 x 60 cm para poder precisar que cantidad se fibra de utilizar para su reforzamiento, en el cual se utilizó la fibra SikaWrap 600C WV 50 cm, resultando saber que para una carga viva y muerta que sumando ambos da 1868.26 KN, se requirió de 2 mantas que cubran al elemento para así poder soportar sus pesos.

Figura 37: Columna de 0.38x0.60 m.



Laminado	ϵ_{u}	E_f (ksi)	Espesor t_f (in)	Número n	Ancho (in)
SikaWrap® 600C WV - 50 cm	0.0126	34072	0.013	2	19.69

Fuente: SikaCarboDur

Figura 38: Resumen de resultados de la evaluación de la columna.

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kip)	$M_{u,x}$ (k-ft)	$M_{u,y}$ (k-ft)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	420.00	0.00	0.00	Sección no reforzada ✓
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kip)	$M_{u,x}$ (k-ft)	$M_{u,y}$ (k-ft)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.65	552.00	0.00	0.00	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{c,Max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Max} = 1095$ psi	$\sigma_{y,Max} = 14138$ psi	1095 psi \leq 1950 psi ✓	14138 psi \leq 36000 psi ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kip)	$M_{u,x}$ (k-ft)	$M_{u,y}$ (k-ft)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	420.00	0.00	0.00	Sección no reforzada ✓

Fuente: SikaCarboDur

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

(Alfredo, J. 2013), en su investigación tiene como limitaciones para el reforzamiento con fibra de carbono, que estas presentan una baja resistencia a las altas temperaturas que van de 60 a 80°C, lo cual limita su uso en algunas aplicaciones en ambientes calientes o industrias con procesos de altas temperaturas y baja ductilidad.

Por otra parte, para su óptimo desempeño, se requiere un sustrato de concreto competente que garantice una adhesión efectiva y la compatibilidad de deformaciones y tensiones. Esto es particularmente importante en edificaciones antiguas donde probablemente existan concretos con baja resistencia, que no cumplan con las exigencias para la aplicación del FRP.

Los resultados obtenidos a través del análisis de las investigaciones recopiladas, se acepta la hipótesis planteada al inicio de esta investigación, que la aplicación de fibra de carbono en columnas y vigas de concreto armado aumenta la capacidad de resistencia a compresión y flexión de 29.65% y 22.40% respectivamente, presentando en su mayoría resultados analizados positivos.

De la tabla 8, se observa el comportamiento de la resistencia a compresión con la aplicación de fibra de carbono en columnas, analizadas de las investigaciones en relación a columnas tuvieron un aumento en su propiedad mecánica en un 16.67%, 34.52%, 30.61%, 31.57% y 32.72% en secuencia, por ello se puede afirmar que la fibra de carbono influye en el aumento de la resistencia en porcentajes mayores al 28% de su capacidad original. La fibra

de carbono provee una mejora en el confinamiento del refuerzo, el cual da como resultado en el incremento del valor de relación entre f_l/f'_c .

De la tabla 9, se analizó que el refuerzo de la fibra carbono (CFRP) aumenta la resistencia de la sección de concreto armado sometidas a flexión. En el caso de secciones con menor cuantía de acero en un 9.45%, 11.90%, 11.31% 12.51%, 15.68%, 16.67%, 21.40%, 21.79%, 29.11% ,29.20%, 30.82%, 37.14% y 63% el cual indica que la fibra de carbono influye en el incremento de su capacidad de resistencia, dependiendo del espesor de la fibra.

El análisis de la columna de vivienda familiar, se realizó sin la fibra de carbono utilizada como refuerzo estructural, para evaluar su desempeño de la edificación, realizando un modelamiento con ETABS, dando una falla a compresión, Este tipo de falla es ocasionada por el peso excesivo de las cargas muertas y vivas de la estructura como se indica en la tabla 14, por otra parte, se evaluó el diseño de la sección considerando las propiedades de la fibra de carbono (sika CarboDur S512), dando como resultado que la estructura no presento fallas en su evaluación y por ende es viable la ampliación de la fibra en la sección reforzada.

De la figura 30 y la tabla 15, se aprecia que el análisis realizado de las vigas de la vivienda tuvo una falla por cortante, esto se debe por poseer menor cuantía en la viga, por tal motivo se realizó una evaluación mediante ETABS, donde se utilizó también la fibra de carbono (sika CarboDur S512), el cual al utilizar esta fibra brindo un aumento en su resistencia, esto se debe por que le brinda rigidez a la viga reforzada.

4.2. Conclusiones

Se realizó el análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de vigas y columnas de concreto armado, constatando con los resultados de

las investigaciones pesquisadas, quienes también realizaron reforzamiento con la fibra de carbono obteniendo resultados que indican aumentar las propiedades mecánicas de la estructura de concreto armado, a partir de los resultados de las investigaciones analizadas de resistencia a flexión y compresión se puede afirmar que utilizar fibras de carbono como reforzamiento aumenta las propiedades del elemento a reforzar.

De acuerdo a los resultados previamente analizados se concluye que al reforzar las vigas y columnas de concreto armado con la fibra de carbono estas aumentan su capacidad de resistencia tanto a compresión como cortante, brindándole un aumento en un 12.24% y 14.85% de su resistencia. Al ser comparada el elemento reforzado y no reforzado, dándole un mejor comportamiento estructural y factor de seguridad, cumpliendo con los requerimientos del proyecto.

El reforzamiento estructural con fibras de carbono en elementos estructurales como es la viga y columna de concreto armado, teniendo en cuenta consideraciones administrativas y costos indirectos y directos del proyecto, se puede concluir que resulta ser más económica en un 12.10% en comparación con el reforzamiento tradicional (encamisado de vigas), el cual nos indica que es una alternativa técnica y económica, resultando ser viable su ejecución al momento de un reforzamiento.

Los valores de diseño con sikaCarboDur nos facilita obtener los cálculos para realizar reforzamiento con fibra de carbono, para esta investigación se evaluó columna y viga de concreto armado para su respectivo reforzamiento dándonos el tipo de fibra a utilizar y la cantidad de capas, brindando una serie de factores que facilitan para la comprobación de los resultados obtenidos mediante este software.

REFERENCIAS

- Alves.S.R. y Ferrari.V.J. (2012). Diseño automático de refuerzo de vigas de hormigón con polímeros reforzados con fibra (FRP) *Ambiente Construido* ,34(2). Rescatado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226535005>
- Bonić, Z., Čurčić, G. T., Davidovič, N., & Savič, J. (2015). Damage of concrete and reinforcement of reinforced-concrete foundations caused by environmental effects. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.187>
- Bueno Da Silva.A.O, Lopes Moreno.A, Dos Santos Ferreira.G.C (2012). *Revista Escula de Minas*, 65(3). Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext & pid= S0370446720 12000300004&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037044672012000300004&lng=pt&tlng=pt)
- Cunha, J.C., Luciano. P. S., Leila. M. S., y Lopes. Z. F. (2015) Distribucion otimizada de refuerzo con fibras de carbono en estructura de concreto armado. *Ambiente Construído*, 15 (2), 153-167. [doi.org/10.1590/ s1678-86212015000200019](https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000200019)
- Da Silva Rodrigues.H.L, Moreira Da Silva.P y Carvalho De Oliveira.D.R (2015). Losas planas reforzadas para perforar con tacos de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP). *Revista acta scientiarum technology*, 37(4). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303241625002>
- Duque, Andrés, Amazo, Ingrid, & Ruiz, Daniel. (2011). Ensayos de resistencia de pórticos de concreto a escala, reforzados con CFRP en los nudos. *Tecnura* 15(28) ,83-93. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script =sc_iarttext&pid=S0123-921X2011000100008&lang=es

- Esfahani, M. R., Kianoush, M. R. y Moradi, A. R. (2009). Resistencia al corte por punzonado de las conexiones interiores entre losas y columnas reforzadas con láminas de polímero reforzado con fibra de carbono. *Estructuras de ingeniería*, 31 (7), 1535-1542. doi: 10.1016 /j.engstruct.2009.02.021
- Guerra C. (2014). Estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el noroeste del Perú. (Tesis de maestría, Universidad Nacional mayor de San Marcos). Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3689>
- Mashrei, Mohammed. A., Makki, Jamal. S., y Sultan, Ali A., (2019). Fortalecimiento por flexión de vigas de hormigón armado utilizando láminas de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) con ranuras. *Sólidos y Estructuras*, 16 (4), 162-176. doi:org/10.1590/1679-78255514
- Mendoza.C. J, Aire Y D.P (2011). Influencia de Las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido. *Estructuras de ingeniería*, 2(2).Recuperado de: [//www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid = S2007-30112011000100003&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112011000100003&lang=es)
- Meza De La Luna. A; Moreno Virge.R; Herrera Montoya; Alvarado Laguna. A; gallegos Sánchez (2018). Dispositivo para Producir Fibras Rizadas para Reforzar el Concreto. *Revista conciencia tecnológica ecológica*, 1(1).Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94457671006/index.html>

Moncayo Theurer, M., & Rodriguez, J., & Alcívar, & López, & Soriano, & Villacis, (2016).

Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras.
Ingeniería, 20(1), 57-62.

Perez Alonso, M., De La Rosa Gonzalez, J. (2011). Estudio y Validación del reforzamiento de elementos de hormigón armado sometidos a flexión con fibras de carbono. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 5(3). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193921377004>

Poot Cauich, P., Martínez Molina, R., Gamboa Marrufo, J.L., Herrerafranco, P.J. (2019). Control de Calidad, Patología y Recuperación de refuerzo con fibras de carbono en vigas. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2019, 9(2).

Rajeh A., Ahmed K., Abdulaziz I., Shuraim. B. y Alhozaimy. M., (2014). Fortalecimiento de vigas RC amplias y poco profundas dañadas estructuralmente utilizando placas de CFRP unidas externamente. Sólidos y Estructuras, 11 (6), 946-965. doi:org/10.1590/S1679-78252014000600003

Reis, J.L., (2005) Caracterización mecánica del hormigón polímero reforzado con fibra. Investigación de materiales, 8 (3), 357-360. doi:org/10.1590/S1516-14392005000300023


Rodrigues, P. C. y Araújo, D. L. (2018). Análisis de la eficiencia del fortalecimiento de modelos de diseño para columnas de hormigón armado. Estructuras e Materiales, 11 (6), 1418-1452. doi:org/10.1590/s1983-41952018000600013

- Silva, A.S., Y Bandeira, AA., (2019) Análisis de vigas de hormigón armado reforzadas con CFRP bajo flexión: enfoques teóricos y computacionales. Estructuras e Materiales, 12 (2), 233-254. doi.org: 10.1590/s1983-41952019000200003
- Simoes.Y. S, Santos.F.R. (2019). Contribución a las vigas de hormigón armado degradadas por el fuego: análisis comparativo entre el refuerzo estructural con fibras de carbono y láminas de acero. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, 9(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/jatsRepo/4276/427657394021/index.html>
- Solovev, V., Nurtdinov, M., & Kukhar, I. (2018). Effective concrete types with carbon fiber. Revista Matec web of conferences, 193(3049). Recuperado de: <https://sci-hub.tw/10.1051/ma-tecconf/201819303049>
- Spagnolo. J.R., L.A., Sánchez Filho, E. S., y Velasco, M. S. L., (2013). Vigas RC T reforzadas para cortar con compuestos de fibra de carbono. Estructuras e Materiales, 6 (1), 1-12. doi.org/10.1590/S1983-41952013000100002
- Valcuende, M.; Benlloch, J.; Parra, C.(2004).Revista información tecnológica, 2004, 15(6). Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000600003&lang=es
- Vieira.M., Santos, A.S., Montalverne. A.M., Bezerra.L.M., Montenegro, L.C. y Cabral, A.E. (2016) Análisis experimental de vigas de hormigón armado reforzadas en flexión con polímero reforzado con fibra de carbono. Ibracon de Estructuras Materiales, 9 (1), 123-152. Doi.org/10.1590/S1983-41952016000100008

Yuan, Xin, Zheng, Wei, Zhu, Chaoyu, & Tang, Baijian. (2020). Rendimiento de fatiga y predicción de vida de la placa CFRP en el refuerzo del techo del puente RC. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 17(2), 240-250. Doi:org/10.1590/1679-78255789


ANEXOS

Anexo 1: Ficha resume N°1

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021			
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>		
	<p>Ficha de Resumen N° 01</p>		
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>			
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Estudio experimental del comportamiento a compresion de probetas de hormigon de resistencias bajas y medias confinadas con tejidos de fibras de carbono y con defectos muy importantes de ejecucion, España 2016"</p>		
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm²)</p>	<p style="text-align: center;">Datos de resistencia a compresión</p>		
	<p style="text-align: center;">Concreto de resistencia caracteristica 122.36 kg/cm²</p>		
	<table border="1"> <tr> <td>3 probetas de: 201.05 kg/cm² - 276.80 kg/cm² - 289.30 kg/cm²</td> <td>3 probetas de: 221.80 kg/cm² - 361.83 kg/cm² - 287.73 kg/cm²</td> </tr> </table>	3 probetas de: 201.05 kg/cm ² - 276.80 kg/cm ² - 289.30 kg/cm ²	3 probetas de: 221.80 kg/cm ² - 361.83 kg/cm ² - 287.73 kg/cm ²
3 probetas de: 201.05 kg/cm ² - 276.80 kg/cm ² - 289.30 kg/cm ²	3 probetas de: 221.80 kg/cm ² - 361.83 kg/cm ² - 287.73 kg/cm ²		
<p style="text-align: center;">Concreto de resistencia caracteristica 356.90 kg/cm²</p>			
<table border="1"> <tr> <td>3 probetas de: 531.65 kg/cm² - 532.95 kg/cm² - 580.74 kg/cm²</td> <td>3 probetas de: 544.83 kg/cm² - 585.05 kg/cm² - 641.93 kg/cm²</td> </tr> </table>	3 probetas de: 531.65 kg/cm ² - 532.95 kg/cm ² - 580.74 kg/cm ²	3 probetas de: 544.83 kg/cm ² - 585.05 kg/cm ² - 641.93 kg/cm ²	
3 probetas de: 531.65 kg/cm ² - 532.95 kg/cm ² - 580.74 kg/cm ²	3 probetas de: 544.83 kg/cm ² - 585.05 kg/cm ² - 641.93 kg/cm ²		
<p>Tipo de fibra</p>	<p style="text-align: center;">fibra de carbono Replark</p>		
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">50%</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </table>	50%	100%
50%	100%		
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p style="text-align: center;">5 dias / 7 dias / 14 dias</p>		


Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Ficha resume °N2

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021		
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander	
	Ficha de Resumen N° 02	
GUIA DE INVESTIGACION		
Titulo de la investigacion recopilada	"Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado al ser reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP), Perú 2019"	
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Flexión	
	Viga patrón 210 kg/cm ²	Vigas reforzadas 342.43 kg/cm ²
Tipo de fibra	Sika CarboDur S512	
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	2 mm	
Tiempo de empleo de curado del concreto	28 dias	


Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Ficha resume N°3

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021					
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>				
	<p>Ficha de Resumen N° 03</p>				
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>					
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Refuerzo a flexion en vigas de concreto armado con manta de fibra de carbono: mecanismo de incremento de anclaje, Brasil 2002"</p>				
	<p>Datos de resistencia a flexión</p>				
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm²)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra Patrón</th> <th>Muestra ensayada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>210 kg/cm</td> <td>242.17 kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra Patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm	242.17 kg/cm ²
Muestra Patrón	Muestra ensayada				
210 kg/cm	242.17 kg/cm ²				
<p>Tipo de fibra</p>	<p>SikaWrap HEX-230C</p>				
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>0.13 mm</p>				
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>7 dias</p>				


Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Ficha resume N°4

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021		
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>	
	<p>Ficha de Resumen N° 04</p>	
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>		
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico San Conrado en los Olivos, Perú 2019"</p>	
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm²)</p>	<p>Datos de resistencia a flexión</p>	
	<p>Muestra Patrón</p> <p>210 kg/cm²</p>	<p>Muestra Ensayo</p> <p>288 kg/cm²</p>
<p>Tipo de fibra</p>	<p>SikaWrap HEX-230C</p>	
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>0.13 mm</p>	
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>7 dias</p>	


Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Ficha resume N°5

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021																																																													
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander																																																												
Ficha de Resumen N° 05																																																													
GUIA DE INVESTIGACION																																																													
Titulo de la investigacion recopilada	"Refuerzo a flexion de vigas de concreto armado con manta de polimeros reforzados con fibras de carbono (PRFC) adherido a sustrato de transicion constituido por compuesto cementicio e alto desempeño, Brasil 2007"																																																												
Resistencia a flexión o compresión (MPa)	Resistencia a compresion Mpa																																																												
	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>52.54</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>43.78</td><td>▼</td></tr> <tr><td>3</td><td>42.24</td><td>43.90</td></tr> <tr><td>4</td><td>45.68</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>43.5</td><td>▼</td></tr> <tr><td>6</td><td>41.51</td><td>40.39</td></tr> <tr><td>7</td><td>40.2</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>36.34</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>40.81</td><td>▼</td></tr> <tr><td>10</td><td>38.6</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>39.6</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>49.23</td><td>43.11</td></tr> <tr><td>13</td><td>47.22</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>43.55</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>42.76</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>62.3</td><td>▼</td></tr> <tr><td>17</td><td>42.01</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>40.57</td><td>41.69</td></tr> <tr><td>19</td><td>42.76</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>20.82</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	52.54		2	43.78	▼	3	42.24	43.90	4	45.68		5	43.5	▼	6	41.51	40.39	7	40.2		8	36.34		9	40.81	▼	10	38.6		11	39.6		12	49.23	43.11	13	47.22		14	43.55		15	42.76		16	62.3	▼	17	42.01		18	40.57	41.69	19	42.76		20	20.82	
	1	52.54																																																											
	2	43.78	▼																																																										
	3	42.24	43.90																																																										
	4	45.68																																																											
	5	43.5	▼																																																										
	6	41.51	40.39																																																										
	7	40.2																																																											
	8	36.34																																																											
	9	40.81	▼																																																										
	10	38.6																																																											
	11	39.6																																																											
	12	49.23	43.11																																																										
	13	47.22																																																											
	14	43.55																																																											
	15	42.76																																																											
	16	62.3	▼																																																										
	17	42.01																																																											
	18	40.57	41.69																																																										
19	42.76																																																												
20	20.82																																																												
Tipo de fibra	CVU 334 HM - 0.3																																																												
Porcentaje o grosor de fibra de	0.3 mm																																																												
Tiempo de empleo de curado del concreto	7 dias																																																												


Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Ficha resume N°6

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021							
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Ficha de Resumen N° 06</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>GUIA DE INVESTIGACION</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Titulo de la investigacion recopilada</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>"Influencia de la fibra de carbono laminado en la resistencia a flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm², Perú 2020"</p> </div> </div>							
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm ²)	<p>Resistencia a flexión</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Muestra patrón</td> <td style="padding: 5px;">Muestra ensayada</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">210</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">240.96</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">kg/cm²</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">kg/cm²</td> </tr> </table>	Muestra patrón	Muestra ensayada	210	240.96	kg/cm ²	kg/cm ²
Muestra patrón	Muestra ensayada						
210	240.96						
kg/cm ²	kg/cm ²						
Tipo de fibra	fibra de carbono						
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	5 % / 10 % / 15 %						
Tiempo de empleo de curado del concreto	28 dias						


Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Ficha resume N°7

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021							
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Ficha de Resumen N° 07</p> </div> </div>							
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>GUIA DE INVESTIGACION</p> </div>							
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Analisis experimental del uso de fibras de carbono para el reforzamiento de una viga peraltada, de concreto armado para una edificacion en la ciudad de Lircay, Perú 2015"</p>						
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm²)</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Resistencia a flexión</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center; border-right: 1px solid black;">Muestra patrón</th> <th style="text-align: center;">Muestra ensayada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; border-right: 1px solid black;">210 kg/cm²</td> <td style="text-align: center;">265.3 kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a flexión		Muestra patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm ²	265.3 kg/cm ²
Resistencia a flexión							
Muestra patrón	Muestra ensayada						
210 kg/cm ²	265.3 kg/cm ²						
<p>Tipo de fibra</p>	<p>Sika Carbodur S 1012</p>						
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>1.2 mm</p>						
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>7 dias</p>						


Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Ficha resume N°8

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021					
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Ficha de Resumen N° 08</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>GUIA DE INVESTIGACION</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Titulo de la investigacion recopilada</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>"Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña, Perú 2019"</p> </div> </div>					
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)	<p>Resistencia a flexión</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Muestra patrón</td> <td style="text-align: center;">Muestra ensayada</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">210 kg/cm2</td> <td style="text-align: center;">254.93 kg/cm2</td> </tr> </table>	Muestra patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm2	254.93 kg/cm2
Muestra patrón	Muestra ensayada				
210 kg/cm2	254.93 kg/cm2				
Tipo de fibra	SikaCarboDur s1012				
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	1.2 mm				
Tiempo de empleo de curado del concreto	28 dias				


Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Ficha resume N°9

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021														
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>													
	<p>Ficha de Resumen N° 09</p>													
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>														
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Análisis del nodo exterior viga-columna en hormigón armado reforzado con polímero de fibra de carbono, Venezuela 2017"</p>													
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resistencia a compresion</th> <th rowspan="6">Datos en Kg/cm2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>296.24</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>323.21</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>323.58</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>343.26</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>346.36</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a compresion		Datos en Kg/cm2	1	296.24	2	323.21	3	323.58	4	343.26	5	346.36
Resistencia a compresion		Datos en Kg/cm2												
1	296.24													
2	323.21													
3	323.58													
4	343.26													
5	346.36													
<p>Tipo de fibra</p>	<p>SikaWrap300C</p>													
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>0.17 mm</p>													
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>7 dias</p>													


Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Ficha resume N°10

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021			
		Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander	
Ficha de Resumen N° 10			
GUIA DE INVESTIGACION			
Titulo de la investigacion recopilada		"Estructuras de hormigón reforzadas con fibras de carbono, España 2002"	
Resistencia a flexión o compresión (MPa)	Resistencia a compresion		
		Resistencia (Mpa)	
	Fam y Rizkalla	117.4	Columnas circulares
	Sika	77.67	
	Mirmiran	65.16	Columnas rectangulares
Chaallal y Shahawy	63.3		
Sika	77.7		
Tipo de fibra	SikaWrap 230 C		
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.129 mm		
Tiempo de empleo de curado del concreto	1 día		


Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Ficha resume N°11

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021		
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander	
	Ficha de Resumen N° 11	
GUIA DE INVESTIGACION		
Titulo de la investigacion recopilada	"Refuerzo a flexion de vigas de concreto armado con manta de polimeros reforzados con fibras de carbono (PRFC) adherido a substrato de transicion constituido por compuesto cementicio e alto desempeño, Brasil 2007"	
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)	Resistencia a flexión	
	Muestra patrón	Muestra ensayada
	240 kg/cm2	272.46 kg/cm2
Tipo de fibra	SikaWrap 300C	
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.17 mm	
Tiempo de empleo de curado del concreto	7 dias	


Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Ficha resume N°12

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021							
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>						
	<p>Ficha de Resumen N° 12</p>						
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>							
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibras de carbono, Perú 2019"</p>						
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resistencia a flexión</th> </tr> <tr> <th>Muestra patrón</th> <th>Muestra ensayada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>210 kg/cm2</td> <td>235 kg/cm2</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a flexión		Muestra patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm2	235 kg/cm2
Resistencia a flexión							
Muestra patrón	Muestra ensayada						
210 kg/cm2	235 kg/cm2						
<p>Tipo de fibra</p>	<p>CarboDur S512</p>						
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>1 mm</p>						
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>28 dias</p>						


Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Ficha resume N°13

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021					
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Ficha de Resumen N° 13</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>GUIA DE INVESTIGACION</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Titulo de la investigacion recopilada</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>"Determinación de patologías estructurales y comportamiento de vigas a esfuerzo de flexión reforzadas con fibra de carbono, Ecuador 2007"</p> </div> </div>					
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm ²)	<p>Resistencia a flexión</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Muestra patrón</td> <td style="text-align: center;">Muestra ensayada</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">210 kg/cm²</td> <td style="text-align: center;">245 kg/cm²</td> </tr> </table>	Muestra patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²
Muestra patrón	Muestra ensayada				
210 kg/cm ²	245 kg/cm ²				
Tipo de fibra	CarboWrap 600				
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	1 mm				
Tiempo de empleo de curado del concreto	7 dias / 8 dias / 21 dias				


Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Ficha resume N°14

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021	
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Ficha de Resumen N° 14</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>GUIA DE INVESTIGACION</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Titulo de la investigacion recopilada</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>"Comparación de la resistencia a la flexión de una columna cuadrada $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con refuerzo de fibras de carbono y de manera convencional, utilizando el mathcad, Perú 2017"</p> </div> </div>	
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)	Resistencia a compresión
	<div style="text-align: center;">Sin Fibra 247.52 kg/cm2</div> <div style="text-align: center;">Con fibra 278.71 kg/cm2</div>
Tipo de fibra	SikaCarboDur
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.3 mm
Tiempo de empleo de curado del concreto	1 día


Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Ficha resume N°15

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021				
		Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander		Ficha de Resumen N° 15
		GUIA DE INVESTIGACION		
Titulo de la investigacion recopilada		"Análisis de elementos estructurales que trabajan a flexión con fibras de carbono, Ecuador 2003"		
Resistencia a flexión o compresión (Mpa)	Resistencia flexión			
		Probetas	Módulo de rotura (MPa)	Promedio (MPa)
	F1	16.50	12.23	Hórmigon simple + Acero de refuerzo
	F2	15.80		
	F3	4.40		
	F4	12.10	16.00	Hórmigon simple + Acero de refuerzo con fibra de carbono
	F5	18.30		
F6	17.60			
Tipo de fibra	CARBOWRAP 300			
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.5 mm			
Tiempo de empleo de curado del concreto	15 dias			


Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Ficha resume N°16

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021							
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>						
	<p>Ficha de Resumen N° 16</p>						
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>							
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Comportamiento de vigas de concreto reforzadas con fibras de carbono en ensayos a escala natural, Perú 2012"</p>						
<p>Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm²)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resistencia a compresión</th> </tr> <tr> <th>Muestra patrón</th> <th>Muestra ensayada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>210 kg/cm²</td> <td>274.18 kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a compresión		Muestra patrón	Muestra ensayada	210 kg/cm ²	274.18 kg/cm ²
Resistencia a compresión							
Muestra patrón	Muestra ensayada						
210 kg/cm ²	274.18 kg/cm ²						
<p>Tipo de fibra</p>	<p>MBRACE® CF 130 y Sika carbodur</p>						
<p>Porcentaje o grosor de fibra de carbono</p>	<p>0.165 mm y 1.2 mm</p>						
<p>Tiempo de empleo de curado del concreto</p>	<p>28 dias</p>						


Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Ficha resume N°17

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021				
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander		Ficha de Resumen N° 17	
	GUIA DE INVESTIGACION			
Titulo de la investigacion recopilada	"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, Ecuador 2015"			
Resistencia a flexión o compresión (Mpa)	Resistencia a flexión			
	Viga n°	Carga (Kg)	Módulo de rotura (Mpa)	Promedio (Mpa)
	1	3000	3.92	
	2	3300	4.32	
	3	3560	4.66	4.21
	4	3780	3.94	
	5	3230	4.22	
	1	4890	6.4	
	2	4760	6.23	
	3	5130	6.71	6.39
4	4760	6.23		
5	4880	6.38		
Tipo de fibra	Carbono CF130			
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	3 mm			
Tiempo de empleo de curado del concreto	28 días			


Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Ficha resume N° 18

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021											
	<p>Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander</p>										
Ficha de Resumen N° 18											
<p>GUIA DE INVESTIGACION</p>											
<p>Titulo de la investigacion recopilada</p>	<p>"Análisis y evaluación del aporte estructural a contrapiso de hormigón armado mediante la adición de fibras de carbono y fibra de vidrio, Ecuador 2016"</p>										
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm ²)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resistencia a flexión</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Carga (kg-cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>14000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13500</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13500</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a flexión		Muestra	Carga (kg-cm ²)	1	14000	2	13500	3	13500
Resistencia a flexión											
Muestra	Carga (kg-cm ²)										
1	14000										
2	13500										
3	13500										
Tipo de fibra	Fibra de carbono										
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	Uso promedio es de 7%										
Tiempo de empleo de curado del concreto	28 días										


Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Ficha resume N°19

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021													
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander												
	Ficha de Resumen N° 19												
GUIA DE INVESTIGACION													
Titulo de la investigacion recopilada	"Estudio y validación del reforzamiento de elementos de hormigón armado sometidos a flexión con fibras de carbono, Cuba 2011"												
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm2)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resistencia a flexión</th> </tr> <tr> <th>N° prueba</th> <th>M rotura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8.91</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10.02</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Resistencia a flexión		N° prueba	M rotura	1	8.91	2	10.02	3	40	4	50
Resistencia a flexión													
N° prueba	M rotura												
1	8.91												
2	10.02												
3	40												
4	50												
Tipo de fibra	fibra de carbono												
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.3 mm												
Tiempo de empleo de curado del concreto	1 día												

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Ficha resume N°20

Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima-2021																		
	Autores : Ortiz Campos Luis Alfredo y Saavedra Herrera Jonathan Alexander		Ficha de Resumen N° 20															
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 0 auto; width: 80%;"> GUIA DE INVESTIGACION </div>																		
Titulo de la investigacion recopilada	"Aplicación de fibra de carbono cfrp en el reforzamiento a flexión de vigas experimentales de concreto armado en la ciudad de huaraz, Perú 2019"																	
Resistencia a flexión o compresión (Kg/cm ²)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Resistencia a flexión</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Muestra</th> <th style="width: 25%;">Area de CFRP (mm²)</th> <th style="width: 60%;">Momento flecto de diseño (KN-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">43.78</td> <td style="text-align: center;">8.698</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">42.24</td> <td style="text-align: center;">13.072</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">45.68</td> <td style="text-align: center;">17.384</td> </tr> </tbody> </table>			Resistencia a flexión			Muestra	Area de CFRP (mm ²)	Momento flecto de diseño (KN-m)	2	43.78	8.698	3	42.24	13.072	4	45.68	17.384
Resistencia a flexión																		
Muestra	Area de CFRP (mm ²)	Momento flecto de diseño (KN-m)																
2	43.78	8.698																
3	42.24	13.072																
4	45.68	17.384																
Tipo de fibra	fibra de carbono																	
Porcentaje o grosor de fibra de carbono	0.165 mm																	
Tiempo de empleo de curado del concreto	7 dias																	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Ficha técnica Sika CarboDur S



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® CarboDur® S

PLATINAS A BASE DE POLIMEROS REFORZADOS CON FIBRAS DE CARBONO PARA REFUERZO ESTRUCTURAL COMO PARTE DEL SISTEMA SIKAR® CARBODUR®

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Las platinas Sika® CarboDur® son laminados de polímero de fibra de carbono (CFRP), diseñados para reforzar estructuras de concreto, madera, mampostería y acero. Las platinas Sika® CarboDur® se unen a la estructura como refuerzo externo adherido mediante el uso de adhesivo a base de resina epoxi Sikadur®-30. Consulte la hoja técnica del producto correspondiente para obtener información más detallada sobre el adhesivo.

USOS

Sika® CarboDur® S debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

Los sistemas Sika® CarboDur® se utilizan para mejorar, aumentar o restituir el rendimiento y la resistencia de las estructuras para:

Mayor Capacidad de Carga:

- Aumentar la capacidad de carga de losas, vigas y secciones de puentes.
- Para la instalación de maquinaria más pesada en edificaciones industriales.
- Para estabilizar estructuras con vibración.
- Para cambios en el uso del edificaciones.
- Incremento de cargas vivas en almacenes.

Daños a Elementos Estructurales:

- Deterioro en el tiempo de los materiales de construcción originales.
- Refuerzo de acero con corrosión.
- Accidentes (impacto de vehículos, terremotos, incendios).

Mejora de la Capacidad de Servicio y Durabilidad:

- Reducción de la deformación y el ancho de fisuras.
- Reducción de tensiones en el acero de refuerzo.
- Resistencia a la fatiga mejorada.

Cambio de Sistema Estructural:

- Eliminación de muros y/o columnas.
- Eliminación de secciones en losa y pared para crear accesos / aberturas.

Resistencia a Posibles Eventos:

- Mayor resistencia a terremotos, impactos o explosiones, etc.

Para Reparar Defectos de Diseño o Construcción tales como:

- Refuerzo insuficiente / inadecuado.
- Profundidad estructural insuficiente / inadecuada (recubrimiento insuficiente).

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- No corrosivo.
- Muy alta resistencia a la tracción.
- Excelente durabilidad y resistencia a la fatiga.
- Disponible en varios Módulos de Elasticidad.
- Longitudes ilimitadas, sin necesidad de traslapes.
- Bajo espesor del sistema.
- Simple ejecución de intersecciones o cruces de platinas (emparrillados).
- Fácil transporte (rollos).
- Ligero, no requiere manipulación compleja ni equipo de instalación.
- Preparación mínima de la platina, aplicable en varias capas.
- Bordes lisos sin fibras expuestas como resultado de la producción por pultrusión.
- Amplias pruebas y aprobaciones disponibles en muchos países del mundo.
- Permite ser pintado sin preparación previa.
- Resistente a los álcalis.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none"> Lámina CarboDur® : Rollo x 100 m. Sikadur® -30: Unidades pre-selladas (componentes A+B) x 5 kg 																																																																																				
Apariencia / Color	Color Negro Fibra de Carbono Reforzada con Matriz Epóxica.																																																																																				
Vida Útil	Lámina CFRP Indefinido Sikadur®-30 24 meses																																																																																				
Condiciones de Almacenamiento	Lámina CFRP El producto no debe de ser expuesto a la luz solar directa. Sikadur®-30 El producto debe ser almacenado en su envase original entre +5°C y +25°C.																																																																																				
Densidad	Sika® CarboDur®: Tipo S: 1.5 gr/cm³ - Tipo M y H: 1.6 gr/cm³																																																																																				
Dimensiones	<p>Sika® CarboDur® Tipo S - Módulo E > 165,000N/mm² / Resist.: Tracción > 2,800 N/mm² - Rotura > 3,050 N/mm² / Elongación a la Rotura: > 1.7%</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sika® CarboDur®</th> <th>Ancho</th> <th>Espesor</th> <th>Área sección transv.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tipo S</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>512</td><td>50 mm</td><td>1.2 mm</td><td>60 mm²</td></tr> <tr><td>514</td><td>50 mm</td><td>1.4 mm</td><td>70 mm²</td></tr> <tr><td>614</td><td>60 mm</td><td>1.4 mm</td><td>84 mm²</td></tr> <tr><td>812</td><td>80 mm</td><td>1.2 mm</td><td>96 mm²</td></tr> <tr><td>814</td><td>80 mm</td><td>1.4 mm</td><td>112 mm²</td></tr> <tr><td>914</td><td>90 mm</td><td>1.4 mm</td><td>126 mm²</td></tr> <tr><td>1012</td><td>100 mm</td><td>1.2 mm</td><td>120 mm²</td></tr> <tr><td>1014</td><td>100 mm</td><td>1.4 mm</td><td>140 mm²</td></tr> <tr><td>1214</td><td>120 mm</td><td>1.4 mm</td><td>168 mm²</td></tr> <tr><td>1512</td><td>150 mm</td><td>1.2 mm</td><td>180 mm²</td></tr> <tr><td>1514</td><td>150 mm</td><td>1.4 mm</td><td>210 mm²</td></tr> </tbody> </table> <p>Sika® CarboDur® Tipo M - Módulo E > 210,000N/mm² / Resist.: Tracción > 2,400 N/mm² - Rotura > 2,900 N/mm² / Elongación a la Rotura: > 1.2%</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sika® CarboDur®</th> <th>Ancho</th> <th>Espesor</th> <th>Área sección transv.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tipo M</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>614</td><td>60 mm</td><td>1.4 mm</td><td>84 mm²</td></tr> <tr><td>914</td><td>90 mm</td><td>1.4 mm</td><td>126 mm²</td></tr> <tr><td>1214</td><td>120 mm</td><td>1.4 mm</td><td>168 mm²</td></tr> </tbody> </table> <p>Sika® CarboDur® Tipo H - Módulo E > 300,000N/mm² / Resist.: Tracción > 1,300 N/mm² - Rotura > 1,450 N/mm² / Elongación a la Rotura: > 0.45%</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sika® CarboDur®</th> <th>Ancho</th> <th>Espesor</th> <th>Área sección transv.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tipo H</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>514</td><td>50 mm</td><td>1.4 mm</td><td>70 mm²</td></tr> </tbody> </table> <p>Seleccione las dimensiones según la gama de productos Sika local.</p>	Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.	Tipo S				512	50 mm	1.2 mm	60 mm ²	514	50 mm	1.4 mm	70 mm ²	614	60 mm	1.4 mm	84 mm ²	812	80 mm	1.2 mm	96 mm ²	814	80 mm	1.4 mm	112 mm ²	914	90 mm	1.4 mm	126 mm ²	1012	100 mm	1.2 mm	120 mm ²	1014	100 mm	1.4 mm	140 mm ²	1214	120 mm	1.4 mm	168 mm ²	1512	150 mm	1.2 mm	180 mm ²	1514	150 mm	1.4 mm	210 mm ²	Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.	Tipo M				614	60 mm	1.4 mm	84 mm ²	914	90 mm	1.4 mm	126 mm ²	1214	120 mm	1.4 mm	168 mm ²	Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.	Tipo H				514	50 mm	1.4 mm	70 mm ²
Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.																																																																																		
Tipo S																																																																																					
512	50 mm	1.2 mm	60 mm ²																																																																																		
514	50 mm	1.4 mm	70 mm ²																																																																																		
614	60 mm	1.4 mm	84 mm ²																																																																																		
812	80 mm	1.2 mm	96 mm ²																																																																																		
814	80 mm	1.4 mm	112 mm ²																																																																																		
914	90 mm	1.4 mm	126 mm ²																																																																																		
1012	100 mm	1.2 mm	120 mm ²																																																																																		
1014	100 mm	1.4 mm	140 mm ²																																																																																		
1214	120 mm	1.4 mm	168 mm ²																																																																																		
1512	150 mm	1.2 mm	180 mm ²																																																																																		
1514	150 mm	1.4 mm	210 mm ²																																																																																		
Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.																																																																																		
Tipo M																																																																																					
614	60 mm	1.4 mm	84 mm ²																																																																																		
914	90 mm	1.4 mm	126 mm ²																																																																																		
1214	120 mm	1.4 mm	168 mm ²																																																																																		
Sika® CarboDur®	Ancho	Espesor	Área sección transv.																																																																																		
Tipo H																																																																																					
514	50 mm	1.4 mm	70 mm ²																																																																																		
Contenido de Fibra en Volumen	> 68 %																																																																																				

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a Tracción del Laminado	Valor medio	3,100 N/mm ²	(EN 2561)
	5% de valor fractil	2,900 N/mm ²	(ASTM 3039)
	Valor medio	3,200 N/mm ²	(EN ISO 527)
	5 % de valor fractil	2,800 N/mm ²	
Valores en la dirección longitudinal de las fibras. Seleccione normas relevantes.			
Módulo de Elasticidad a Tracción del Laminado	Valor medio	170 000 N/mm ²	(EN 2561)
	5 % valor fractil	165 000 N/mm ²	
	Valor medio	165 000 N/mm ²	(ASTM 3039)
	Valor medio	155 000 N/mm ²	(EN ISO 527)
Valores en la dirección longitudinal de las fibras. Seleccione normas relevantes.			
Elongación de Rotura del Laminado	Valor medio	1.80 %	(EN 2561)
Valores en la dirección longitudinal de las fibras.			

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

Estructura del Sistema	<p>La configuración del sistema descritas deben cumplirse en su totalidad y no se pueden modificar.</p> <p>Adhesivo de resina - Sikadur®-30.</p> <p>Reforzo estructural Platinas de carbono - Sika® CarboDur® S.</p> <p>Para obtener información detallada sobre Sikadur®-30, junto con los detalles de la aplicación, consulte la Hoja Técnica del producto Sikadur®-30.</p>
-------------------------------	---

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Consumo	Ancho de la placa Sika® CarboDur®	Consumo típico de Sikadur®-30*
	50 mm	0.45 – 0.50 kg/m
	60 mm	0.60 – 0.65 kg/m
	80 mm	0.70 – 0.75 kg/m
	90 mm	0.80 – 0.85 kg/m
	100 mm	0.85 – 0.90 kg/m
	120 mm	1.00 – 1.10 kg/m
	150 mm	1.20 – 1.30 kg/m

* Nota: El consumo es solo para aplicación estándar. Las superficies de sustrato ásperas o desiguales, los cruces de placas, la pérdida y el desperdicio pueden llevar a un mayor consumo de adhesivo de hasta el 30%.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

CALIDAD DEL SUSTRATO

Platinas Sika® CarboDur® unidas externamente a la superficie del concreto

Resistencia mínima de adherencia del concreto recomendada después de la preparación de la superficie:

- Media: 2.0 N/mm²
- Mínimo: 1.5 N/mm²

Si la resistencia de adherencia del concreto está por debajo de los requisitos mínimos establecidos, hay soluciones alternativas disponibles de Sika:

- CarboDur® aplicado en ranuras como reforzo cerca de la superficie (NSM).
- SikaWrap®, consulte la hoja técnica del producto para los tejidos SikaWrap®

El concreto generalmente debe tener más de 28 días (dependiendo de las condiciones de curado y del tipo de concreto, etc.)

Sika® CarboDur® unido externamente a otros sustratos

Para la aplicación de las platinas CarboDur® a todos los demás sustratos (ladrillo, piedra, acero, madera, etc.), póngase en contacto con el técnico de Sika. Servicio de asesoramiento detallado.

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

El concreto debe limpiarse y prepararse para lograr una superficie con textura abierta y libre de contaminantes.

Verificar las tensiones para el concreto y acero.

- Concreto

El concreto debe estar limpio, libre de grasa y aceite, seco, sin partículas libres. La edad del concreto dependiendo de las condiciones de clima debe ser por lo menos de 4 a 6 semanas (% de humedad).

Preparación: Arenado, escobillado o escarificado.

- Madera

La superficie debe encontrarse limpia, libre de grasa o aceite, sin partículas sueltas.

Preparación: Arenado, escobillado o escarificado.

La superficie debe ser pareja. Las marcas de trabajo o ranurados no deben ser de más de 0.5 mm.

Después de limpiar, eliminar el polvo de la superficie empleando una aspiradora industrial.

Verificar el sustrato con un nivel de metal. La tolerancia es de 10 mm para dos metros de longitud, o de 2.5 mm para 50 cm de longitud, respectivamente.

Si la superficie del concreto presenta burbujas, rellénelas con el mortero epóxico de reparación Sikadur®-31 Hi Mod-GEL. El adhesivo Sikadur®-30 se debe emplear como capa de contacto para asegurar una buena adhesión al sustrato de concreto.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Consultar la hoja técnica del producto:

- Sikadur®-30

Con una espátula, aplique con cuidado el adhesivo Sikadur®-30 bien mezclado al sustrato correctamente preparado. Cubra la superficie con una capa de aproximadamente 1.0 mm. Coloque la lámina CarboDur® en una mesa y límpiela con Sika Solvente. Aplique a la lámina Sika® CarboDur® una capa de 1 a 2 mm del adhesivo Sikadur®-30 empleando una espátula.

Mientras el adhesivo está al aire, y dependiendo de la temperatura, coloque la lámina en la superficie de concreto. Use un rodillo para presionar la lámina contra el material epóxico hasta que el adhesivo se salga por ambos lados del laminado. Elimine el exceso de adhesivo epóxico.

Cuando se haya secado el adhesivo Sikadur®-30 se puede retirar la película que recubre la lámina. Como última comprobación, verifique que la lámina CarboDur® no presente burbujas golpeando suavemente. La parte superior de la lámina se puede pintar con un material de recubrimiento como SikaGard®-63N o SikaGuard®-62 para protección.

DOCUMENTOS ADICIONALES

Pruebas

- Informe EMPA N° 154490/1
- Informe EMPA N° 154490
- Informe EMPA N° 161782
- Informe IBMB, IU Braunschweig N° 144B/325
- Informe CISMID, Perú

Referencias

Bauzinger H. Steiner W. 1989: Adhesivos epóxicos para juntas flexibles Schweizer Baublatt N° 64, Agosto 1980.

Deuring M. 1993: Reforzamiento de concreto armado con materiales compuestos pretensados. Centro Federal de Investigación y Pruebas de Materiales (EMPA), Informe EMPA N° 224, 1993.

Deuring M., 1994: Láminas CFRP en la industria de la construcción.

Reforzamiento de estructuras de concreto. Revista Swiss Engineer and Architect N° 26, 23 de julio de 1994.

Deuring M., Oser M., Burgi B. 1994: Refuerzos pegados. Análisis de adhesivos epóxicos. Centro Federal de Investigación y Pruebas de Materiales (EMPA), Informe EMPA N° (ilegible), 1994.

Meier U., 1994: Reforzamiento de estructuras con materiales compuestos.

Informe VDI N° 1080, 1994, pp. 587-594

SIA/EMPA: Refuerzo posterior de estructuras con lámina CarboDur.

Documentación D0120.21 de setiembre de (ilegible).

LIMITACIONES

Un ingeniero estructural calificado debe ser responsable del diseño de los trabajos de reforzamiento. Además, como esta aplicación es estructural, también se debe tener mucho cuidado al seleccionar contratistas especializados con experiencia y capacitación.

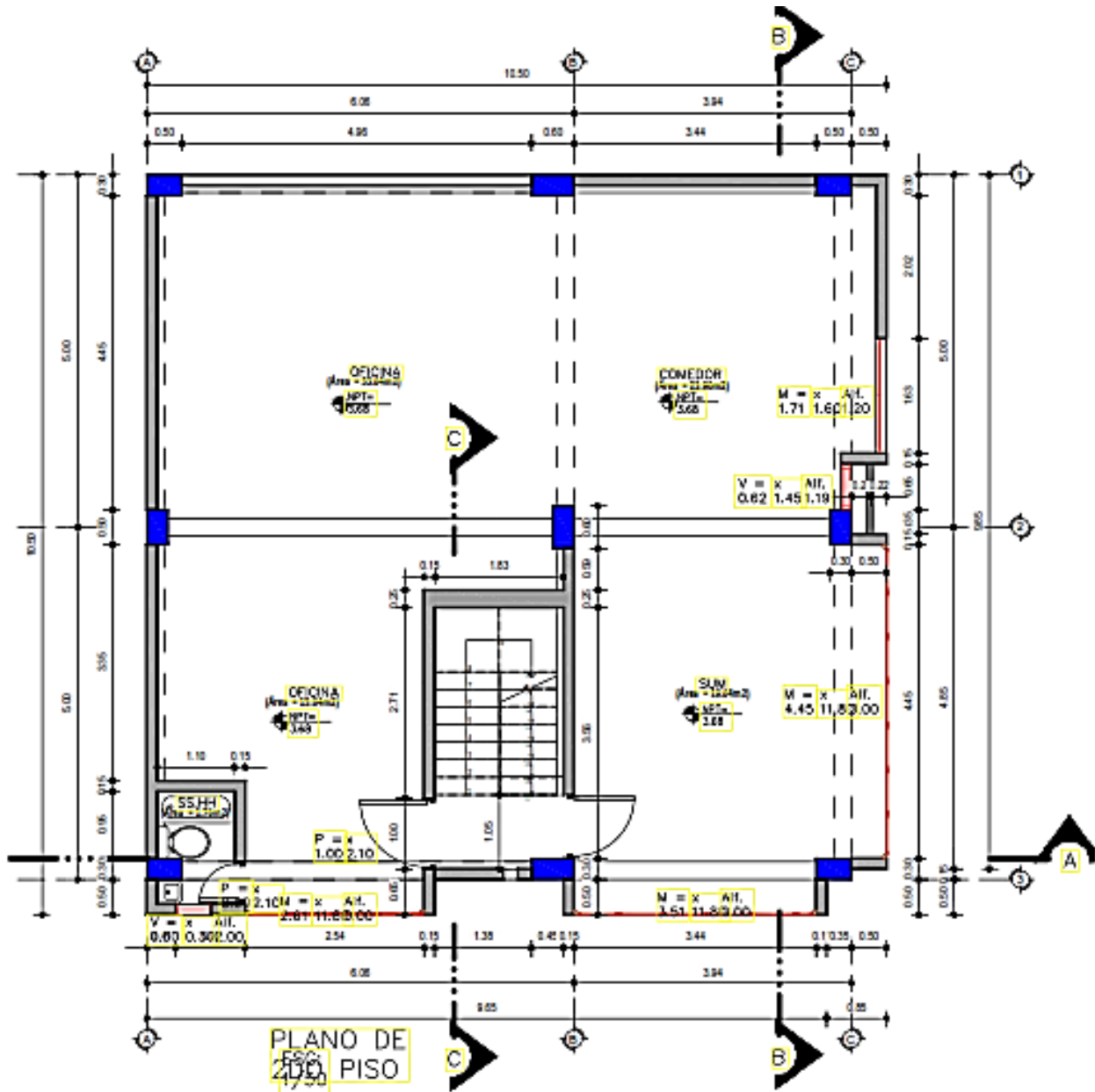
Los sistemas de refuerzo Sika® CarboDur® con platinas Sika® CarboDur® deben protegerse de la exposición permanente a la luz solar directa, la humedad y/o el agua. Consulte las Hojas Técnicas del producto para seleccionar los materiales de recubrimiento adecuados, en situaciones donde los sistemas estarán total o parcialmente expuestos. La temperatura máxima permitida de servicio continuo es de aprox. 70°C.

NOTAS

Las láminas CarboDur® (CFRP) no presentan reserva de deformación plástica, por lo que la resistencia máxima de flexión de una sección reforzada se alcanza cuando se produce la falla de la lámina cuando el ace-

Fuente: Revista Sika.

Anexo 22: Plano de la vivienda familiar



Fuente: Software AutoCAD

Anexo 26: Cuadro de cargas de columna reforzada C2 ETABS.

COLUMNA REFORZADA

STORYY	COLUMN	NAME	CASE	TYPE CASE	STEP TYPE	STATION	P N
Story1	C2	20	CM	LinStatic		0	-796921.92
Story1	C2	20	CM	LinStatic		225	-787389.86
Story1	C2	20	CM	LinStatic		450	-777857.79
Story1	C2	20	CV	LinStatic		0	-94949.48
Story1	C2	20	CV	LinStatic		225	-94949.48
Story1	C2	20	CV	LinStatic		450	-94949.48
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		0	166243.63
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		225	166243.63
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		450	166243.63
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		0	-263715.58
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		225	-263715.58
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		450	-263715.58
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	0	194460.57
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	225	194460.57
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	450	194460.57
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	0	205822.46
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	225	205822.46
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	450	205822.46
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	0	762125.33
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	225	762125.33
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	450	762125.33
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	0	856562.7
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	225	856562.7
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	450	856562.7

Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		0	-1277104.8
Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		225	- 1263759.91
Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		450	- 1250415.02
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	0	-920378.68
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	225	-908463.6
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	450	-896548.52
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	0	- 1309299.81
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	225	- 1297384.73
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	450	- 1285469.65
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	0	-909016.78
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	225	-897101.7
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	450	-885186.62
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	0	- 1320661.71
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	225	- 1308746.63
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	450	- 1296831.55

Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	0	-522769.16
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	225	-514190.3
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	450	-505611.45
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	0	-911690.29
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	225	-903111.44
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	450	-894532.58
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	0	-511407.26
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	225	-502828.41
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	450	-494249.55
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	0	-923052.19
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	225	-914473.33
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	450	-905894.48
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	0	-511407.26
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	225	-502828.41
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	450	-494249.55
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	0	-
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	225	1320661.71
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	225	-
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	450	1308746.63
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	450	-
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	450	1296831.55

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Cuadro de cargas de columna no reforzada C2 ETABS.

COLUMNA NO REFORZADA

STORYY	COLUMN	NAME	CASE	TYPE CASE	STEP TYPE	STATION	P N
Story1	C2	20	CM	LinStatic		0	-711282.64
Story1	C2	20	CM	LinStatic		225	-701750.58
Story1	C2	20	CM	LinStatic		450	-692218.51
Story1	C2	20	CV	LinStatic		0	-84491.12
Story1	C2	20	CV	LinStatic		225	-84491.12
Story1	C2	20	CV	LinStatic		450	-84491.12
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		0	148186.02
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		225	148186.02
Story1	C2	20	SeX	LinStatic		450	148186.02
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		0	-235715.11
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		225	-235715.11
Story1	C2	20	SeY	LinStatic		450	-235715.11
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	0	171591.57
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	225	171591.57
Story1	C2	20	SX	LinRespSpec	Max	450	171591.57
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	0	185452.54
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	225	185452.54
Story1	C2	20	SY	LinRespSpec	Max	450	185452.54
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	0	672497.68
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	225	672497.68
Story1	C2	20	DX	LinRespSpec	Max	450	672497.68
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	0	771790.04
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	225	771790.04
Story1	C2	20	DY	LinRespSpec	Max	450	771790.04
Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		0	-1139430.6

Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		225	-1126085.71
Story1	C2	20	1.4CM + 1.7CV	Combination		450	-1112740.82
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	0	-823125.63
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	225	-811210.55
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	450	-799295.47
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	0	-1166308.76
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	225	-1154393.68
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	450	-1142478.6
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	0	-809264.66
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	225	-797349.58
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	450	-785434.5
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	0	-1180169.74
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	225	-1168254.66
Story1	C2	20	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	450	-1156339.58
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	0	-468562.81

Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	225	-459983.95
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Max	450	-451405.09
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	0	-811745.94
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	225	-803167.09
Story1	C2	20	0.9CM + SX	Combination	Min	450	-794588.23
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	0	-454701.84
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	225	-446122.98
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Max	450	-437544.12
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	0	-825606.92
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	225	-817028.06
Story1	C2	20	0.9CM + SY	Combination	Min	450	-808449.2
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	0	-454701.84
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	225	-446122.98
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Max	450	-437544.12
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	0	-1180169.74
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	225	-1168254.66
Story1	C2	20	envolvente	Combination	Min	450	-1156339.58

Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Cuadro de cargas de viga reforzada B9 ETABS.

VIGA REFROZADA							
STORYY	BEAM	NAME	CASE	TYPE CASE	STEP TYPE	STATION	P N
Story1	B9	130	CM	LinStatic		0	41.446
Story1	B9	130	CM	LinStatic		44.375	41.446
Story1	B9	130	CM	LinStatic		88.75	41.446
Story1	B9	130	CM	LinStatic		88.75	32.798
Story1	B9	130	CM	LinStatic		133.125	32.798
Story1	B9	130	CM	LinStatic		177.5	32.798
Story1	B9	130	CM	LinStatic		177.5	5.129
Story1	B9	130	CM	LinStatic		226.875	5.129
Story1	B9	130	CM	LinStatic		276.25	5.129
Story1	B9	130	CM	LinStatic		276.25	-71.852
Story1	B9	130	CM	LinStatic		325.625	-71.852
Story1	B9	130	CM	LinStatic		375	-71.852
Story1	B9	130	CM	LinStatic		375	103.7415
Story1	B9	130	CM	LinStatic		423.25	103.7415
Story1	B9	130	CM	LinStatic		471.5	103.7415
Story1	B9	130	CM	LinStatic		471.5	-103.7415
Story1	B9	130	CM	LinStatic		519.75	-103.7415
Story1	B9	130	CM	LinStatic		568	-103.7415
Story1	B9	130	CV	LinStatic		0	5.1865
Story1	B9	130	CV	LinStatic		44.375	5.1865
Story1	B9	130	CV	LinStatic		88.75	5.1865
Story1	B9	130	CV	LinStatic		88.75	4.7265
Story1	B9	130	CV	LinStatic		133.125	4.7265
Story1	B9	130	CV	LinStatic		177.5	4.7265
Story1	B9	130	CV	LinStatic		177.5	1.127
Story1	B9	130	CV	LinStatic		226.875	1.127
Story1	B9	130	CV	LinStatic		276.25	1.127
Story1	B9	130	CV	LinStatic		276.25	-10.0395
Story1	B9	130	CV	LinStatic		325.625	-10.0395
Story1	B9	130	CV	LinStatic		375	-10.0395
Story1	B9	130	CV	LinStatic		375	13.9725
Story1	B9	130	CV	LinStatic		423.25	13.9725
Story1	B9	130	CV	LinStatic		471.5	13.9725
Story1	B9	130	CV	LinStatic		471.5	-13.9725
Story1	B9	130	CV	LinStatic		519.75	-13.9725
Story1	B9	130	CV	LinStatic		568	-13.9725
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		0	-679.6615

Story1	B9	130	SeX	LinStatic		44.375	-679.6615
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		88.75	-679.6615
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		88.75	-92.184
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		133.125	-92.184
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		177.5	-92.184
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		177.5	234.0135
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		226.875	234.0135
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		276.25	234.0135
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		276.25	459.6665
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		325.625	459.6665
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		375	459.6665
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		375	-287.6495
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		423.25	-287.6495
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		471.5	-287.6495
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		471.5	287.6495
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		519.75	287.6495
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		568	287.6495
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		0	-74.3015
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		44.375	-74.3015
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		88.75	-74.3015
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		88.75	-17.388
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		133.125	-17.388
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		177.5	-17.388
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		177.5	30.728
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		226.875	30.728
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		276.25	30.728
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		276.25	51.681
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		325.625	51.681
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		375	51.681
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		375	-16.4105
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		423.25	-16.4105
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		471.5	-16.4105
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		471.5	16.4105
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		519.75	16.4105
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		568	16.4105
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	0	739.2085
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	44.375	739.2085
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	88.75	739.2085
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	88.75	161.4025

Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	133.125	161.4025
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	177.5	161.4025
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	177.5	242.328
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	226.875	242.328
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	276.25	242.328
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	276.25	561.062
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	325.625	561.062
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	375	561.062
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	375	305.072
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	423.25	305.072
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	471.5	305.072
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	471.5	305.072
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	519.75	305.072
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	568	305.072
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	0	322.552
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	44.375	322.552
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	88.75	322.552
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	88.75	130.7665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	133.125	130.7665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	177.5	130.7665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	177.5	101.5105

Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	226.875	101.5105
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	276.25	101.5105
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	276.25	315.1805
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	325.625	315.1805
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	375	315.1805
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	375	123.8665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	423.25	123.8665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	471.5	123.8665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	471.5	123.8665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	519.75	123.8665
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	568	123.8665
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	0	2897.08
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	44.375	2897.08
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	88.75	2897.08
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	88.75	632.5805
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	133.125	632.5805
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	177.5	632.5805
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	177.5	949.7275
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	226.875	949.7275
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	276.25	949.7275
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	276.25	2198.892

Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	325.625	2198.892
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	375	2198.892
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	375	1195.6435
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	423.25	1195.6435
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	471.5	1195.6435
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	471.5	1195.6435
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	519.75	1195.6435
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	568	1195.6435
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	0	1342.3605
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	44.375	1342.3605
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	88.75	1342.3605
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	88.75	544.2145
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	133.125	544.2145
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	177.5	544.2145
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	177.5	422.4755
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	226.875	422.4755
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	276.25	422.4755
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	276.25	1311.6555
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	325.625	1311.6555
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	375	1311.6555
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	375	515.4875

Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	423.25	515.4875
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	471.5	515.4875
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	471.5	515.4875
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	519.75	515.4875
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	568	515.4875
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		0	66.838
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		44.375	66.838
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		88.75	66.838
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		88.75	53.958
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		133.125	53.958
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		177.5	53.958
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		177.5	9.0965
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		226.875	9.0965
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		276.25	9.0965
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		276.25	-117.6565
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		325.625	-117.6565
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		375	-117.6565
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		375	168.9925
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		423.25	168.9925
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		471.5	168.9925
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		471.5	-168.9925

Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		519.75	-168.9925
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		568	-168.9925
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	0	797.4905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	44.375	797.4905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	88.75	797.4905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	88.75	208.311
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	133.125	208.311
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	177.5	208.311
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	177.5	250.148
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	226.875	250.148
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	276.25	250.148
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	276.25	458.689
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	325.625	458.689
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	375	458.689
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	375	452.226

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	423.25	452.226
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	471.5	452.226
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	471.5	157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	519.75	157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	568	157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	0	-680.915
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	44.375	-680.915
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	88.75	-680.915
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	88.75	-114.494
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	133.125	-114.494
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	177.5	-114.494
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	177.5	-234.508
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	226.875	-234.508
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	276.25	-234.508

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	276.25	-663.4235
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	325.625	-663.4235
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	375	-663.4235
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	375	-157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	423.25	-157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	471.5	-157.9295
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	471.5	-452.226
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	519.75	-452.226
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	568	-452.226
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	0	380.8455
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	44.375	380.8455
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	88.75	380.8455
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	88.75	177.675
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	133.125	177.675

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	177.5	177.675
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	177.5	109.342
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	226.875	109.342
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	276.25	109.342
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	276.25	212.8075
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	325.625	212.8075
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	375	212.8075
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	375	271.009
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	423.25	271.009
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	471.5	271.009
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	471.5	-23.276
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	519.75	-23.276
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	568	-23.276
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	0	-264.27

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	44.375	-264.27
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	88.75	-264.27
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	88.75	-83.858
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	133.125	-83.858
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	177.5	-83.858
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	177.5	-93.6905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	226.875	-93.6905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	276.25	-93.6905
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	276.25	-417.542
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	325.625	-417.542
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	375	-417.542
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	375	23.276
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	423.25	23.276
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	471.5	23.276

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	471.5	-271.009
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	519.75	-271.009
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	568	-271.009
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	0	776.503
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	44.375	776.503
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	88.75	776.503
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	88.75	190.9345
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	133.125	190.9345
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	177.5	190.9345
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	177.5	246.9395
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	226.875	246.9395
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	276.25	246.9395
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	276.25	496.386
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	325.625	496.386
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	375	496.386
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	375	398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	423.25	398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	471.5	398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	471.5	211.7035
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	519.75	211.7035

Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	568	211.7035
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	0	-701.9025
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	44.375	-701.9025
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	88.75	-701.9025
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	88.75	-131.882
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	133.125	-131.882
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	177.5	-131.882
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	177.5	-237.7165
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	226.875	-237.7165
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	276.25	-237.7165
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	276.25	-625.7265
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	325.625	-625.7265
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	375	-625.7265
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	375	-211.7035
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	423.25	-211.7035
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	471.5	-211.7035
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	471.5	-398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	519.75	-398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	568	-398.4405
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	0	359.858
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	44.375	359.858

Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	88.75	359.858
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	88.75	160.287
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	133.125	160.287
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	177.5	160.287
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	177.5	106.1335
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	226.875	106.1335
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	276.25	106.1335
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	276.25	250.5045
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	325.625	250.5045
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	375	250.5045
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	375	217.235
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	423.25	217.235
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	471.5	217.235
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	471.5	30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	519.75	30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	568	30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	0	-285.2575
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	44.375	-285.2575
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	88.75	-285.2575
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	88.75	-101.246
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	133.125	-101.246

Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	177.5	-101.246
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	177.5	-96.899
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	226.875	-96.899
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	276.25	-96.899
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	276.25	-379.845
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	325.625	-379.845
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	375	-379.845
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	375	-30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	423.25	-30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	471.5	-30.498
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	471.5	-217.235
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	519.75	-217.235
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	568	-217.235
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	0	797.4905
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	44.375	797.4905
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	88.75	797.4905
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	88.75	208.311
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	133.125	208.311
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	177.5	208.311
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	177.5	250.148
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	226.875	250.148

Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	276.25	250.148
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	276.25	496.386
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	325.625	496.386
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	375	496.386
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	375	452.226
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	423.25	452.226
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	471.5	452.226
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	471.5	211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	519.75	211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	568	211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	0	-701.9025
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	44.375	-701.9025
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	88.75	-701.9025
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	88.75	-131.882
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	133.125	-131.882
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	177.5	-131.882
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	177.5	-237.7165
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	226.875	-237.7165
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	276.25	-237.7165
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	276.25	-663.4235
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	325.625	-663.4235

Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	375	-663.4235
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	375	-211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	423.25	-211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	471.5	-211.7035
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	471.5	-452.226
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	519.75	-452.226
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	568	-452.226

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Cuadro de cargas de viga no reforzada B9 ETABS.

VIGA NO REFROZADA							
STORYY	BEAM	NAME	CASE	TYPE CASE	STEP TYPE	STATION	P N
Story1	B9	130	CM	LinStatic		0	36.04
Story1	B9	130	CM	LinStatic		44.375	36.04
Story1	B9	130	CM	LinStatic		88.75	36.04
Story1	B9	130	CM	LinStatic		88.75	28.52
Story1	B9	130	CM	LinStatic		133.125	28.52
Story1	B9	130	CM	LinStatic		177.5	28.52
Story1	B9	130	CM	LinStatic		177.5	4.46
Story1	B9	130	CM	LinStatic		226.875	4.46
Story1	B9	130	CM	LinStatic		276.25	4.46
Story1	B9	130	CM	LinStatic		276.25	-62.48
Story1	B9	130	CM	LinStatic		325.625	-62.48
Story1	B9	130	CM	LinStatic		375	-62.48
Story1	B9	130	CM	LinStatic		375	90.21
Story1	B9	130	CM	LinStatic		423.25	90.21
Story1	B9	130	CM	LinStatic		471.5	90.21
Story1	B9	130	CM	LinStatic		471.5	-90.21
Story1	B9	130	CM	LinStatic		519.75	-90.21
Story1	B9	130	CM	LinStatic		568	-90.21
Story1	B9	130	CV	LinStatic		0	4.51
Story1	B9	130	CV	LinStatic		44.375	4.51
Story1	B9	130	CV	LinStatic		88.75	4.51
Story1	B9	130	CV	LinStatic		88.75	4.11
Story1	B9	130	CV	LinStatic		133.125	4.11
Story1	B9	130	CV	LinStatic		177.5	4.11
Story1	B9	130	CV	LinStatic		177.5	0.98
Story1	B9	130	CV	LinStatic		226.875	0.98
Story1	B9	130	CV	LinStatic		276.25	0.98
Story1	B9	130	CV	LinStatic		276.25	-8.73
Story1	B9	130	CV	LinStatic		325.625	-8.73
Story1	B9	130	CV	LinStatic		375	-8.73
Story1	B9	130	CV	LinStatic		375	12.15
Story1	B9	130	CV	LinStatic		423.25	12.15
Story1	B9	130	CV	LinStatic		471.5	12.15
Story1	B9	130	CV	LinStatic		471.5	-12.15
Story1	B9	130	CV	LinStatic		519.75	-12.15
Story1	B9	130	CV	LinStatic		568	-12.15
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		0	-591.01

Story1	B9	130	SeX	LinStatic		44.375	-591.01
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		88.75	-591.01
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		88.75	-80.16
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		133.125	-80.16
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		177.5	-80.16
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		177.5	203.49
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		226.875	203.49
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		276.25	203.49
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		276.25	399.71
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		325.625	399.71
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		375	399.71
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		375	-250.13
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		423.25	-250.13
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		471.5	-250.13
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		471.5	250.13
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		519.75	250.13
Story1	B9	130	SeX	LinStatic		568	250.13
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		0	-64.61
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		44.375	-64.61
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		88.75	-64.61
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		88.75	-15.12
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		133.125	-15.12
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		177.5	-15.12
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		177.5	26.72
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		226.875	26.72
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		276.25	26.72
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		276.25	44.94
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		325.625	44.94
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		375	44.94
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		375	-14.27
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		423.25	-14.27
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		471.5	-14.27
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		471.5	14.27
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		519.75	14.27
Story1	B9	130	SeY	LinStatic		568	14.27
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	0	642.79
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	44.375	642.79
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	88.75	642.79
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	88.75	140.35

Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	133.125	140.35
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	177.5	140.35
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	177.5	210.72
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	226.875	210.72
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	276.25	210.72
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	276.25	487.88
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	325.625	487.88
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	375	487.88
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	375	265.28
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	423.25	265.28
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	471.5	265.28
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	471.5	265.28
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	519.75	265.28
Story1	B9	130	SX	LinRespSpec	Max	568	265.28
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	0	280.48
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	44.375	280.48
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	88.75	280.48
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	88.75	113.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	133.125	113.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	177.5	113.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	177.5	88.27

Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	226.875	88.27
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	276.25	88.27
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	276.25	274.07
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	325.625	274.07
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	375	274.07
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	375	107.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	423.25	107.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	471.5	107.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	471.5	107.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	519.75	107.71
Story1	B9	130	SY	LinRespSpec	Max	568	107.71
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	0	2519.2
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	44.375	2519.2
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	88.75	2519.2
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	88.75	550.07
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	133.125	550.07
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	177.5	550.07
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	177.5	825.85
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	226.875	825.85
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	276.25	825.85
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	276.25	1912.08

Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	325.625	1912.08
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	375	1912.08
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	375	1039.69
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	423.25	1039.69
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	471.5	1039.69
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	471.5	1039.69
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	519.75	1039.69
Story1	B9	130	DX	LinRespSpec	Max	568	1039.69
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	0	1167.27
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	44.375	1167.27
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	88.75	1167.27
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	88.75	473.23
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	133.125	473.23
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	177.5	473.23
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	177.5	367.37
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	226.875	367.37
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	276.25	367.37
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	276.25	1140.57
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	325.625	1140.57
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	375	1140.57
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	375	448.25

Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	423.25	448.25
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	471.5	448.25
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	471.5	448.25
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	519.75	448.25
Story1	B9	130	DY	LinRespSpec	Max	568	448.25
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		0	58.12
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		44.375	58.12
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		88.75	58.12
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		88.75	46.92
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		133.125	46.92
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		177.5	46.92
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		177.5	7.91
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		226.875	7.91
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		276.25	7.91
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		276.25	-102.31
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		325.625	-102.31
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		375	-102.31
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		375	146.95
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		423.25	146.95
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		471.5	146.95
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		471.5	-146.95

Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		519.75	-146.95
Story1	B9	130	1.4CM + 1.7CV	Combination		568	-146.95
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	0	693.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	44.375	693.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	88.75	693.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	88.75	181.14
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	133.125	181.14
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	177.5	181.14
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	177.5	217.52
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	226.875	217.52
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	276.25	217.52
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	276.25	398.86
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	325.625	398.86
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	375	398.86
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	375	393.24

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	423.25	393.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	471.5	393.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	471.5	137.33
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	519.75	137.33
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Max	568	137.33
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	0	-592.1
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	44.375	-592.1
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	88.75	-592.1
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	88.75	-99.56
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	133.125	-99.56
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	177.5	-99.56
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	177.5	-203.92
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	226.875	-203.92
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SX	Combination	Min	276.25	-203.92

Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	276.25	-576.89
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	325.625	-576.89
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	375	-576.89
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	375	-137.33
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	423.25	-137.33
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	471.5	-137.33
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	471.5	-393.24
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	519.75	-393.24
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SX}$	Combination	Min	568	-393.24
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SY}$	Combination	Max	0	331.17
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SY}$	Combination	Max	44.375	331.17
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SY}$	Combination	Max	88.75	331.17
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SY}$	Combination	Max	88.75	154.5
Story1	B9	130	$1.25(\text{CM+CV}) + \text{SY}$	Combination	Max	133.125	154.5

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	177.5	154.5
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	177.5	95.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	226.875	95.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	276.25	95.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	276.25	185.05
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	325.625	185.05
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	375	185.05
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	375	235.66
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	423.25	235.66
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	471.5	235.66
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	471.5	-20.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	519.75	-20.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Max	568	-20.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	0	-229.8

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	44.375	-229.8
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	88.75	-229.8
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	88.75	-72.92
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	133.125	-72.92
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	177.5	-72.92
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	177.5	-81.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	226.875	-81.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	276.25	-81.47
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	276.25	-363.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	325.625	-363.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	375	-363.08
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	375	20.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	423.25	20.24
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	471.5	20.24

Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	471.5	-235.66
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	519.75	-235.66
Story1	B9	130	1.25(CM+CV) + SY	Combination	Min	568	-235.66
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	0	675.22
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	44.375	675.22
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	88.75	675.22
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	88.75	166.03
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	133.125	166.03
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	177.5	166.03
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	177.5	214.73
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	226.875	214.73
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	276.25	214.73
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	276.25	431.64
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	325.625	431.64
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	375	431.64
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	375	346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	423.25	346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	471.5	346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	471.5	184.09
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	519.75	184.09

Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Max	568	184.09
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	0	-610.35
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	44.375	-610.35
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	88.75	-610.35
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	88.75	-114.68
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	133.125	-114.68
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	177.5	-114.68
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	177.5	-206.71
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	226.875	-206.71
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	276.25	-206.71
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	276.25	-544.11
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	325.625	-544.11
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	375	-544.11
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	375	-184.09
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	423.25	-184.09
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	471.5	-184.09
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	471.5	-346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	519.75	-346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SX	Combination	Min	568	-346.47
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	0	312.92
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	44.375	312.92

Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	88.75	312.92
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	88.75	139.38
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	133.125	139.38
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	177.5	139.38
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	177.5	92.29
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	226.875	92.29
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	276.25	92.29
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	276.25	217.83
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	325.625	217.83
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	375	217.83
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	375	188.9
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	423.25	188.9
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	471.5	188.9
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	471.5	26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	519.75	26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Max	568	26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	0	-248.05
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	44.375	-248.05
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	88.75	-248.05
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	88.75	-88.04
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	133.125	-88.04

Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	177.5	-88.04
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	177.5	-84.26
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	226.875	-84.26
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	276.25	-84.26
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	276.25	-330.3
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	325.625	-330.3
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	375	-330.3
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	375	-26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	423.25	-26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	471.5	-26.52
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	471.5	-188.9
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	519.75	-188.9
Story1	B9	130	0.9CM + SY	Combination	Min	568	-188.9
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	0	693.47
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	44.375	693.47
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	88.75	693.47
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	88.75	181.14
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	133.125	181.14
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	177.5	181.14
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	177.5	217.52
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	226.875	217.52

Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	276.25	217.52
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	276.25	431.64
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	325.625	431.64
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	375	431.64
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	375	393.24
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	423.25	393.24
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	471.5	393.24
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	471.5	184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	519.75	184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Max	568	184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	0	-610.35
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	44.375	-610.35
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	88.75	-610.35
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	88.75	-114.68
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	133.125	-114.68
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	177.5	-114.68
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	177.5	-206.71
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	226.875	-206.71
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	276.25	-206.71
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	276.25	-576.89
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	325.625	-576.89

Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	375	-576.89
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	375	-184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	423.25	-184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	471.5	-184.09
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	471.5	-393.24
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	519.75	-393.24
Story1	B9	130	envolvente	Combination	Min	568	-393.24

Fuente: Elaboración propia