



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño Estructural empleando Fibra de Carbono para el Mejoramiento de la Sismoresistencia en Edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Casablanca Chocari, Juan Alfredo (ORCID: 0000-0001-6735-8726)

Vilchez Fernandez, Dangler Yanet (ORCID: 0000-0001-8336-1976)

**ASESOR:**

Dr. Emilio Jose Medrano Sanchez (ORCID: 0000-0003-0002-5876)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a nuestros padres que estuvieron en cada paso de nuestra formación, así como a nuestros profesores que nos sirvieron de guía para mejorar continuamente.

## **Agradecimiento**

Ante todo, agradecer a Dios, y a nuestros padres por saber aconsejarnos, guiarnos y darnos apoyo en los momentos más difíciles, también se agradece a nuestros tutores por los conocimientos brindados durante todo este tiempo en la universidad

## Índice de contenido

Caratula	
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA .....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de figuras

Figura 01: Planta Primer piso de Arquitectura.....	17
Figura 02: Planta típica de Arquitectura.....	18
Figura 03: Varilla corrugada de Fibra de Carbono.....	19
Figura 04: Estructuración de planta típica.....	21
Figura 05: Modelo tridimensional.....	27
Figura 06: Configuración de Fibra de Carbono en Etabs.....	28
Figura 07: Periodo de participación en ambas direcciones del modelo Etabs.....	28
Figura 08: Periodos principales de participación.....	29
Figura 09: Curva para el espectro de diseño - Etabs.....	29
Figura 10: Corte Dinámico – Estático (Etabs).....	

## Resumen

El presente trabajo de investigación titulada “Diseño Estructural empleando Fibra de Carbono para el Mejoramiento de la Sismoresistencia en Edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021. Que tiene como objetivo principal determinar la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021, y que para ello se generó la siguiente pregunta ¿Cuál es la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021?; La investigación es cuasi experimental aplicada. Se realizó el modelado en ETABS de una edificación en Jicamarca de 5 niveles, cumpliendo con la Norma E.030 Diseño-sismorresistente, y la E.060 Concreto Armado, de la Norma Técnica Peruana. Como primera instancia se hizo la estructuración del proyecto, para luego continuar con el pre dimensionamiento de los elementos estructurales para que finalmente esto sea introducido en el software ETABS, una vez realizado el modelado se aplicó a este modelo las cargas vivas y muertas establecidas en las Normas mencionadas como también los requerimientos de ésta, para luego analizar el modelo del diseño realizado y obtener resultados.

**Palabras claves:** diseño estructural, influencia, sismoresistencia, resistencia mecánica, fibras de carbono.

## **Abstract**

The present research work entitled "Structural Design using Carbon Fiber for the Improvement of Earthquake Resistance in 5-Level Buildings - Jicamarca 2021. Its main objective is to determine the influence of structural design with carbon fiber on earthquake resistance for the construction of 5 Levels - Jicamarca 2021, and for this the following question was generated: What is the influence of structural design with carbon fiber on earthquake resistance for the construction of 5 Levels - Jicamarca 2021 ?; The research is quasi-experimental applied. A 5-level building in Jicamarca was modeled in ETABS, complying with Standard E.030 Design-earthquake-resistant, and E.060 Reinforced Concrete, of the Peruvian Technical Standard. As a first instance, the structuring of the project was carried out, to then continue with the pre-dimensioning of the structural elements so that this is finally introduced in the ETABS software, once the modeling was carried out, the live and dead loads established in the Standards mentioned as well as its requirements, to then analyze the design model made and obtain results.

**Keywords:** structural design, influence, earthquake resistance, mechanical resistance, carbon fibers.

## **I. INTRODUCCIÓN**



En los últimos años el trabajo con materiales que llevan como parte de su formación la fibra de carbono para sistemas estructurales ha tomado gran impacto en la ingeniería, y su rendimiento puede ser incluso mejor debido a una mayor resistencia a la corrosión y también a la resistencia mecánica. En todo el mundo los sismos están presentes, lo que genera grandes pérdidas de vidas humanas, muchas familias damnificadas y grandes pérdidas económicas del País.

El refuerzo estructural de un edificio se utiliza para aquellas estructuras o elementos que, por algún motivo, resultan inadecuados en alguna característica en cuanto a los nuevos requisitos para su vida útil. Por lo general, estos nuevos requisitos se deben a una mayor carga de servicio, problemas de durabilidad causados por materiales deficientes y no aptos para la construcción, ni en su diseño, estos son insuficientes, cambios ambientales desatendidos en la investigación y el diseño inicial, y mayores costos, deterioro de edificios debido a cambios en uso del edificio o mayor vida útil.

Del mismo modo, también es importante que las empresas de ingeniería civil comprendan los diferentes métodos y materiales utilizados en el refuerzo estructural con el fin de compensar los defectos estructurales en los edificios. Por ejemplo, se usa principalmente usando refuerzo de hormigón y acero, o usando materiales de refuerzo estructural compuestos de fibras de polímero, fibras de vidrio, fibras de carbono y similares.

En 1958, Roger Bacon dio a conocer la fibra de carbono de gran rendimiento, este material se genera carbonizando los filamentos de rayon. Este procedimiento es muy ineficaz, la fibra resultante contiene sólo un 20% de carbono y tiene pocas propiedades de resistencia y rigidez.

En la época de 1960, la investigación continuó para obtener fibras lograsen hasta un 55% de carbono, se continuará investigando para obtener materiales más ligeros y duraderos para componentes de aviación, pero sus intentos no tendrán éxito. En los 70 el trabajo experimental tiene como finalidad hallar alternativas de materias primas como la fibra de carbono desde la conversión del petróleo. Estas fibras contienen aproximadamente un 84% de carbono y tienen una alta resistencia a la flexión.

Actualmente, podemos ver muchos objetos hechos de fibra de carbono, lo podemos encontrar en carcasas de ordenadores y teléfonos móviles, barcos, molinos eólicos,

coches y aviones. Es un material elástico ligero y de alta resistencia mecánica, tiene una alta resistencia a los factores externos, tiene una gran capacidad como aislante y mantiene su forma cuando cambia la temperatura, lo que resulta en una vida útil relativamente corta del pre impregnado.

En el Perú, durante muchos años, el refuerzo estructural que se ha utilizado durante a sido de manera tradicional, es decir, aumentando elementos estructurales como vigas, placas y columnas, haciendo más grande su sección transversal o instalando elementos metálicos que puedan ayudar a soportar las cargas existentes.

Sin embargo, en la última década en el Perú, los materiales compuestos de alta tecnología como uso de sistemas de refuerzos estructurales se ha vuelto cada vez más frecuente, y tienen grandes y varias ventajas tradicionales.

Este material es muy blando, tiene elevada resistencia, es liviano y tiene baja densidad si es que se compara con el acero, tiene resistencia a elevadas temperaturas y mínima expansión térmica, la puesta de servicio es rápida, con poco costo de instalación por ello es muy conocida en las industrias del automovilismo, aeronáutica, construcción, etc.

A menudo se puede ver eventos sísmicos lo cual nos lleva a tomar acciones frente a esto, adicionando las fibras de carbono en las estructuras de las edificaciones tendremos una mejor respuesta ante los sismos, por ellos se plantea la siguiente pregunta; ¿Cuál es la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021? Con el desarrollo de este proyecto se determinará cuál es la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021. Se tiene como problemas específicos: ¿Cuál es la influencia de la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?; ¿Cuál es la influencia de la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?; ¿Cuál es la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?; ¿Cuál es

la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021?. Como justificación de este proyecto se desarrolla teniendo en cuenta la necesidad del ser humano de tener una vivienda sostenible y segura, conociendo que las estructuras de concreto pueden presentar defectos por mala construcción, deterioro del concreto, corrosión del acero, cambios en la función estructural o aumento de cargas estimadas en el diseño; en casos extremos, por haber llegado al final del ciclo de servicio, surge un factor de riesgo porque son estructuras antiguas que necesitan ser reparadas. Por tanto, es importante analizar la estructura durante toda la vida útil y, si es necesario, la aplicación de elementos de refuerzo. El refuerzo de fibra de carbono implica incorporar fibras y matriz de alta resistencia a la estructura para mantener su integridad física y propiedades químicas.

Teniendo como objetivo general: Determinar la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

Por lo cual como objetivos secundarios:

Determinar la influencia de la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

Determinar la influencia de la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

Determinar la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

Determinar la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En esta investigación se hace referencia a diversos autores a nivel internacional y nacional los mismos que contribuirán a una mejor comprensión del trabajo planteado.

- Alegre Gago Gianfranco (2017), en su tesis “Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado”. El objetivo principal de este trabajo es determinar el comportamiento en los ámbitos de la elasticidad e inelasticidad de las vigas de hormigón armado reforzadas con fibra de carbono bajo flexión, concluyendo que si se aumenta la resistencia de la sección se añade fibra de carbono para refuerzo. En el hormigón armado está sujeto a flexión y, a la inversa.

Estrada y Yoplac (2019) en su tesis “Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña - Lima 2019” nos muestra las opciones para el refuerzo en vigas frente a las patologías que se generan en casos específicos. Se reconocieron algunos de los beneficios y sobre todo las características al usar en vigas de concreto armado estas fibras de carbono y esto se refleja en la mayor obtención de las especificaciones y requisitos del proyecto, dando buenos resultados en las fases de instalación como de servicio de un proyecto. También, los resultados de este trabajo confirman lo importante que es realizar una correcta evaluación de la estructura demostrando que una de las mejores alternativas es la fibra de carbono para el reforzamiento de estructuras de vigas de concreto armado en el edificio Multifamiliar Huaraz, también se logró presupuestar de manera ideal y económica este tipo de refuerzo si lo comparamos con el refuerzo que normalmente se usa (encamisado de viga) protegiendo los bienes del cliente sin afectar el objetivo inicial.

Cutti (2015) en su tesis "Análisis experimental del uso de las fibras de carbono para el reforzamiento en una viga peraltada, de concreto armado para una edificación en la ciudad de Lircay - Angaraes - Huancavelica", se enfoca en el uso de este elemento generado por pultrusion como es la fibra de carbono para reforzar aplicándose exteriormente en vigas tras el incremento de cargas, así como el procedimiento en su

colocación y ver de esta forma la eficiencia con la cual actúa la viga. En conclusión, la fibra de carbono como reforzamiento dio un resultado positivo ya que se obtuvo mejores respuestas al incrementar las cargas, así como la gran ventaja de evitar aumentar las dimensiones de la sección de elementos estructurales evitando agregar cargas extras en la estructura.

Medina (2020) en su tesis "Evaluación estructural de sistemas de reforzamiento en vigas de concreto armado con fibras de carbono y planchas de acero sometidas a flexión" Esta tesis analiza la reacción de las vigas con acero sometidas a flexión bajo 2 sistemas reforzados externamente:

Reforzado con planchas de acero y FDC aglomerada con resina epoxi. Por esta razón, primero se hacen pruebas de flexión en vigas antes de ser reparadas. Para vigas previamente dañadas se genera un procedimiento aplicado que consta de 3 etapas: la primera consiste en restaurar las dimensiones geométricas, la segunda consiste en aplicar el epoxi en las fisuras principales en vigas y la tercera consiste en reemplazar el concreto roto original con lechada de construcción. Se analizaron 6 vigas de gran luz en total, de las cuales la mitad fue reforzada con plancha de acero y la otra parte con la fibra de carbono, estos resultados luego fueron cotejados con otras vigas de igual cantidad, pero sin reforzamientos. Se encuentra que la tecnología de reparación estructural puede lograr bien el objetivo.

Los datos sacados del análisis del sistema con refuerzo de plancha de acero, nos dio a conocer un comportamiento elastoplástico (ductilidad) en comparación con el diseño original, la resistencia de la viga respecto a la flexión se incrementó en un 46%. Por otro lado, la prueba experimental del sistema reforzado con fibra de carbono demostró el comportamiento elástico (frágil) típico de este material reforzado, debido a que tiene la deformabilidad de la fibra de carbono, y respecto a su resistencia en el aspecto a la flexión se incrementa en un 28% en comparación con la viga sin reforzamiento externo.

Manrique y Paucar (2019) en su tesis "Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresarial camino real, San Isidro" "El objetivo

de la tesis es utilizar fibra de carbono en las viguetas de las vigas principales, placas livianas y placas macizas. Dado que se están diseñando los cambios de uso en el área de interés, el presupuesto y el calendario no solo se comparan con el refuerzo de chapas de acero, pero también intervenciones, Repsol optó por utilizar la primera planta como centro de datos, al que también se añadieron equipos de climatización y grupos electrógenos. En el trabajo se utilizaron los criterios y fórmulas mostrados en la norma internacional ACI 440-2R17, y se desarrolló una tabla de cálculo según la norma, que permitió incorporar los efectos de los terremotos en el diseño de refuerzo de vigas mediante flexión y esfuerzo cortante. La fibra de carbono aumenta la resistencia a la tracción, mejora la sujeción y aumenta la capacidad de carga. Después de que se refuerza el CFRP, el momento de flexión de los miembros estructurales aumenta, sin el impacto del agrietamiento y la caída de la FDC especificado por ACI. La aplicación de las vigas de acero como elemento estructural, resuelve el problema de la falla de las viguetas por cortes causada por las cargas extras del equipo. El tiempo de ejecución se redujo en un 20,48%, pero el precio es se eleva respecto a los gastos de instalación.

Castro (2019) en su tesis "Reforzamiento estructural con fibra de carbono como alternativa económica para aumentar la resistencia a la compresión de las columnas en la galería comercial fullmarket en el 2019" El objetivo general de esta investigación es determinar cómo el refuerzo estructural de polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) puede aumentar la capacidad de compresión de las columnas, lo cual es necesario para un proyecto de expansión adicional de dos pisos en una galería comercial en funcionamiento ubicada en Lince, Lima, Perú. Tiene una superficie de 625 metros cuadrados (25 x 25), con 14 estacionamientos en el sótano y 82 locales comerciales de 6 y 8 m<sup>2</sup> en el primer y segundo piso. El proyecto para su ampliación está destinado para la suma de dos niveles que se adicionaran, la estructura existente debe ser reforzada. El proyecto actual ha desarrollado columnas reforzadas con fibra de carbono, demostrando cómo la unión externa con adhesivo de resina epóxica puede aumentar su resistencia a la compresión. Estos estudios revelan que el acero con grado 60 es de 7 a 10 veces más resistente a la tracción. Otra conclusión, es que

las pruebas de probetas en laboratorios con concreto y fibra de carbono demostrando un incremento en la resistencia del concreto compuesto con fibra de carbono. El refuerzo de fibra de carbono en la muestra de hormigón cilíndrico ensayada en laboratorio y su posterior verificación con la norma ACI 440 2R 17 mostró que a través de su aplicación se incrementa la resistencia de la columna, se reduce el uso de materiales y no hay necesidad para reducir el almacenamiento de materiales y espacio donde se genera chatarra o desperdicio. Al final, se concluyó que el proyecto de investigación alcanzo los objetivos al ver estos reflejados en el incremento de la resistencia a compresión en columnas estructurales reforzadas con fibras de carbono de la Galeria Fullmarket. Este proyecto muestra cómo el refuerzo de fibra de carbono puede resolver esta demanda ante una mayor resistencia sin obstaculizar o paralizar las actividades que se realizan en la galería durante el horario de funcionamiento. Finalmente, se logró economizar los costos producido por CFRP ya que alcanzó los S /. 30,707.33, por proyecto que es 58.4% menor que un reforzamiento de concreto armado.

Silva (2016) en su tesis “Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono” desarrollada en la Universidad San Francisco de Quito en Ecuador. Se comparo de manera teoría y como objetivo principal, los aceros reforzados con fibras de carbono evaluándose su resistencia a la tracción. Estos resultados mostraron que la FDC combinada con resina epóxica aumentó la resistencia a la tracción de la muestra con acero en la totalidad de los casos. Al final, se concluyó que la fibra de carbono revestida con epoxi se adhirió a la superficie del concreto con mucho éxito. Asimismo, el autor menciona que la elevada resistencia que se obtiene genera resultados sorprendentes, sobre todo sabiendo que la el hormigón tiene una resistencia a la tracción de 40 kg / m<sup>2</sup> y para la resina epóxica es mucho mas elevado con 400 kg / cm<sup>2</sup>.



### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

#### Tipo de investigación:

Susaya (2018) la investigación aplicada es aquella que busca solucionar problemas o concebir productos, este tipo de investigación nos habla de utilización de teorías ya existentes para resolver problemas prácticos de la vida.

Podemos señalar que este proyecto de investigación será de tipo aplicada debido a que buscamos la implementación de la fibra de carbono en el diseño estructural como mejora en el comportamiento sismorresistente.

#### Diseño de investigación:

Gimenez (2020) refiere que el diseño de investigación es el entorno donde el investigador establece su investigación y procedimientos para la realización de su proyecto colocando en claro los criterios según el cual se analizaran los resultados. Existen diferentes tipos de investigación, pero las más utilizadas son experimental y no experimental.

Podemos señalar que este proyecto de investigación será de tipo cuasi experimental.

### 3.2. Variables y operacionalización:

#### Variable Independiente: Diseño estructural

- **Definición conceptual:** Alegre y Cochachin (2019) El diseño estructural, se basa en una serie de conocimientos para establecer espacios y distribución en una edificación las cuales tienen que cumplir ciertas demandas a través de diferentes periodos de su existencia (pg. 4).
- **Dimensiones:** Costo, comportamiento sísmico y rigidez.

#### Variable Dependiente: Sismorresistencia

- **Definición conceptual:** Según Orozco (2019) la Sismorresistencia se puede conceptualizar como la capacidad o cualidad con que se dota a una construcción para aguantar los efectos los movimientos y cargas dinámicas que

ocurren durante un terremoto, teniendo como máxima prioridad defender y resguardar la vida de los individuos que la ocupan. Esto significa que, aunque se tiene contemplado que la composición sufrirá perjuicios, la obra no colapsará cumpliendo de esta forma su objetivo.

- **Dimensiones:** Eficiencia, Estabilidad y deformación.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

Para este proyecto de investigación se considerará como población todas las viviendas unifamiliares de 5 niveles de Jicamarca.

López (2017) comenta que la población muestra un conjunto de elementos que constituyen parte de un interés del cual queremos inferir sacando así conclusiones de naturaleza estadística y teórica.

#### **Muestra:**

López (2017) comenta que una muestra estadística es una sección o subconjunto de unidades representativas de un grupo denominado población o cosmos, seleccionadas de manera aleatoria, y que se somete a observación científica con la intención de obtener resultados válidos para el mundo total investigado, en unos parámetros de error y de posibilidad de que tienen la posibilidad de decidir en cada caso.

En este proyecto se tomará como muestra una vivienda unifamiliar de 5 pisos ubicada en la Av. 11 de junio en Jicamarca.

#### **Muestreo:**

Según Martínez (2012) hay 2 metodologías para escoger muestras de población: el muestreo probabilístico y el muestreo no probabilístico o de juicio.”

Según la averiguación en esta situación el muestreo que se realizará es no probabilístico del tipo intencional, debido a que se va a elegir una construcción definida

de donde se van a obtener las muestras. Por consiguiente, los criterios de muestreo fueron no probabilísticos y direccionados a la construcción a intentar.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Técnicas:** según Hurtado (2007) la técnica trata sobre los métodos usados para la recolección de datos, tienen la posibilidad de clasificarse como revisión documental, observación, encuesta y técnicas sociométricas, entre otras (p. 58).

En el proyecto de investigación se utilizará la técnica de análisis documental (observación y análisis documental).

**Instrumentos:** Para Chávez (2006) “los instrumentos de investigación son los medios que utiliza el investigador para medir el comportamiento o atributo de la variable” (p. 59).

Para este proyecto de investigación se utilizará como instrumento de recolección de datos la ficha de investigación.

- Validez: Según Chávez (2007), la validez de la investigación se completa por el contenido en el instrumento de análisis y este se desempeña en el logro reflejado, por ello se deben tener variables que midan este desempeño en base a dimensiones e indicadores del proyecto. (p. 61).

Este proyecto de investigación se presentará a los ingenieros especialistas en el tema para que puedan evaluar y aprobar dicho proyecto.

- Confiabilidad: Para Hernández, Fernández y Baptista (2006) la fiabilidad de una herramienta de medición está destinada al nivel en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto crea equivalentes resultados. Una herramienta de medición podría ser confiable empero no precisamente válido, de ahí que el instrumento debería mostrar que es válido y confiable (p. 62).

El presente proyecto dependerá del juicio de los expertos en la línea de investigación, de esa manera se obtendrá la validación del instrumento, por dos

ingenieros con colegiatura y también con la aprobación de un metodólogo como asesor con un grado de doctor.

### **3.5. Procedimientos:**

Se obtendrá la información del propietario de la edificación a estudiar, esto incluye los planos de arquitectura y plano de ubicación.

Se realizará la estructuración, el predimensionamiento de los recursos estructurales y al final el Metrado de carga importante para importarlo a Etabs este paso es fundamental para comenzar los criterios de diseños y estudio según reglamento, después, hacer los métodos de vibración para obtener las etapas primordiales en el eje X-X y el eje Y-Y, después comprobar la composición si pasa por la exploración Sísmico Estático y Dinámico, para último hacer el Diseño estructural del inmueble usando como material primordial varillas corrugadas de fibra de carbono.

Se realizará el análisis del diseño estructural aplicando varillas corrugadas de fibra de carbono

### **3.6. Método de análisis de datos:**

En este plan de averiguación, se utilizaran los programa como AutoCAD, Revit y para la indagación de los datos se usará el ETABS, usando la información obtenida de los planos de Arquitectura así como la normativa vigente (E.060 y E0.30).

Para tramitar la información y datos se debe lograr manejar la información según los procedimientos aplicables según la norma.

Las softwares para lograr el desarrollo de la investigación:

- Software ETABS versión 16.2.1.
- AutoCAD 2020
- Microsoft Office versión 2019.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Los resultados obtenidos en esta investigación son completamente verdaderos, completamente producidos por el autor, honestos y creíbles.

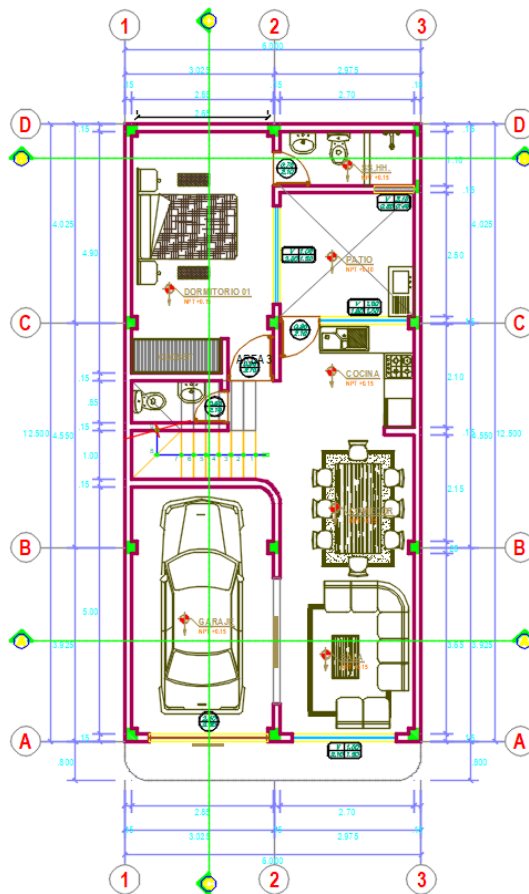
Este proyecto cita con información recopilada de artículos, revistas, libros, y citas antecedentes y teorías relacionadas con el tema en la cual se respeta la propiedad intelectual ajena.

## **IV. RESULTADOS**

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

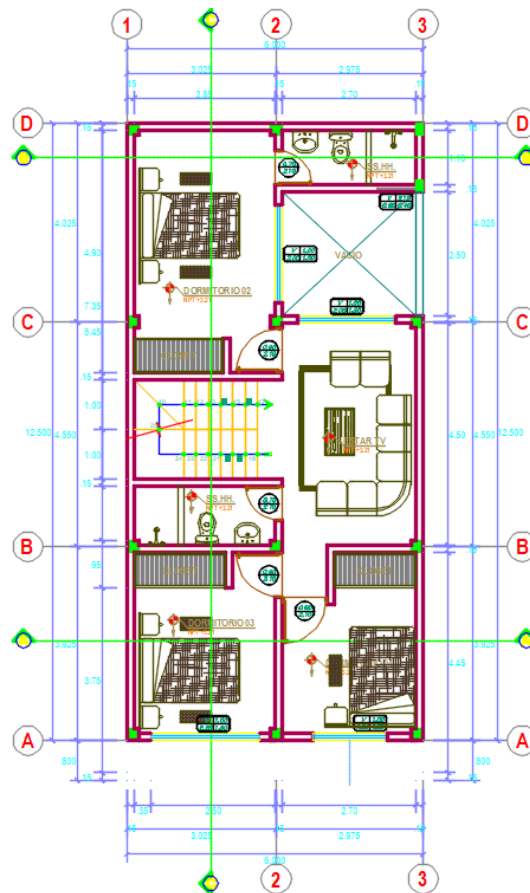
El presente proyecto desarrolla el diseño estructural de una edificación unifamiliar de concreto armado que se encuentra ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, en su totalidad contando con las áreas techada y sin techar es igual a 110m<sup>2</sup>. La edificación cuenta con un área techada de 75 m<sup>2</sup>, consta de 5 niveles con una elevación total de 10.00m y una distancia entre niveles de 2.80m.

Al respecto, el 1er nivel consta de un área de 75m<sup>2</sup> completamente techada, distribuida por un garaje, sala, comedor, cocina, patio dormitorio y 2 baños, de otro lado el área de los pisos superiores que comprenden desde el 2do al 4to piso, cuenta con un área total de 225m<sup>2</sup> distribuido por 1 dormitorio principal y 2 dormitorios comunes, 2 baños y una sala por piso, como se muestra en la figura 1-2



**Figura 1** Planta Primer piso de Arquitectura





**Figura 2** Planta típica de Arquitectura

### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los elementos que se utilizaron para el diseño estructural del proyecto son de concreto armado (cimentaciones, columnas, vigas, losas aligeradas) con las siguientes características:

- **Resistencia a la compresión** **210 kg/cm<sup>2</sup>**
- **Módulo de Poisson** **0.15**
- **Módulo de Elasticidad** **15 00  $\sqrt{f'c}$  kg/cm<sup>2</sup>**

Además, se usará varillas corrugadas de fibra de carbono de alto modulo con resina epoxy fabricada por pultrision con las características siguientes:

- **Resistencia mínima a la tracción a la rotura (fu)** **21 000 kg/cm<sup>2</sup>**
- **Esfuerzo de fluencia (fy)** **25 000 kg/cm<sup>2</sup>**
- **Módulo de Poisson** **0.25**
- **Módulo de elasticidad** **3 900 000 kg/cm<sup>2</sup>**



*Figura 3 Varilla corrugada de Fibra de Carbono*

## **ESTRUCTURACIÓN**

### **Objetivos de la Estructuración**

La estructuración se tiene que definir antes del predimensionamiento de los elementos estructurales, en esta parte se debe disponer de la posición de los elementos a considerar (vigas, columnas, losas, etc), esto implica y brinda rigidez a la estructura con el objetivo de resistir las cargas externas e internas.

La estructuración se genera a partir del expediente arquitectónico, lo cual nos da una vista previa de donde deben colocar los elementos para evitar gran impacto o cambio en el diseño se deben colocar todos los elementos para que estos formen la estructura del proyecto. Esta estructura tiene que ser sencilla, simétrica, continua y regular.

### **Requisitos Generales de Estructuración**

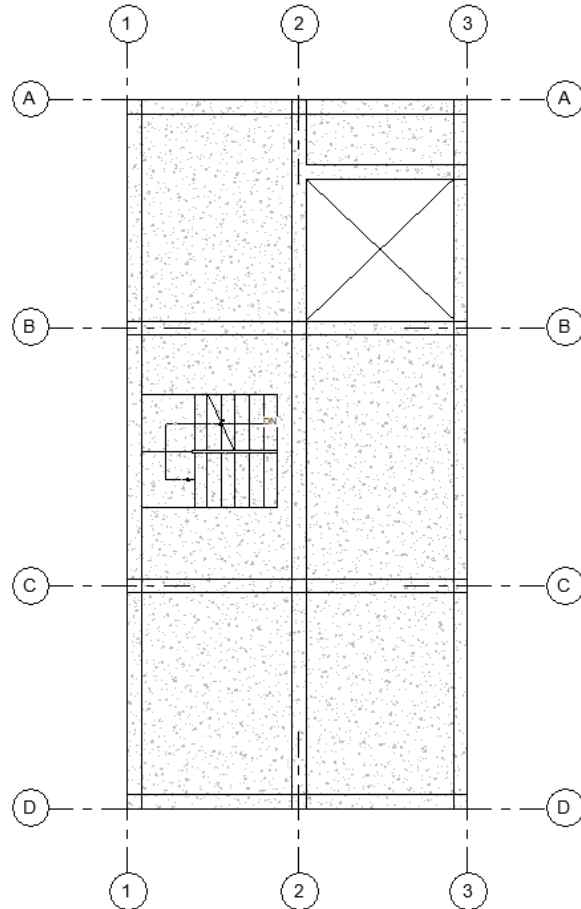
**Simetría y simplicidad:** La composición simétrica se hace con respecto al eje central vertical, de forma que el centro de masa y el centro de rigidez concuerdan en la dirección X, y el cambio en la dirección Y es mínimo. Así, el impacto de torsión se minimiza ya que el centro de masa donde actúa la fuerza sísmica y el centro de rigidez donde absorben la fuerza sísmica permanecen subjetivamente cerca.

**Peso y rigidez lateral:** La finalidad es que las construcciones mejores no tengan demasiada masa, pues generarán más fuerzas sísmicas. Además, hablamos de

repartir los pesos de manera simétrica en la planta de cada grado. Referente a la rigidez lateral, la composición debería poder tolerar fuerzas horizontales sin movimiento importante. Por consiguiente, la composición debería tener rigidez lateral en las dos direcciones. En este ejemplo, el último grado tiene las mismas propiedades de los pisos inferiores, por lo cual no hay problema de pesos cambiantes.

**Continuidad y uniformidad:** Para realizar este criterio se debe tener en cuenta la continuidad de la estructura entre niveles, en otras palabras, evitar cambios grandes de un nivel a otro ya que estos pueden ocasionar problemas como disminución en la rigidez. Para la edificación a trabajar, existe continuidad entre niveles lo cual genera una mejor rigidez de la edificación, esto se debe a que no hay reducciones en altura, ni en planta. Además, se debe tomar en cuenta que las losas se están considerando de una manera uniforme, esto genera diafragmas rígidos, en otras palabras, una estructura recta hace que todas las fuerzas fluyan de una mejor manera hacia las columnas y muros de acuerdo a su rigidez lateral.

Con estos puntos ya definidos se puede proceder a la estructuración de la edificación, tal y como se muestra en la figura 3. Esta estructuración se genera a partir de la Arquitectura del proyecto.



**Figura 4** Estructuración de planta típica

Como paso siguiente de haber estructurado la edificación, se tiene planteado el predimensionamiento de cada elemento, para ello vamos a basarnos en metodologías clásicas siguiendo la normativa vigente.

## **PREDIMENSIONAMIENTO**

### **Definición**

La estructuración se tiene que definir antes del predimensionamiento, para lo cual se debe decidir la posición general de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, etc), esto implica y brinda rigidez a la estructura con el objetivo de resistir las cargas internas y externas.

## Losas Aligeradas en una Dirección

Las losas forman parte de la estructura como elementos que transmiten cargas de gravedad a las vigas, ya que estas trabajan como un diafragma rígido.

- H= 17cm Luz menor a 4 metros de distancia
- H= 20cm Luz entre 4 metros a 5.5 metros
- H= 25cm Luz entre 5 metros a 6.5 metros

En este caso los paños con mayor luz están entre los 4.00m y 5.50m, por lo cual es recomendable considerar losa aligerada de 20 cm, utilizando recubrimiento de 5cm y ladrillos de 15 cm.

## Vigas

Las vigas según la función se diseñan teniendo en cuenta dos grupos: las vigas que forman parte de pórticos los cuales soportan sismos en su dirección y el 2do grupo formada por las vigas de gravedad, la cual tiene la función de soportar cargas verticales de áreas tributarias grandes.

Como consideración para el predimensionamiento en viga, se tiene como referente lo siguiente:

- Simplemente apoyado  $H = L/10$  o  $H = L/12$
- Continuo  $H = L/12$  o  $H = L/14$
- Volado  $H = L/8$

Las vigas principales y secundarias tienen como ancho mínimo 25 cm, las vigas secundarias pueden llegar a tener un peralte de menos altura.

Para el proyecto las vigas principales tienen una luz de 4.55m y se utiliza la ecuación para las vigas simplemente apoyadas y por gravedad lo cual se tiene como resultado un peralte de 50 cm, y para vigas secundarias la viga con mayor luz es de 3.03m que da como resultado un peralte de 35 cm. Para uniformizar y que el proceso constructivo sea eficiente se considerara un peralte de 50 cm, llegando a la conclusión de que las vigas que se utilizarán serán de 0.30x0.50m.

## Columnas

La función principal de este elemento es de resistir cargas flexo-compresoras. Por ello las columnas deben estar diseñadas para que cumplan la resistencia necesaria por la sobrecarga en cada nivel y no fallen por pandeo. Se tiene que tener en cuenta que el espesor mínimo para columnas es de 25cm y su sección puede disminuir en pisos superiores siempre y cuando no formen pórticos.

Para las columnas se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Área de columna} = P(\text{servicio}) / 0.40f_c$$

$$P(\text{servicio}) = A_t \times Q \times N \text{ (kg)}$$

$$A_t = \text{Área tributaria}$$

$$Q = \text{Carga Actuante}$$

$$N = \text{Número de pisos del edificio}$$

Teniendo claras las variables, se reemplazarán según las necesidades del proyecto

$$A_t = 12.72 \text{ m}^2$$

$$Q = 1000 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 = 1200 \text{ kg/m}^2$$

$$N = 5$$

$$P(\text{servicio}) = 12.72\text{m}^2 \times 1200\text{kg/m}^2 \times 5$$

$$P(\text{servicio}) = 76320 \text{ kg}$$

$$\text{Área de columna} = 76320 \text{ kg} / (0.40 * 210 \text{ kg/cm}^2) = 895.57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Columna} = 30 \times 30 \text{ cm}$$

## METRADO DE CARGAS

Para realizar el cálculo de metrados tenemos que tener en cuenta que este se genera como un paso antes del diseño estructural. Además, esto sirve de ayuda para que podamos comparar y verificar los datos que se obtienen en el software a emplear. Para el metrado se tiene que tener en cuenta que este se dividirá en 2, las cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV).

Los valores de pesos unitarios y sobrecargas han sido detallados a continuación, de acuerdo a la Norma E.0.20 del RNE.:

- Concreto armado 2 400 kg/m<sup>3</sup>
- Aligerado de 20 cm 300 kg/m<sup>2</sup>

- Piso terminado 100 kg/m<sup>2</sup>
- Muro de albañilería 1 800 kg/m<sup>3</sup>

▪ **Metrado de losas aligeradas**

Para losa aligerada se la considera 40 cm de ancho para el área tributaria, que toma como elementos el ladrillo y vigueta de losa.

Carga Muerta:

Peso Propio (Aligerado h=20 cm) =	$300 \times 0.4 = 120 \text{ kg/m} = 0.12 \text{ tn/m}$
Piso Terminado =	$100 \times 0.4 = 40 \text{ kg/m} = 0.04 \text{ tn/m}$
Peso Tabique =	$1800 \times 0.15 \times 3.03 \times 0.4 = 327.24 \text{ kg} = 0.33 \text{ tn}$

Carga Viva:

Sobrecarga (vivienda) =	$200 \times 0.4 = 80 \text{ kg/m} = 0.08 \text{ tn/m}$
-------------------------	--

▪ **Metrado de Vigas**

Para metrado de cargas de vigas se considera el área tributaria de losas, el peso de la viga, tabiques y parapetos.

Peso Propio =	$2.73 \times 0.30 \times 0.50 = 0.409 \text{ tn/m}$
---------------	---

Carga Muerta:

Peso carga puntual de viga CM	=	8.600 tn
-------------------------------	---	----------

Carga Viva:

Peso carga puntual de viga CV	=	2.800 tn
-------------------------------	---	----------

▪ **Metrado de Columnas**

Para el metrado de columnas, esto se halla calculando el área tributaria, cargas vivas y muertas. Para las cargas muertas se considera lo siguiente: peso propio, losa aligerada, viga, tabiques y para cargas vivas se considera la normativa para este tipo de vivienda.

En este caso tomaremos la columna central con mayor área tributaria B-2

Área tributaria de Aligerado = 10.52 m<sup>2</sup>

Piso 01 al 05

- Peso Propio = 2.40 x 0.30 x 0.30 x 2.80 = 0.60 tn
- Peso Aligerado = 0.30 x 10.52 = 3.82 tn
- Piso Terminado = 0.10 x 12.736 = 1.273 tn
- Viga 30 x 50 = 2.40 x 0.30 x 0.50 x 6.94 = 2.498 tn
- Peso Tabiquería = 0.43 x 10.52 = 4.52 tn
- Sobrecarga = 0.10 x 12.736 = 1.273 tn

Peso Total = Piso 01 al 05 = 13.986 tn x 5 = 69.93 tn

▪ **Metrado Total de Edificación**

Se realiza un metrado total por gravedad del proyecto:

❖ Peso de losa aligerada:

Área total de losa aligerado del piso 1 al 5 = 222.79 m<sup>2</sup>

222.79 x 0.30 tn/m<sup>2</sup> = 66.837 tn

❖ Peso de piso terminado:

Área x piso = 63.66 m<sup>2</sup>

Área Total = 318.32 m<sup>2</sup>

Peso Total = 318.32 m<sup>2</sup> x 0.10 ton/m<sup>2</sup> x 5 = 159.16 tn

❖ Peso de vigas:

Metrado lineal por piso = 60.74 m

Peso Total = 2.4 x 0.50 x 0.30 x 60.74 x 5 = 109.332 tn

❖ Peso de columnas:



Metrado lineal por piso = 36.40 m

Peso Total =  $2.4 \times 0.30 \times 0.30 \times 36.40 \times 5 = 39.31$  tn

❖ Peso de tabiquería:

Área de losa aligerada del piso 01 al 05 = 222.79 m<sup>2</sup>

Peso Total =  $222.79 \times 0.2 = 44.558$  tn

❖ Sobrecarga del edificio:

Área del edificio = 63.66 m<sup>2</sup>

Peso del piso 01 al 05 =  $63.66 \times 0.2 \text{ tn/m}^2 \times 5 = 63.662$  tn

Entonces, el peso total del edificio es 482.859 tn

## ANÁLISIS SÍSMICO

- **Generalidades**

Para proseguir con el diseño estructural de la edificación, se tiene que tener en cuenta la zona en la cual se ubica (zona altamente sísmica), para esto el diseño debe cumplir con la normativa E.030 Diseño sismorresistente. Para este caso se pone a prueba el modelo tridimensional realizado en Etabs considerando los parámetros sísmicos.

- **Parámetros**

Para realizar el análisis modal espectral se debe tomar los siguientes parámetros, en este caso la edificación a diseñar se encuentra en Jicamarca – Lima.

Factor de Zona “Z” = 0.45 – Para edificaciones que se encuentren en Lima

Factor de Uso “U” = 1.00 – Uso de vivienda unifamiliar

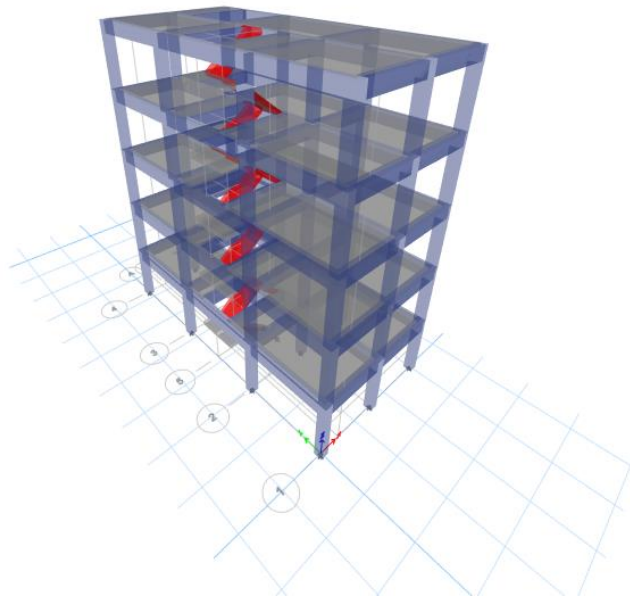
Factor de Suelo “S” = S=1.00 mayor      Tp=0.4 s      Ti=2.5 s

- **Peso del Edificio:**

Para el peso del edificio se realiza manualmente o mediante Software. Para edificaciones de categoría C se toma el 100% de la CM, el 25% de la CV y en azoteas y techos se tomará el 25% de la CV.

## **MODELO SÍSMICO TRIDIMENSIONAL**

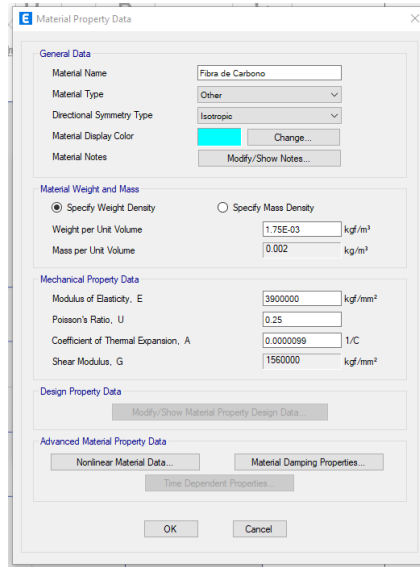
El modelo generado se muestra con columnas de concreto armado, ya que estas van a formar parte de los elementos principales que dan rigidez, pero para este proyecto se están considerando varillas de fibra de carbono que van a reemplazar las varillas de acero. Este análisis nos ayudará a expresar los desplazamientos máximos de la edificación en cuanto a los periodos de vibración que se le aplicará, los diagramas de momento flector y diagramas de fuerzas cortantes.



**Figura 5** Modelo tridimensional

## CONFIGURACIÓN DE MATERIALES

Después de realizar el análisis modal de la estructura se agrega el nuevo material que reemplaza al acero estructural con las nuevas características mecánicas



*Figura 6 Configuración de Fibra de Carbono en Etabs*

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se logró obtener los siguientes resultados del análisis modal:

MODO	PERIODO (s)	PARTICIPACIÓN X-X	PARTICIPACIÓN Y-Y
1	<b>0.324</b>	<b>0.6001</b>	0.0038
2	0.208	0.2162	0.1269
3	<b>0.184</b>	0.0165	<b>0.6926</b>
4	0.099	0.0797	0.0033
5	0.067	0.0053	0.0011
6	0.067	0.0009	0.0001
7	0.065	0.0275	0.0214
8	0.065	0.0007	2.96E-06
9	0.065	0.0026	0.0002
10	0.064	0.0001	0.0004
11	0.063	0.0006	1.40E-05
12	0.063	3.00E-05	0.0006
13	0.062	0.0001	0.0001
14	0.06	3.82E-05	0.001
15	0.059	0.0004	0.0001

*Figura 7 Periodo de participación en ambas direcciones del modelo Etabs*

Los periodos principales son los que tienen mayor incidencia en porcentaje respecto a cada dirección de la edificación. Se muestra que para Y-Y el periodo que muestra un 95% es de 0.033 s. y para X-X con un porcentaje de 94% el periodo de 0.184 s. Estos porcentajes son los más importantes para el análisis.

Dirección	Periodo T (s)
X-X	0.324
Y-Y	0.184

**Figura 8** Periodos principales de participación

- **Análisis Sísmico Dinámico**

El modelo después de pasar el análisis modal, se le colocan cargas en cada dirección, esto se define la Norma E030 ya que se extrae el espectro de diseño. Además, debido a la incertidumbre en la localización de los centros de masa se le coloca una excentricidad accidental. Para la norma se indica un valor del 5% de la dimensión que es perpendicular a la dirección.

- **Aceleración Espectral**

La normativa indica que se utilizara la siguiente fórmula para el espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * G$$



**Figura 9** Curva para el espectro de diseño – Etabs

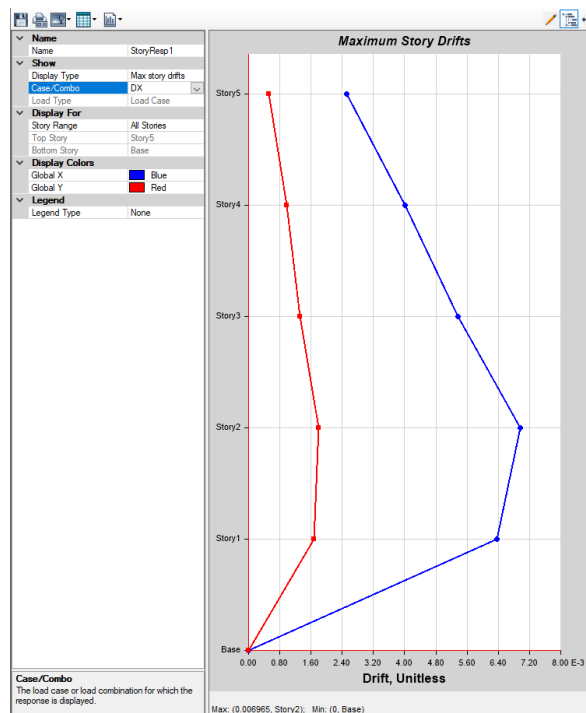
- **Fuerza cortante en la base**

Según la normativa E.030 indica que la fuerza cortante en la base de la edificación no debe ser menor al 90 % para edificaciones con estructuras irregulares y no menos del 80% para edificaciones con estructuras regulares, estos valores se basan para el análisis estático. La estructura cumple con las condiciones necesarias:

SISMO X-X	
	VX
V estático	574.56
V dinámico	824.74
F.A.=	1
SISMO Y-Y	
	VY
V estático	574.56
V dinámico	944.43
F.A.=	1

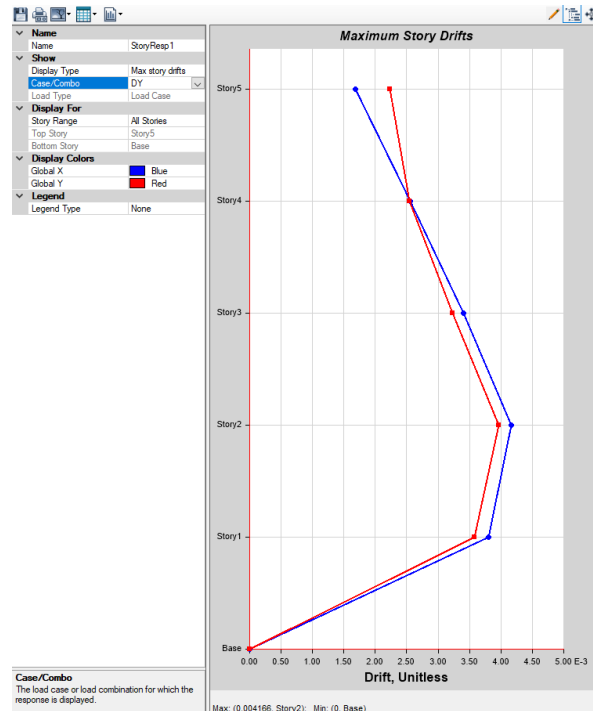
**Figura 10** Corte Dinamico – Corte Estatico (Etabs)

Para terminar con el análisis estructural de la edificación podemos ver los siguientes resultados según Etabs para desplazamientos máximos en X y Y:



**Figura 11** Desplazamiento maximo en X

Podemos ver que el desplazamiento max en X es de 0.0069 seg, que esta establecido dentro de la normal y este desplazamiento máximo sucede en el 2do nivel y vemos poco desplazamiento en el último nivel con 0.0025 seg.

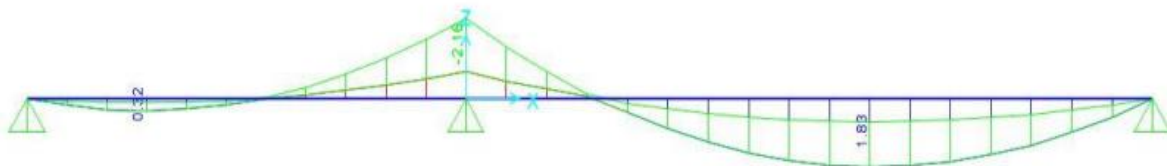


**Figura 11** Desplazamiento maximo en Y

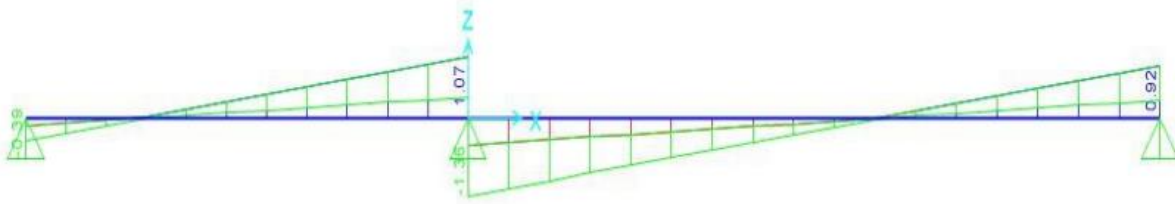
Podemos ver que el desplazamiento max en Y es de 0.0039 seg, que esta establecido dentro de la normal y este desplazamiento máximo sucede en el 2do nivel y vemos poco desplazamiento en el último nivel con 0.0022 seg

- **Diseño de Losa**

Para el diseño de losa, se realiza el diseño por flexión y diseño por corte



**Figura 11** Diagrama de Momento Flector (t.m) – Resultados Etabs



**Figura 12** Diagrama de Fuerza Cortante – Resultados Etabs

- Diseño por Flexión

Para el diseño por flexión se tomó en cuenta lo siguiente:

$$M_u (+) = 1.83 \text{ t.m. (Mmax)}$$

- Diseño por Corte

La fuerza cortante tiene como resistencia el alma de la sección, por ello según la normativa, esto permite ampliar la resistencia del concreto un 10%

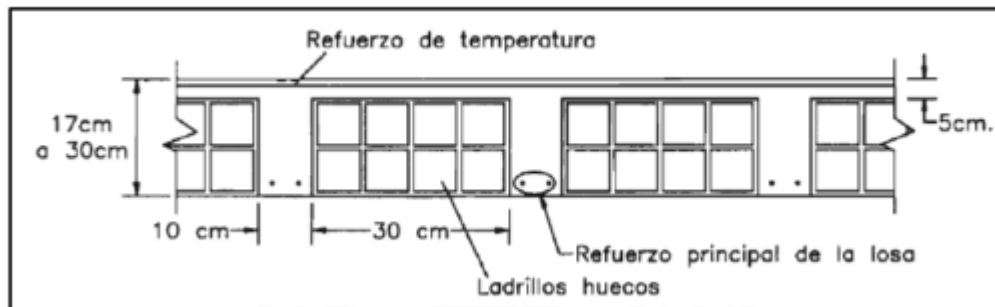
$$V_u = 1.36 \text{ tn}$$

$$V_c = 1.1 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 1.1 \times 0.53 \times \sqrt{280} \times 10 \times 17$$

$$V_c = 1.66 \text{ tn}$$

Luego de obtener que  $V_u < V_c$  no será necesario colocar ensanches.



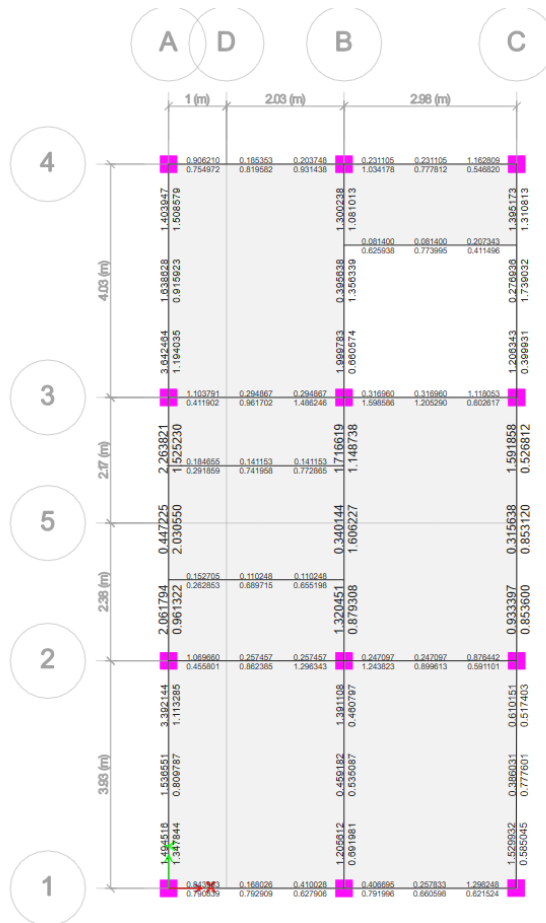
**Figura 13** Sección Típica de Losa Aligerada

- **Diseño de Vigas**

Las vigas y las losas aligeradas son construcciones que trabajan a flexión en una dirección, por lo cual hay semejanzas en su diseño. Ejemplificando, el cálculo de la fibra de carbono son exactamente las mismas.

Sin embargo, el cálculo de área de fibra de carbono no debería confundirse con el proceso de diseño.

A diferencia de la losa la viga es más grande su responsabilidad estructural, como para cargas sísmicas como de gravedad, por ende, los diseños de estas son más exigentes, este proceso se consigue de una forma más eficiente debido al uso del programa Etabs.



**Figura 14** Diseño estructural de vigas planta típica - Etabs

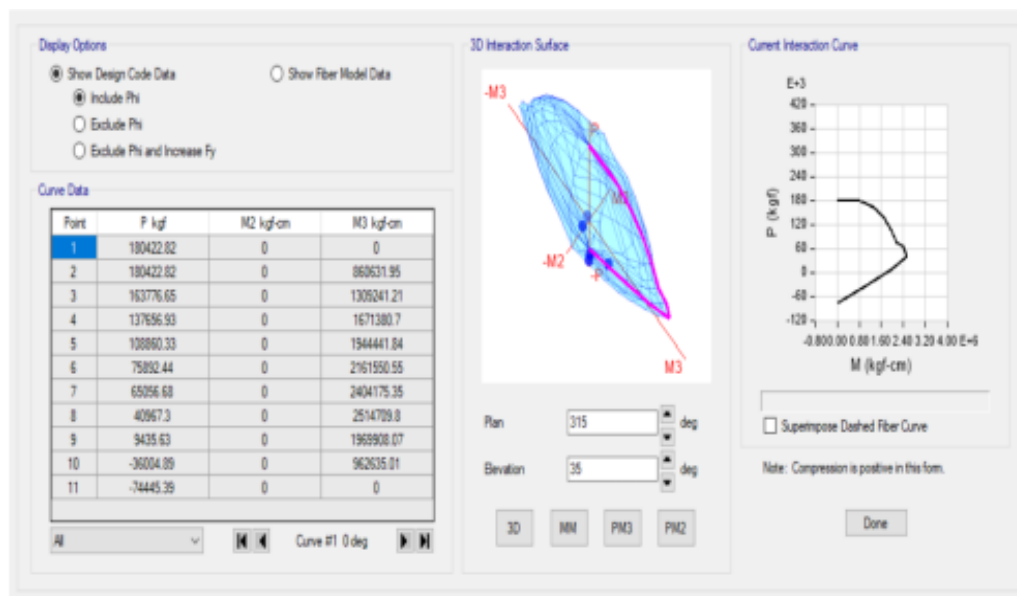


Se muestra la aprobación del diseño estructural para vigas, así como el área mínima requerida para las varillas corrugadas de fibra de carbono la cual vemos que cumple con los requerimientos mínimos.

- **Diseño de Columnas**

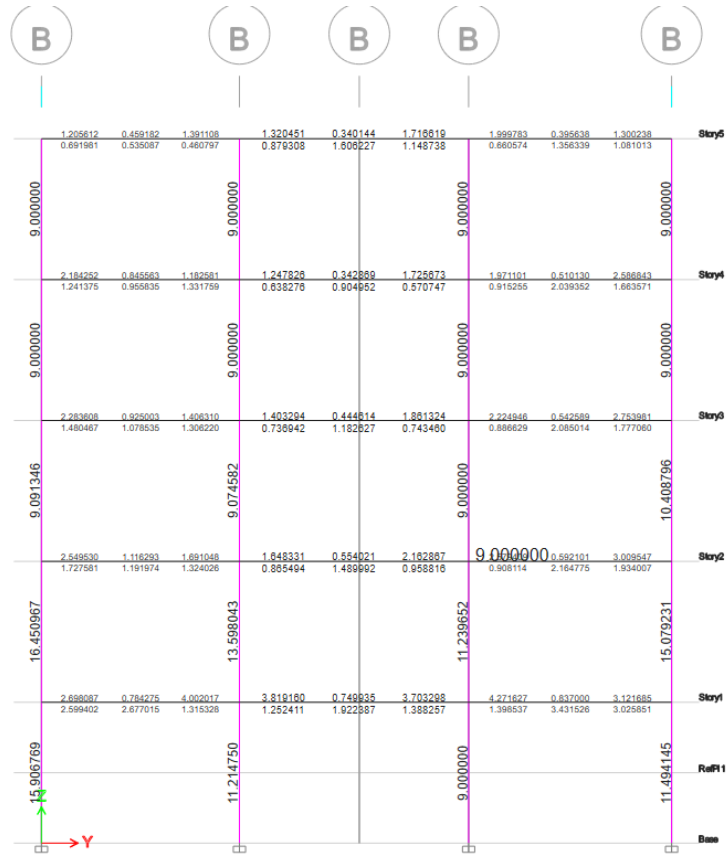
Para el diseño de columnas se concluyó por medio del porcentaje de cuantía de fibra de carbono, la cual va depender de la carga que se aplicó a la losa y además de la parte con la que se creó.

Constantemente se necesita considerar y comprobar el diagrama de relación para conocer la curva y que cumpla con lo cual se establece en la Regla E 060.



**Figura 15** Diagrama de Interacción – Etabs

Al final, al llevar a cabo todos los requerimientos necesarios y comprobar con los fronteras mínimos estipulados en la Regla E 060 se proviene al diseño que gracias al programa Etabs nos ofrece el porcentaje de la cuantía y la zona de Fibra de Carbono que necesita esa columna.



**Figura 16** Diseño estructural de columnas en elevación- Etabs

Se muestra la aprobación del diseño estructural para columnas, así como el área mínima requerida para las varillas corrugadas de fibra de carbono la cual vemos que cumple con los requerimientos mínimos.

## V. DISCUSIÓN

Analizamos que Manrique y Paucar, (2019) en su tesis titulada **“Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, Centro Empresarial Camino Real, San Isidro”** llega a la conclusión que se reporta, que la fibra de carbono logro un aumento del 12.0% en el momento resistente para las vigas estructurales, verificando que se logro un aumento del 10% en el diseño de vigas frente a sismos.

Consideramos que Castro, (2019) en la tesis **“Reforzamiento estructural con fibra de carbono como alternativa económica para aumentar la resistencia a la compresión de las columnas en la galería comercial Fullmarket en el 2019”**, nos menciona que la investigación cumplió el objetivo de incrementar la resistencia de las columnas ante una mayor sollicitación de resistencia, comprobando que tiene razón al lograr la resistencia de la columna con una menor área de varillas corrugadas de fibra de carbonos para las columnas de la edificación analizada.

Debatimos que Alegre, (2017) en su tesis **“Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado”** según su análisis se comprobó que el refuerzo de fibra de carbono aumenta la resistencia de las secciones de concreto armado sometidas a flexión, alcanzando un 58.9% para la sección con menor cuantía, verificando que debido a las características de este nuevo material logro aumentar la resistencia y ductilidad de las vigas para edificaciones de 5 niveles.

Consideramos que Rocha y Zaragoza, (2014) en su tesis **“Factibilidad del uso de fibra de carbono reciclada como reforzante mecánico en poliuretano”**, nos menciona en una de sus conclusiones que la fibra de carbono debido a su densidad mil veces menor que el poliuretano es despreciable en la estructura, comparando resultados podemos llegar a la conclusión que las varillas corrugadas de fibra de carbono tiene un 75% densidad del acero estructural, lo cual aliviana la edificación.

## **VI. CONCLUSIONES**

En esta tesis se determinó de qué manera la aplicación del diseño estructural con fibra de carbono influyó de manera positiva en un 14.42% en la sismoresistencia comparado con un diseño habitual para edificaciones de 5 Niveles, Jicamarca 2021.

Lo más importante fue que las varillas corrugadas de fibra de carbono mejoran la resistencia sísmica de la estructura y alivianan la carga del edificio debido a su baja densidad.

En esta tesis se determinó que la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono influye de manera positiva en la eficiencia de la sismoresistencia ya que los desplazamientos en X y Y fueron el 11.46% de lo establecido como limite en la nomral para edificaciones de 5 Niveles, Jicamarca 2021.

Lo más importante fue que las varillas de fibra de carbono tienen mejor capacidad mecánica respecto al acero estructural y esto se vio reflejado en los períodos importantes de participación en X – Y.

En esta tesis se determinó que la capacidad mecánica del diseño estructural con fibra de carbono influye de manera positiva aumentando un 20.12% el grado de estabilidad en la sismoresistencia para edificaciones de 5 Niveles, Jicamarca 2021.

Lo más importante fue que la fibra de carbono debido a su capacidad dúctil y resistencia hace que la edificación se comporte de una manera estable dentro de los parámetros reglamentarios.

En esta tesis se determinó que el rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono influye de manera positiva con un 5.21% para la eficiencia de la sismoresistencia para edificaciones de 5 Niveles, Jicamarca 2021.

Se llegó a encontrar que la estructura requiere una menor área de fibra de carbono respecto a los elementos estructurales y se obtienen resultados dentro de los parámetros permitidos logrando un mejor rendimiento y eficiencia ante sismos.

En esta tesis se determinó que el rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono influye de manera positiva un 12.11% en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para edificaciones de 5 Niveles, Jicamarca 2021.

Como se mencionó anteriormente la estructura logra un mayor rendimiento debido a las capacidades mecánicas de este nuevo material, una de las cuales es su grado de resistencia ante sismos y ductilidad que permiten que la edificación tenga un mejor comportamiento.

## **VII. RECOMENDACIONES**



El comportamiento mecánico de la estructura se encuentra dentro de los parámetros permitidos, pero no se cuenta con un estudio de los costos al emplear este material, se recomienda analizar los costos al emplear la fibra de carbono.

Ya que se ha comprobado a nivel de un software que el uso de fibra de carbono en el diseño estructural logra resultados positivos, se recomienda realizar pruebas físicas aplicando este nuevo material para comprobar su comportamiento sísmico.

Los resultados obtenidos en esta tesis son una parte importante para la realización de futuros estudios ya que se puede someter a la pultrusion de este material con otros elementos, para mejorar la eficiencia o minimizar costos al momento de construir.

## REFERENCIAS

- Alegre, G (2017). En su tesis titulada: “Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.
- Campos, H (2018). Tesis titulada “Reforzamiento con bandas y anclajes de fibra de carbono TYFO SCH-41 en columnas de sección rectangular”. Universidad de San Martín de Porres, Perú.
- Estrada y Yoplac, (2019). En su trabajo de investigación titulado “Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña - Lima 2019”. Universidad Ricardo Palma. Lima- Perú.
- Cutti, K (2015). En su investigación titulada “Análisis experimental del uso de las fibras de carbono para el reforzamiento en una viga peraltada, de concreto armado para una edificación en la ciudad de Lircay - Angaraes – Huancavelica” Universidad Nacional de Huancavelica. Lircay - Huancavelica.
- Castro, C (2019). En su trabajo de investigación titulado “Reforzamiento estructural con fibra de carbono como alternativa económica para aumentar la resistencia a la compresión de las columnas en la galería comercial Fullmarket en el 2019”. Universidad Privada del Norte. Lima – Perú.
- Manrique y Paucar, (2019). En su trabajo de investigación titulado “Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresarial Camino Real, San Isidro”. Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.
- Medina, D (2020). En su trabajo de investigación titulado “Evaluación estructural de sistemas de reforzamiento en vigas de concreto armado con fibras de carbono y planchas de acero sometidas a flexión”. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.
- Silva, P (2016). En su proyecto titulado “Refuerzo estructural con fibra de carbono”. Universidad San Francisco de Quito USFQ.
- Norma E.030. (2018). “Diseño sísmoresistente”.

- Norma E.060. (2009), “Concreto Armado”.
- OKDIARIO (2018). ¿Qué es y para qué sirve la fibra de carbono? Recuperado de: <https://okdiario.com/curiosidades/que-que-sirve-fibracarbono-2777714>.
- Sandoval, P (2014). En su trabajo de investigación titulado “Evaluación experimental del comportamiento mecánico de refuerzos de fibra de carbono con matriz cementícea (FRCM), Influencia del tipo de Matriz”. Universidad de Chile, Santiago de Chile - Chile.
- Yauli, J (2014). En su trabajo de investigación titulado “Desempeño Sísmico de una viga reparada con fibras de carbono”. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Hoja técnica Sika® CarboDur® (2014). Sistema de Refuerzo a base de polímeros reforzados con fibra carbono. Recuperado de: <file:///D:/HTSIKA%20CARBODUR.pdf>
- Bazán, J (2015). En su trabajo titulado “Estudio experimental y numérico del comportamiento de flexión de vigas de concreto armado reforzadas con bandas de FRP”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú.
- Yagual, D. (2014). Reforzamientos de Estructuras. Obtenido de <https://es.slideshare.net/dussanyagual/reforzamientos-de-estructuras>.
- ABC Modular. (2019). ABC. Obtenido de La Fibra de Carbono: el futuro de la construcción modular: <https://abcmodular.com/tecnologia/fibra-de-carbonoconstruccion-modular>.
- Belisario, C. (2017). En su trabajo de tesis titulado “Reforzamiento Estructural de una Edificación de Concreto Armado de dos Pisos con Fines de Ampliación” (Tesis de Grado de título). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú.
- Álvarez, P. (2013). En su proyecto de tesis titulado “Análisis diseño y comportamiento de vigas de hormigón armado reforzadas exteriormente con

fibra de carbono para obra de reparación”. Pontifica universidad católica de ecuador. Ecuador.

- BBC MUNDO. (2014). Como la fibra de carbono está revolucionando la aviación.
- Bernal, C. (2017). Metodología de la investigación [en línea]. 2.ª Ed. Colombia.
- Borja, W y Castillo, J. (2015). En su tesis titulada “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”. Universidad Central de Ecuador. Quito – Ecuador.
- Borja, M. (2016). En su investigación titulada “Metodología de la investigación científica para ingenieros”
- Doris, K y Jahn B. (2013). En su revista titulada. Consumo Mundial 2012 de materiales compuestos de fibra de carbono, Revista de plásticos modernos. Madrid.
- Flores, J. (2015). En su informe titulado “Incremento de la capacidad de columnas de concreto con la adición de confinamiento externo con mantas de fibra de carbono”. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- Baena, G. (2017). En su libro titulado “Metodología de la investigación” 3.ª ed. México.
- Fernandez, M. (2012). En su trabajo titulado "Aplicaciones de refuerzos de estructuras en base a fibras de carbono". Udelar.
- Norma E 020. Cargas.
- INACAL NORMA TÉCNICA PERUANA. (2015). Ensayo de compresión en probetas cilíndricas 4.ª ed. Lima – Perú.
- Llano, C. (2017). s/f Fibra de Carbono - Presente y futuro de un material revolucionario.
- Michelle, E. (2013). En su blog titulado “Fibras sintéticas y especiales”.

- Hernández, X. (2014). Conceptos de edificación, sistemas constructivos y normatividad de construcción. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/237808013/Concepto-Edificacion>
- Otazzi, G. (2011). En su trabajo de investigación titulado “Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado”. Pontificia universidad católica del Perú. Lima – Perú.
- Proaño, L. En su resumen titulado “Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibras de carbono”. Universidad nacional de ingeniería.
- Beltrán, A. (2011). En su trabajo titulado “Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado”. (Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil). Universidad de La Salle. Bogotá.
- Baca, W.; Espinoza, C.; Baca, E. (2009). En su trabajo titulado "Comportamiento de vigas de concreto reforzadas con fibras de carbono en ensayos a escala natural". Lima, Perú.
- Flores, L. (2013). En su revista titulada “Fibras de Carbono: Reforzamiento de Estructuras”. Lima, Perú.
- Olivan, M.; Badillo, H.; Echevarría, J. (2014). Efecto del refuerzo con fibras de carbono en las propiedades mecánicas del concreto. XIX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Jalisco.
- Arias y López, (2018). En su trabajo titulado “Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono”. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago.
- Calla, L. (2017). En su tesis titulada “Evaluación y reparación estructural con fibra de carbono de la superestructura del puente la capilla – Moquegua”. Moquegua – Perú.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

### OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medicion
Variable independiente: Diseño estructural	Alegre y Cochachin (2019) El diseño estructural, comprende los procesos que despliega el analizador para establecer la representación, espacios y tipologías precisas de una distribución, o sea de la parte de una edificación que tiene forma el destino de absorber las demandas que se muestran durante los diferentes periodos de su existencia. (pg. 4).	Perez (2020) El diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse	Capacidad mecánica	- Baja - Media - Buena	Bajo, Medio y Alto
			Rendimiento	- Balanceado - No Balanceado	
Variable dependiente: Sismoresistencia	Según Orozco (2019) la Sismoresistencia se puede definir como la cualidad o la capacidad con que se dota a una edificación para resistir los efectos de las cargas dinámicas y los movimientos que ocurren durante un sismo, teniendo como máxima prioridad proteger y resguardar la vida de las personas que la ocupan. Esto quiere decir que, aunque se tiene contemplado que la estructura sufrirá daños, el edificio no colapsará cumpliendo así su objetivo.(pg. 54)	Guimenez (2019) La sismoresistencia es una propiedad o capacidad que se dota a la edificación con el fin de proteger la vida y las personas de quienes la ocupan.	Eficiencia	Grado de eficiencia según reglamento	Bajo, Medio y Alto
			Grado de Estabilidad	Grado de estabilidad de la estructura ante sismos	




## ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Diseño Estructural Empleando Fibra de Carbono para el mejoramiento de la sismoresistencia en edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos	Técnicas	Instrumentos
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cual es la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar la influencia del diseño estructural con fibra de carbono en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La aplicacion del diseño estructural con fibra de carbono influye en la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Diseño Estructural</p>	<p>Capacidad mecanica</p>	<p>- Baja - Media - Buena</p>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p>		
<p><b>Problemas Especificos</b></p> <p>PE1: ¿Cual es la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?</p> <p>PE2: ¿Cual es la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?</p> <p>PE3: ¿Cual es la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?</p> <p>PE4: ¿Cual es la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021 ?</p>	<p><b>Objetivos Especificos</b></p> <p>Determinar la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Determinar la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Determinar la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Determinar la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p>	<p><b>Hipótesis Especificas</b></p> <p>Existe la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Existe la influencia de la capacidad mecanica del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Existe la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en la eficiencia de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p> <p>Existe la influencia del rendimiento del diseño estructural con fibra de carbono en el grado de estabilidad de la sismoresistencia para la edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Sismoresistencia</p>	<p>Rendimiento</p> <p>Eficiencia</p> <p>Grado de Estabilidad</p>	<p>- Balanceado - No Balanceado</p> <p>Grado de eficiencia segun reglamento</p> <p>Grado de estabilidad de la estructura ante sismos</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> Cuasi experimental</p> <p><b>Población de Estudio:</b> Todas las viviendas unifamiliares de 5 niveles de Jicamarca.</p> <p><b>Muestra:</b> Una vivienda unifamiliar de 5 pisos ubicada en la Av. 11 de Junio en Jicamarca.</p>	<p>Analisis documental</p> <p>Medicion</p>	<p>Ficha de investigacion</p>

#### ANEXO 4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS						
TITULO DE TESIS: Diseño Estructural Empleando Fibra de Carbono para el mejoramiento de la sismoresistencia en edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021						
AUTORES:	CASABLANCA CHOCCARI, JUAN ALFREDO					
	VILCHEZ FERNANDEZ, DANGLER YANET					
ASESOR:	MAG. MEDRANO SANCHEZ, EMILIO JOSE					
ASPECTO POR EVALUAR			OPINION DEL EXPERTO			
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	OBSERVACIONES/SUGERENCIAS
Diseño estructural	Capacidad mecanica	El comportamiento de la capacidad mecanica				
	Rendimiento	El rendimiento balanceado entre la parte rigida y plastica				
Sismoresistencia	Eficiencia	Grado de eficiencia segun reglamento				
	Estabilidad	Grado de estabilidad de la estructura ante sismos				
INTERPRETACION		SUB TOTAL				
0 - 20	REGULAR					
21 - 60	BUENO	TOTAL				
61 - 100	MUY BUENO					
PERIODOS EN DIRECCION X-X y en la direccion Y-Y						
Observaciones	Resultados					
ASPECTO DE VALIDACION						
Apellidos y Nombres del Validador:		Carlos Jurado Guerra				
Cargo e Institucion donde Labora		Suma				
Firma y N° CIP		 CIP: 13924 CARLOS JURADO GUERRA Gerente General SUMA VALOR S.A.C.				

**INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS**

TITULO DE TESIS: Diseño Estructural Empleando Fibra de Carbono para el mejoramiento de la sismoresistencia en edificación de 5 Niveles – Jicamarca 2021

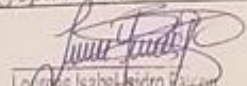
AUTORES:	CASABLANCA CHOCCARI, JUAN ALFREDO
	VILCHEZ FERNANDEZ, DANGLER YANET
EXPERTO:	MSC. MEDRANO SANCHEZ, EMILIO JOSE

ASPECTO POR EVALUAR			OPINION DEL EXPERTO			
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	OBSERVACIONES/ SUGERENCIAS
Diseño estructural	Capacidad mecanica	El comportamiento de la capacidad mecanica				
	Rendimiento	El rendimiento balanceado entre la parte rigida y plastica				
Sismoresistencia	Eficiencia	Grado de eficiencia segun reglamento				
	Estabilidad	Grado de estabilidad de la estructura ante sismos				
INTERPRETACION		SUB TOTAL				
0 - 20	REGULAR					
		TOTAL				
21 - 60	BUENO					
61 - 100	MUY BUENO					

**PERIODOS EN DIRECCION X-X y en la direccion Y-Y**

Observaciones	Resultados

**ASPECTO DE VALIDACION**

Apellidos y Nombres del Validador:	Isidro Falcon, Isabel Lourdes
Cargo e Institucion donde Labora	Jefe de Supervisión
Firma y N° CIP	 Lourdes Isabel Isidro Falcon INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 169649



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CASABLANCA CHOCCARI JUAN ALFREDO, VILCHEZ FERNANDEZ DANGLER YANET estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO FIBRA DE CARBONO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SISMORESISTENCIA EN EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES – JICAMARCA 2021.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VILCHEZ FERNANDEZ DANGLER YANET <b>DNI:</b> 73533739 <b>ORCID</b> 0000-0001-8336-1976	Firmado digitalmente por: VFERNANDEZD el 02-01- 2022 13:51:07
CASABLANCA CHOCCARI JUAN ALFREDO <b>DNI:</b> 71693482 <b>ORCID</b> 0000-0001-6735-8726	Firmado digitalmente por: JCASABLANCA el 07-01- 2022 01:30:06

Código documento Trilce: INV - 0593553

