

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ANÁLISIS Y REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO
MEDIANTE LOS MÉTODOS: LÁMINAS DE FIBRA DE CARBONO Y
ENCAMISADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES APORTICADAS
HASTA DOS NIVELES PARA EL INCREMENTO DE CARGA EN EL
DISTRITO DE AMARILIS AÑO 2019**

TESIS PARA OBTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTAS:

Bach. CHAVEZ ALVAREZ RICHARD

Bach. ORTIZ HIDALGO JANEZ DRIDER

ASESOR:

ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

HUANUCO-PERU

2019

DEDICATORIA

A Dios y a nuestros padres Celestino Chávez Gutierrez – Silveria Alvarez de Chávez y Obdulio Ortiz soler – Florencia Hidalgo Rubina, primeramente por darnos la vida e impulsarnos en todo momento a superarnos, a nuestros familiares que confiaron en nosotros, a nuestros amigos y principalmente se lo dedicamos a la sociedad esperando que en su momento valoren nuestra investigación.

AGRADECIMIENTO

Queda grabado en estas líneas nuestros sinceros agradecimientos al Asesor el Ing. Jorge Zevallos Huaranga por la disposición, la paciencia y el asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis, a nuestros amigos y colegas, profesores de pregrado, quienes con su empuje nos han permitido absolver dudas con respecto al tema planteado.

También nuestro agradecimiento al Arquitecto Víctor Goicochea que en todo momento se preocupó por lograr el alcance de nuestro objetivo, y en especial a nuestros distintos jurados de plan de tesis, que con sus observaciones han logrado concretar nuestro tema y alcanzar el criterio necesario para poder desarrollar la presente tesis.

RESUMEN

Esta investigación se refiere fundamentalmente a las láminas de **Fibras de Carbono** (CFRP), utilizadas para **el análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado**. Las Fibras de Carbono tienen la capacidad de otorgar mayor resistencia a la tensión a los elementos estructuras y en este caso el elemento estructural en estudio (viga de concreto armado), puesto que éstas son más livianas, poseen una fluencia y elongación baja en comparación con las platinas metálicas.

Se presenta la clasificación de estas láminas de fibras de carbono, las principales características mecánicas que poseen, metodologías de diseño y especificaciones para una correcta instalación.

Así mismo consideramos dentro de nuestra investigación **el análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado**. Mediante el método de encamisado que consiste en incrementar las secciones de la viga de concreto armado y el incremento de acero según el diseño.

Finalmente, se presentará el análisis y diseño y la comparación mediante los métodos láminas de fibra de carbono y/o encamisado.

SUMMARY

This investigation refers fundamentally to the plates of **Carbon Fibres** (CFRP), used for **the analysis and reinforcement of beams of concrete layout**. Carbon fibres have the capacity of bestowing bigger resistance and tension upon the structures, since these are lighter, they have a flow and elongation descends as compared with the metallic platinum ores.

The classification of these fibers, the main mechanical characteristics that they have, designing methodologies and specifications for a correct installation are presented.

Likewise we consider inside our investigation **the analysis and reinforcement of beams of concrete layout**. By means of the method of encamisado that consists in incrementing the sections of the beam of concrete layout and the increment of steel after the fashion of the design.

At last, show up the analysis and design and the intervening comparison the methods plates of carbon fibre and or encamisado.

INDICE GENERAL

CAPITULO I.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
CAPITULO II.....	4
2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS.....	5
2.1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	8
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2.3 OBJETIVOS.....	16
2.4 HIPÓTESIS.....	16
2.5 VARIABLES.....	17
2.6 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	18
2.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	19
2.8 DETERMINACIÓN DE UNIVERSO / POBLACIÓN.....	20
2.9 SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	20
CAPITULO III.....	21
3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO.....	22
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22
3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	23
3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	23
3.6 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	24
3.7 MATERIALES A UTILIZAR.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
4.1 REFUERZO DEL CONCRETO ARMADO CON FIBRA DE CARBONO.....	26
4.2 REFUERZO DEL CONCRETO ARMADO MEDIANTE ENCAMISADO.....	43
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	60
4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	70
CONCLUSIONES.....	88
SUGERENCIAS.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90
APENDICE A.....	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Procedimiento para encontrar la Resistencia a la compresión de la viga de concreto armado	71
Tabla 2: Propiedades del concreto de 175kg/m ²	72
Tabla 3: Sección de viga 0.25x0.20m.	72
Tabla 4: Momento de inercia en dirección 3 es 0.5.....	73
Tabla 5: COMB1 (1.4D+1.7L).....	74
Tabla 6: Concreto de 175kg/m ²	79
Tabla 7: Relación de M.E.....	81
Tabla 8: Momento de inercia en dirección 3 es 0.5.....	82
Tabla 9: COMB1 (1.4D+1.7L).....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista en planta y elevación de la estructura analizada.....	26
Figura 2: Vista tridimensional del modelo generado en ETABS V17.....	27
Figura 3: Cargas muertas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.....	28
Figura 4: Cargas vivas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.....	28
Figura 5: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en la direcciones x e y.....	31
Figura 6: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.....	32
Figura 7: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columnas, en el eje A.....	33
Figura 8: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columnas, en el eje C.....	34
Figura 9: Vista típica en planta y elevación de la estructura con un incremento del número de niveles.....	35
Figura 10: Vista tridimensional de estructura de cuatro niveles.....	36
Figura 11: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.....	38
Figura 12: Máximas distorsiones de entrepiso, cuando se aumentaron dos niveles adicionales.....	41
Figura 13: Diagrama momento curvatura de columna C40x40.....	42
Figura 14: Diagrama momento curvatura de viga V25x30.....	42
Figura 15: Vista en planta y elevación de la estructura analizada.....	43
Figura 16: Vista tridimensional del modelo generado en ETABS V17.....	44
Figura 17: Cargas muertas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.....	45
Figura 18: Cargas vivas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.....	45
Figura 19: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en la direcciones x e y.....	48
Figura 20: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.....	49
Figura 21: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columna, en el eje A.....	51
Figura 22: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columna, en el eje C.....	51
Figura 23: Vista típica en planta y elevación de la estructura con un incremento del número de niveles.....	52
Figura 24: Vista tridimensional de estructura de cuatro niveles.....	53
Figura 25: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.....	55
Figura 26: Máximas distorsiones de entrepiso, cuando se aumentaron dos niveles adicionales.....	58
Figura 27: Diagrama momento curvatura de columna C40x40.....	59
Figura 28: Diagrama momento curvatura de viga V25x30.....	59
Figura 29: Presentación de las láminas de fibra de carbono	62
Figura 30: Presentación de la resina epoxica.....	63
Figura 31: Colocación de refuerzo por flexión (fuente equipo técnico Sika Carbodour).....	65
Figura 32: Refuerzo por cortante (Fuente equipo técnico Sika Carbodour).....	66
Figura 33: Dirección en que la viga trabaja a tracción	73
Figura 34: Momento en el eje 2, c-e de 21.89tn	75
Figura 35: Curva Esfuerzo – Deformación del Concreto	80
Figura 36: Dirección en que la viga trabaja a tracción.....	81
Figura 37: Muestra la dirección en que la viga trabaja a tracción	82
Figura 38: Momento en el eje 2, c-e de 21.89tn	84

INTRODUCCIÓN

En respuesta a la creciente necesidad de reparar o reforzar las estructuras de Concreto armado, producto de insuficiente capacidad estructural, corrosión externa u otros fenómenos, como desastres naturales, etc., ha surgido una nueva tecnología de reforzamiento estructural. Los desarrollos actuales de las técnicas de producción para Polímeros Reforzados con Fibras de Carbono (CFRP) han progresado de manera que son muy utilizados en la industria de la construcción dada la relación costo - beneficio.

En los últimos veinte años la pega de platinas de acero ha sido una herramienta, para la industria de reparación y reforzamiento estructuras de concreto armado, sin embargo el alto costo de instalación de las platinas, usualmente pesadas, las dificultades con el traslape de las platinas, y lo relacionado con la corrosión de las platinas de acero que hacen que el costo de mantenimiento sea más alto, han limitado el uso de esta técnica.

Si bien es cierto que los materiales CFRP son más caros que las platinas metálicas, el ahorro de la mano de obra inherente con su bajo peso facilita su instalación, además de proporcionar una alta resistencia, lo que reduce el área de refuerzo. Hay que tener en cuenta la ilimitada longitud del material, la inmunidad a la corrosión, lo que hace de las Fibras de Carbono (CFRP) una alternativa atractiva para el reforzamiento adherido externamente.

Hoy con la aplicación de los CFRP que acá en el Perú distribuye Sikacarbodur, con sus Productos Sika CarboDur se mejora, y además se le da a las estructuras mayor capacidad resistente, como por ejemplo el refuerzo estructural en el Alto Las Condes, entre otras obras reforzadas con el sistema Sika CarboDur.

Los principios para la pega externa de platinas o tejidos CFRP a las estructuras de hormigón son muy similares a los principios utilizados en la aplicación de platinas de acero

adheridas. En general, la resistencia a flexión, a corte o axial del elemento es incrementada por las aplicaciones externas del material que trabaja a la tensión.

En esta tesis se pretende entregar una guía para el diseño con las Fibras de Carbono (CFRP) que sirva para reforzar estructuras de hormigón, principalmente vigas, además de resaltar las ventajas y desventajas de este sistema. Las fibras de carbono tienen la característica de poseer una gran resistencia a la tracción, esto permite su uso en diferentes formas, como telas flexibles o láminas rígidas para reforzar o reparar diferentes elementos estructurales, principalmente sometidos a flexión.

La versatilidad de las telas de fibra de carbono, permite incrementar la resistencia al corte y la ductilidad de vigas y en algunos casos, el sistema ha sido diseñado para aumentar la rigidez y limitar las deformaciones. Esto se puede realizar con las estructuras en servicio y también donde el espacio de trabajo es muy reducido.

Así mismo se presentara como otra alternativa de reforzamiento de estructuras de concreto armado el encamisado, que consiste en agrandar la sección e incrementar acero de refuerzo al elemento estructural que desea reforzar, en la práctica muchos lo vienen realizando pero en nuestro medio todavía se desconoce, o no se atreven a aplicar por desconocimiento de la eficacia de este método.

Se presenta un estudio comparativo técnico y económico, entre el reforzamiento con Láminas de Fibras de Carbono y el reforzamiento de vigas con el encamisado.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

En el marco mundial La historia de la construcción en los países desarrollados, ha evidenciado claramente que una de las claves del éxito ha sido respetar las normas de diseño de construcción, solicitar asesoramiento técnico y contratar mano de obra calificada.

El crecimiento vertical de las edificaciones se ha basado en la proyección del crecimiento poblacional, la migración de la población del campo a la ciudad.

Era de suponer que en un momento dado ya no existirá espacio en forma horizontal para cubrir la demanda de una población en crecimiento, es por ello la importancia de desarrollar proyectos que contemplen estos parámetros.

En el marco nacional, el mercado de vivienda popular durante años ha sido atendido principalmente por el sector informal (autoconstrucción), lo que ha generado viviendas de baja calidad, lo cual conlleva aun problema de índole social, económica e incluso político. Existe, en tanto, un severo déficit de edificaciones de calidad y accesibles a sectores mayoritarios de la población, razón por la cual debe realizarse investigaciones de nuevos sistemas constructivos que garanticen menores costos, tiempos de ejecución y una adecuada calidad de las viviendas, con las exigencias de las normas de edificaciones vigentes.

En el marco Regional, nuestra provincia de Huánuco distrito de Amarilis, las viviendas unifamiliares aporricadas hasta dos niveles donde sus elementos estructurales, llamase columnas, vigas cuentan con las dimensiones que no están estipulados en la norma de edificaciones, siendo estas de 25 cm x 25 cm. Asimismo el acero con el que cuenta estos elementos estructurales son de 1/2" en la mayoría de los casos haciéndolo vulnerable a las viviendas ante un incremento de carga o fenómeno sísmico.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento poblacional según el plan concertado de desarrollo del distrito de amarilis 2005 -2018 elaborado por el Municipio del distrito de Amarilis, siendo Josefina Vittor Figueroa alcaldesa, en el Capítulo 3, el crecimiento de la población total de Amarilis, según los censos nacionales de población es el siguiente. En el año de 1982 la

población distrital era predominante rural, 55.8% frente al 44.2% del área urbana. En 1991 la población urbana representaba el 71.08% y la rural era 28.92% del total de la población. En el año de 2003 la distribución era del 83.36% en el área urbana y el 16.14% en el área rural, esto nos indica que la estructura poblacional del distrito ahora es predominantemente urbana, respecto a la tasa de crecimiento inter censal observamos que en 1982 – 1991 era del 9.5 % y de 1991 -2003 era del 6.9 % promedio anual, esto se debió al surgimiento, mediante tomas de tierras de asentamientos urbanos marginales iniciales, el 10 de enero de 1980; siendo la más importante el A.H “San Luis” con sus 5 sectores y ampliaciones cuya población estimada a la fecha supera el 30 % del total distrital, según proyecciones efectuadas por el INEI, para el año 2015 el distrito de amarilis cuenta con una población de 89,238 habitantes, es decir el distrito de mayor población en el departamento de Huánuco, representa el 30.6% de la población provincial y el 10.6 % de la población departamental. La densidad poblacional del distrito año 2018 es de 645.95 habitantes por km². En el distrito de Amarilis el problema se presenta por la cantidad de edificaciones convencionales que en su momento y en la actualidad se siguen construyendo sin ningún asesoramiento técnico (planos), ha predominado la autoconstrucción. Es más existen proyectos de viviendas de un solo nivel realizados por entidades del estado como (BANCO DE MATERIALES, ENACE Y OTROS), Sin proyección alguna. Este problema se complementa con la poca importancia que en su momento le dieron las personas a la resistencia y rigidez de su edificación, así como también el desconocimiento de un buen análisis y diseño estructural. O simplemente lo construyeron para el momento. El problema que se ha generado es que nuestras edificaciones no pueden crecer verticalmente debido a su estructuración inicial. Teniendo conocimiento que la región Huánuco se encuentra sísmicamente ubicado en la zona 2, según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el cual muestra que el distrito de Amarilis esta propenso a los fenómenos sísmicos, lo cual hace vulnerable a las viviendas unifamiliares construidos sin asesoramiento técnico, ni respetando las normas de edificación. Por estas razones realizaremos la investigación “Análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: Láminas de fibras de carbono y encamisado en viviendas unifamiliares aporricadas hasta dos niveles en el distrito de Amarilis año 2019”

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

2.1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.3 OBJETIVOS

2.4 HIPÓTESIS

2.5 VARIABLES

2.6 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA

2.8 DETERMINACIÓN DE UNIVERSO / POBLACIÓN

2.9 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

EN EL MARCO MUNDIAL:

“DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA VIGA REPARADA CON FIBRAS DE CARBONO” Elaborado por el Tesista, José Paúl Yauli Paredes. Colombia 2014, concluye los siguientes:

La fibra de carbono destaca enormemente en su puesta en obra ya que es un material muy ligero, de gran maniobrabilidad, capaz de adaptarse a cualquier geometría y su formato de comercialización permite su colocación sin juntas y así se evita puntos débiles en el refuerzo.

Luego de los ensayos a flexión se puede concluir que al someter las vigas sin refuerzo de fibra de carbono al ensayo las fallas se producen mediante fisuras a 90° en el punto de aplicación de la carga, mientras que en las vigas con refuerzo de fibra de carbono las fallas se producen mediante fisuras a 45° que se propagan rápidamente desprendiendo el recubrimiento inferior del concreto con el refuerzo de fibra de carbono.

El incremento de la resistencia última entre las vigas sin y con refuerzo de fibra de carbono que soportan es considerablemente elevado y en especial en esta investigación que se utilizó un nuevo tipo de fibra de carbono de mayor espesor.

“RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓNEN BASE A CFRP (POLIMEROS REFORZADOS CON FIBRAS DE CARBONO)” Elaborado por el Tesista, León Alberto Toloza Salazar, Chile 2005 concluye los siguientes:

De acuerdo analizado en esta memoria vemos que las fibras de carbono CFRP son un excelente material de reparación y refuerzo en estructuras de hormigón, principalmente vigas, ya que al poseer grandes capacidades mecánicas le otorga mayores capacidades resistentes inigualables en comparación con otros materiales

de refuerzo como las platinas metálicas, y además por ser más livianas, facilitan su instalación y disminuyen el tiempo de ejecución de estos refuerzos.

Con respecto a las ventajas que poseen las fibras de carbono lo más importante si duda es la gran resistencia que otorgan a las estructuras debido a las grandes capacidades mecánicas que poseen estas fibras, en desmedro de los métodos tradicionales de reforzamiento como la pega de platinas metálicas.

“REFUERZO CON BANDAS DE FIBRA DE CARBONO CFRP (POLIMEROS REFORZADOS CON FIBRAS DE CARBONO) EN COLUMNAS CORTAS DE CONCRETO REFORZADO” Elaborado por el Tesista, Carlos Iván Durad Quintal, México 2008 concluye lo siguiente:

El presente trabajo se realizó con la intención de establecer las bases y variables a seguir en estudios futuros sobre el empleo de materiales compuesto en el reforzamiento de elementos cortos de concreto reforzado sujetos a fuerzas cortantes; más específicamente el uso del sistemas de fibras de carbono en forma de tejidos, en la rehabilitación de columnas cortas; por tanto el sentido de esta investigación fue exploratoria para lo cual se ensayaron tres especímenes con una relación claro de cortantes sobre peralte $(a/d) = 1$; así mismo, se diseñó un sistema de aplicación de cargas laterales. En este estudio no se consideró la aplicación de cargas axiales puesto que las fuerzas cortantes son as que dominan en este tipo de elementos. A pesar de algunos inconvenientes y de la naturaleza de este trabajo se consiguieron algunos resultados de interés que sin duda serás de gran utilidad en los estudios futuros.

EN EL MARCO NACIONAL:

“REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE UN MURO DE ALBAÑILERIA CONFINADA MEDIANTE FIBRA DE CARBONO” Elaborado por el Ing. Ángel San Bartolomé y el Ing. Cristian Coronel. Lima – Perú 2012, Concluyen lo siguiente.

A diferencia de otras técnicas de reparación y reforzamiento, donde se deben hacer perforaciones en el muro para conectar las mallas electro soldadas, o ranuras para adicionar varillas horizontales, las bandas delgadas de fibra de carbono se pegan al muro sin ocasionar mayores daños adicionales en la albañilería, excepto su alisamiento con un esmeril.

La baja rigidez lateral inicial que tuvo el muro rehabilitado se debió a que las fisuras finas existentes tanto en las columnas como en la albañilería no fueron resanadas; asimismo, el taponado con mortero de las grietas diagonales principales se realizó manualmente, por lo que cabe la posibilidad de que el mortero no haya sellado completamente la parte interna de la grieta, por ello se recomienda lanzar este mortero con un equipo neumático.

La banda de carbono resultó efectiva al incrementar la resistencia a corte en la etapa de grandes inicial que tuvo el muro reparado haría que las grietas diagonales se formen para acciones de sismos moderados, por lo que de seguirse la técnica de reparación y reforzamiento indicada en este artículo, habría que tratar de restablecer la rigidez inicial con algún elemento estructural adicional.

“COMPORTAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORZADAS EXTERNAMENTE CON PLATINAS DE FIBRAS DE CARBONO” Elaborado por el Ingeniero Luis Proaño Tataje, Lima – Perú 2012, concluye lo siguiente.

La viga de control destinada para conocer la capacidad máxima de carga de la vigas tipo 1, con una cuantía en tracción del orden de 09% compuesto por dos varillas de tres cuerpos, mostro una capacidad de carga del orden de 117 KN- m y un momento último en el centro del claro de la viga del orden de 42.8 KN –m. el tipo de falla que experimentó fue rotura del recubrimiento en compresión del concreto. Esta viga se comportó de forma dúctil luego de la fluencia del acero. La falla que experimento esta viga fue de desprendimiento de la platina en el tercio central de la viga, la cual se extendió al extremo de la platina adherida a la viga.

EN EL MARCO REGIONAL:

No contamos con estudios realizados sobre este tema en mención, es por ello nuestra preocupación de desarrollar la investigación basada en reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos de láminas de fibra de carbono y encamisado.

2.1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

a.- Análisis estructural

Procedimiento que lleva la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada; está en función de sus propias características y puede expresarse en función de deformaciones, agrietamiento, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc.

b.- Reforzamiento Estructural.

Consiste en intervenir o reforzar la estructura de una o varias edificaciones convencionales, con el objeto de acondicionarlos a niveles adecuados de seguridad sismo resistente y nuestro objetivo principal que es el incremento de carga, crecimiento vertical cambio de uso de acuerdo con los requisitos que exige la norma vigente.

c.- Sistema aporticado

Los elementos aporticados, son estructuras de concreto armado en lo general con una misma dosificación tanto en columnas, vigas peraltadas, o chatas unidas en zonas de confinamiento donde forman ángulo de 90 grados. En el fondo parte superior y lados laterales, en este sistema de edificaciones aporticados los que soportan las cargas muertas, vivas, ondas sísmicas son los pórticos propiamente dichos, (cuyos elementos estructurales están conformados por columnas vigas losas aligeradas, macizas entre otras).

d.- Fibra de carbono

La fibra de carbono es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada fibra de carbono es la unión de miles de filamentos de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Tiene propiedades mecánicas similares al acero y es tan ligera como la madera o el plástico. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero.

e.- Láminas de Fibra de carbono.

Estas láminas de fibra de carbono flexibles están fabricadas con una resina especial. Las láminas utilizan el mismo tejido de fibra de carbono que puedes encontrar en nuestras planchas rígidas pero usamos una resina con contacto gomoso en lugar de una resina curada como es el caso de las planchas rígidas.

f.- Fibra de carbono Z.

Es una lámina de fibra de carbono unidireccional de muy alta resistencia, grado aéreo espacial, incrementa la resistencia a flexión de vigas, losas y muros de concreto. Estas láminas de fibras de carbono se aplican en superficies de estructuras ya existentes en edificios, puentes, y otras estructuras que usan polímeros de fibra de carbono Z de alto desempeño. Esto da por resultado un sistema de refuerzo FRP (Polímeros Reforzados con Fibras) de adhesión externa diseñado para incrementar la resistencia y desempeño estructural de estos elementos. El sistema presenta extraordinarias propiedades físicas y mecánicas.

Ventajas:

Muy alta resistencia y rigidez.

Peso liviano.

Alta duración y resistencia a la corrosión.

Instalación rápida.

Fácil de encubrir, no altera la apariencia.

Cambios mínimos en las dimensiones de las estructuras existentes.

Se adapta alrededor de superficies con formas complejas.

Usos Recomendados:

Fibra de carbono Z es una de las variedades de láminas de fibras de refuerzo de alta resistencia para el sistema que conforman el esqueleto del sistema de refuerzo fibra de carbono Z, dándole al sistema resistencia. Se usa típicamente en diversas aplicaciones

Para:

- Mejorar las capacidades de carga de estructuras de concreto y mampostería.
- Incrementar la resistencia a flexión de vigas, losas y muros de concreto.

- Incrementar la resistencia cortante de vigas y muros de concreto.
- Mejorar la capacidad de silos, tuberías, tanques y túneles de concreto.
- Restaurar la capacidad perdida por deterioro de las estructuras de concreto.
- Reemplazar las varillas de refuerzo corroído.
- Reemplazar tendones pos tensado dañado.
- Proporcionar confinamiento a las reparaciones de concreto.
- Controlar el agrietamiento de estructuras de concreto.
- Corregir errores de diseño y/o construcción.
- Substituir las barras de acero de refuerzo faltantes.
- Refuerzo antisísmico.
- Mejorar la resistencia y ductilidad de columnas de concreto.
- Proporcionar confinamiento y resistencia adicional a las conexiones de concreto.
- Reducir las fallas por esfuerzos cortantes de vigas y muros de concreto.
- Reforzar las estructura de acero y madera

Formas de aplicación.

Preparación de la superficie:

- Deberá aplicarse al concreto Z Pox O Universal BV.
- Como imprimante de la fibra de carbono Z Pox Gel
- La capa final de Z recubrimientos

Aplicación:

- Sobre la primera capa del saturante coloque la lámina de fibra y luego aplique la segunda capa del saturante de tal forma que la lámina de fibra quede completamente encapsulada por el saturante.

Tiempo de secado:

El tiempo de secado es de 24 horas.

Limpieza:

Limpie todo el equipo y las herramientas con Solvente Epóxico. Siga las precauciones de salud y contra incendio indicados por el fabricante del solvente.

Limitaciones:

La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario.

Datos técnicos:

- Material de la fibra de carbono de alta resistencia.
- Peso del material por área 300 g/ m² (0.062 lb/ft²)
- Ancho de la lámina 610 mm (24 in)
- Espesor nominal, (1) 0.5 mm / lámina (0.0065 in/ lámina)
- Resistencia máxima 3800 Mpa (550 ksi)
- Módulo de tensión, E_f 227 Gpa (33000 ksi)
- Resistencia máxima por ancho unitario (lámina) 0.625 KN/mm/ lámina (3.57 kips / in / lámina)
- Módulo de tensión por ancho unitario (lámina) 38 KN/mm/ lámina (kips /in / lámina)
- Esfuerzo máximo de rotura 1.67 %
- Resistencia máxima 0
- Módulo de tensión 0
- Esfuerzo máximo de rotura n/a
- Coeficiente de expansión térmica (CTE) – $0.38 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ($-0.21 \times 10^{-6} / ^\circ\text{F}$)
- Conductividad térmica $9.38 \text{ W} / \text{m} \times ^\circ\text{K}$ ($65.1 \text{ Btu} \times \text{in} / \text{hr} \times \text{ft}^2 \times ^\circ\text{F}$)
- Resistividad eléctrica $1.6 \times 10^{-3} \text{ cm}$

Empaque:

- Fibra de carbono Z está disponible en rollo de 50 m de largo
- Color: Negro

Almacenamiento:

- Fibra de carbono Z debe almacenarse en área seca y fresca, a una temperatura entre 10 y 32 °C (50 – 90 °F) lejos de la luz directa solar, llamas o cualquier otro material peligroso.

f.- Encamisado.

Esta nueva técnica de refuerzo de pilares de hormigón, columnas, vigas, la cual es una optimización del procedimiento tradicional de recrecido con hormigón armado. Se emplea un micro hormigón de latas presentaciones, sin que sea necesario tratar la superficie brevemente. Está orientada a minimizar la afección a la estructura existente, usando detalles constructivos sencillos, los cuales se apoyan en el comportamiento fenomenológico del sistema soporte antiguo.

g.- Viviendas unifamiliares

Es aquella en la que una única familia ocupa la edificación en su totalidad, a diferencia de las viviendas colectivas.

Es una edificación desarrollada para ser ocupada en su totalidad por una sola familia, y pueden ser aisladas, pareadas o adosadas. Urbanísticamente genera áreas de baja densidad, con bajo impacto ambiental y de infraestructuras de servicios, además de tráfico vehicular poco significativo

h.- Unión de concreto nuevo y antiguo

Es la unión que se debe realizar para mantener la continuidad monolítica entre dos secciones contiguas cuando sea producido una interrupción prolongada que supere el periodo plástico del hormigón. Esto implica que estas uniones deben ser capaces de transferir esfuerzos de tracción a través de la interfaz entre los concretos que conforman el elemento estructural de concreto.

i.- Adhesivos

Sustancia capaz de mantener juntos a los materiales por la unión de sus superficies, de los cuales cabe mencionar:

- **Adhesivos epóxicos:** Se presentan en dos o más elementos. Las resinas y el endurecedor forman el sistema básico de la materia, la resina es el adhesivo en

sí, mientras que el endurecedor permite la reactividad y reticulación de las moléculas para formar la malla de pegado en el producto.

- **Adhesivo Sikadur 32 gel:** es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes

Usos

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto antiguo.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero. Fierro. Fibra de carbono, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.

Ventajas

- Fácil de aplicar
- Libre de solventes
- No es afectado por la humedad
- Altamente efectivo aun en superficies húmedas
- Trabajable a bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tracción

Características

- Colores:
Gris (mezcla A +B)
- Aspecto:
Líquido denso
- Presentación:
Juego de 1 kg, juego de 5 kg
- Densidad:
1.6 kg/lts
- Proporción a la mezcla en peso:
 $A : B = 2 : 1$

Método de aplicación:

Al momento de aplicar Sikadur – 32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. La superficie de concreto antiguo debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente las impurezas.

- Mesclar totalmente las partes A y B del producto en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones de 3 – 5 min aproximadamente hasta obtener una mezcla homogénea.
- La colocación de Sikadur – 32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada, el concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20° C o 1 hora a 30° C de aplicado el Sikadur – 32 Gel.
- Limpia las herramientas con diluyente a la piroxilina

j.- Tratamiento con adhesivo epóxico:

Usando este tratamiento se busca determinar la eficacia de la transferencia de esfuerzos al aplicar un adhesivo epóxico sobre la superficie de contacto entre el concreto endurecido y nuevo, el tratamiento se dará siguiendo los siguientes pasos:

- Quitar el tarrajeo de la viga de concreto armado, raspar, escobillar la superficie de contacto que pertenece al concreto antiguo.
- Dar limpieza a la superficie de contacto usando compresora de aire para eliminar los residuos del escobillado de la lechada superficial.
- Recubrir con adhesivo epóxico, siguiendo las instrucciones y recomendaciones del fabricante del producto.
- Colocamos las varillas de acero requerido para el refuerzo de la viga de concreto armado.
- Continuar con el vaciado de concreto nuevo sobre la superficie de contacto preparado con el adhesivo epóxico.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general:

¿El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: láminas de fibra de carbono y encamisado, permitirá el incremento de carga en viviendas unifamiliares aporticadas?

Problemas específicos:

¿Mediante visitas de campo, entrevistando a los habitantes de las viviendas; asimismo observando y tomando las medidas de la viga de concreto armado podemos determinar sus dimensiones y la cantidad de acero del elemento estructural en estudio?

¿Mediante el Esclerómetro se podrá determinar la resistencia de la viga de concreto armado (f_c)?

¿Qué efecto produce las láminas de fibra de carbono en el reforzamiento de las vigas de concreto armado?

¿Qué efecto causa el encamisado en el reforzamiento de las vigas de concreto armado?

¿Cuál será el procedimiento para analizar el desempeño de una viga reforzada con láminas de fibra de carbono?

¿Cuál será el procedimiento para analizar el desempeño de una viga reforzada mediante encamisado?

¿Cuál de los dos métodos de reforzamiento será recomendable para el reforzamiento de la viga de concreto armado para incrementar la carga?

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: láminas de fibra de carbono y encamisado, para el incremento de carga.

2.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Visitar, entrevistar a los habitantes de las viviendas, observar y tomar medidas de la viga de concreto armado, para determinar la sección y longitud de la viga de concreto armado.

Determinar la resistencia de la viga de concreto armado Mediante el Esclerómetro.

Determinar la contribución de las láminas de fibra de carbono para el reforzamiento de las vigas de concreto armado.

Determinar la contribución del encamisado para reforzamiento de las vigas de concreto armado.

Procesar el desempeño de una viga reforzada con láminas de fibra de carbono.

Procesar el desempeño de una viga reforzada mediante encamisado.

Comparar los dos métodos de reforzamiento.

2.4. HIPÓTESIS:

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ho: El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado con láminas de fibra de carbono y encamisado estos no permitirán el incremento de carga.

Ha: El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado con láminas de fibra de carbono y encamisado estos permitirán el incremento de carga

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

He1: Mediante la visita de campo, entrevistando a los habitantes de las viviendas y/o observando, tomando medidas de la viga de concreto armado podremos determinar sus dimensiones.

He2: con el uso del esclerómetro podremos determinar la resistencia de la viga de concreto armado ($f'c$).

He3: la incorporación de las láminas de fibra de carbono nos permitirá el reforzamiento del elemento estructural.

He4: El encamisado del elemento estructural permitirá el reforzamiento del elemento estructural.

He5: El procedimiento a realizar nos permitirá analizar el desempeño de la viga reforzada con láminas de fibra de carbono.

He6: El procedimiento a realizar nos permitirá analizar el desempeño de la viga reforzada mediante el encamisado.

He7: la comparación de los dos métodos de reforzamiento nos permitirá la elección correcta para el incremento de carga.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTE

Análisis y reforzamiento de vigas mediante métodos de láminas de fibra de carbono y encamisado

2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Incremento de carga.

2.6 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	METODOS DE VALORACION
1. Análisis y reforzamiento de vigas mediante métodos de láminas de fibra de carbono y encamisado.	Se define como las vigas de concreto armado con secciones de 20 cm x25 cm con 4 aceros de ½" con dos aceros trabajando a tracción, el cual no soporta un incremento de carga más de lo permitidos según análisis	DURABILIDAD	PERIODO DE VIDA UTIL	Años	0-20 (optimo) 20-40 (regular) 40-60 (deficiente) 60-80 (critico)	Registro temporal
			DISEÑO		Bueno Malo	Método de diseño por rotura
			CONCRETO	m ³	Buena Calidad Mediocre	Norma ACI-201.2R
		ESTABILIDAD	IMPACTOS	Tn	Según diseño	Norma E.020- E.030
			FISURAS	mm	<0.2 (sin daño) 0.2-1.0 (daño leve) 1.0-2.0 (daño moderado) 2.0-5.0 (daño fuerte) 5.0-7.0 (daño severo)	Norma E.020
2. Factores patológicos Externos.	Son aquellos elementos que producen problemas de resistencia y durabilidad en el concreto armado.	FISICOS	TEMPERATURA	°C	0-6 (gélido) 6-12 (frígido) 12-18 (frio) 18-24 (templado) >24 (cálido)	Termómetro
			HUMEDAD RELATIVA	%	<15% (ambiente débil) 45-65 (amb. ligero) 65-85 (amb. moderado) 85-98 (amb. severo) >98 (amb. Muy severo)	Medidor de humedad superficial de concreto

2.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA

“ANÁLISIS Y REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS MÉTODOS: LÁMINAS DE FIBRAS DE CARBONO Y ENCAMISADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES APORTICADAS HASTA DOS NIVELES EN EL DISTRITO DE AMARILIS AÑO 2019”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: láminas de fibra de carbono y encamisado, permitirá el incremento de carga?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Analizar el reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: láminas de fibra de carbono y encamisado, para el incremento de carga.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visitar, entrevistar a los habitantes de las viviendas, observar y tomar medidas de la viga de concreto armado, para determinar la sección de la viga y la cantidad de acero que trabajan a flexión. - Determinar la resistencia inicial de la viga de concreto armado Mediante el Esclerómetro. - Determinar la contribución de las láminas de fibra de carbono para el reforzamiento de las vigas de concreto armado. - Determinar la contribución del encamisado para reforzamiento de las vigas de concreto armado. - Procesar el desempeño de una viga reforzada con láminas de fibra de carbono- - Procesar el desempeño de una viga reforzada mediante encamisado. - Comparar los dos métodos de reforzamiento. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Ho: El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado con láminas de fibra de carbono y encamisado estos no permitirán el incremento de carga.</p> <p>Ha: El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado con láminas de fibra de carbono y encamisado estos permitirán el incremento de carga</p>	<p>INDEPENDIENTE:</p> <p>Análisis y reforzamiento de vigas mediante métodos de láminas de fibra de carbono y encamisado</p> <p>DEPENDIENTE:</p> <p>Incremento de carga</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento poblacional. • Viviendas precarias • Tipo de edificación 	<p>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION</p> <p>Para el presente estudio se empleará el Método Descriptivo, ya que la primera etapa de nuestra investigación será describir las condiciones físicas de la viga de concreto armado de la vivienda unifamiliar aporticada.</p> <p>Nivel de investigación.- El nivel de la presente investigación será correlacional y explicativo, porque en todo momento se ara la comparación entre los dos métodos de reforzamiento (láminas de fibra de carbono y encamisado).</p>

2.8. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO / POBLACIÓN

El universo está constituido por las viviendas unifamiliares aporticadas hasta dos niveles, en el distrito de amarilis en la segunda etapa de Paucarbambilla (Zona Cero).

2.9. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra en estudio es una vivienda unifamiliar APORTICADA con un área aproximada 160.00 m², ubicado en Tingo María Nro. 210 en el distrito de Amarilis- Zona Cero.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

- 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO
- 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN
- 3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN
- 3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION
- 3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS
- 3.6 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS
- 3.7 MATERIALES A UTILIZAR

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

La presente tesis tuvo como lugar de investigación el distrito de Amarilis, provincia de Huánuco y Departamento de Huánuco. Está situada a 1910 msnm en el valle formado por el río Huallaga, está es la tierra templada de la vertiente oriental de los Andes centrales. Sus coordenadas geográficas 9°56'30" de latitud sur y 76°14'25" de longitud Oeste. Característica importante y con repercusión en esta tesis es el clima, el cual por su ubicación se puede denominar como seco y soleado, con una temperatura promedio de 23 °C, llamado por propios y visitantes como "La ciudad del mejor clima del mundo", es tan agradable y benigno su clima que el sol brilla todo el año, en un cielo limpio con un resplandeciente celeste intenso. Su temperatura más baja es en el invierno, es decir en los meses de julio y agosto (21 °C en el día y 17 °C en las noches) y la temperatura más alta es en la primavera, en los meses de noviembre y diciembre (30 °C en el día)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la planificación de toma de datos

La investigación será PROSPECTIVO, los datos son recogidos a propósito de la investigación (Primarios). Por lo que posee control de sesgo de medición.

Según el número de ocasiones en que se mide la variable

La investigación será TRANSVERSAL, todas las variables son medidas en una sola ocasión.

Según el número de variables de interés

La investigación será ANALITICO, los diferentes resultados serán analizados ampliamente mediante sus correspondientes variables los mismos que nos permiten llegar a conclusiones valiosas para contrastar la hipótesis.

3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación será correlacional, explicativo y experimental porque en todo momento se ara la comparación entre los dos métodos de reforzamiento (láminas de fibra de carbono y encamisado).

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño a utilizar en esta investigación será el Experimental, puesto que basaremos sobre hechos reales es necesario llevar a cabo una estrategia que nos permita analizar la situación directamente en el lugar donde acontece el problema, cuyo objetivo es describir de qué modos se pueden reforzar una estructura sin llegar a demolerla.

Vamos a validar ensayos realizados por otros tesisas, en donde se demuestran las propiedades de las fibras de carbono y el encamisado, con referencia a reforzamiento de vigas de concreto armado en edificaciones

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

3.5.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fuentes.- en todo momento se revisara bibliografías, revistas, tesis, etc. relacionados a reforzamientos de estructuras (vigas de concreto armado) con láminas de fibras de carbono y encamisado.

Datos recopilados de las salidas a campo, entrevista directa a los cuidados del distrito de Amarilis, segunda etapa de paucarbambilla (Zona Cero).

Análisis de contenido

De las vistas de campo se realizará la selección del elemento estructural (vigas de concreto armado) para su análisis y reforzamiento

Instrumentos

Para la ejecución de las técnicas antes mencionadas se utilizará los siguientes instrumentos:

- Libretas de campo
- Paneles fotográficos.
- Esclerómetro
- Wincha

3.6 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

En el presente trabajo se pretende demostrar el reforzamiento de una viga de concreto armado con láminas de fibra de carbono y encamisado, a través del programa de cómputo ETABS y hojas de cálculo con el programa Excel.

Asimismo los datos de campo se procesaran con los programas de cómputo: Excel utilizando la estadística descriptiva expresada en tablas, que representen objetivamente los resultados obtenidos de las técnicas de recolección de datos.

Los datos se presentarán utilizando diagramas que nos arroja el programa de cómputo ETABS, además hojas de cálculo con el programa Excel, lo cual nos permitirá visualizar los resultados de la investigación.

3.7 MATERIALES A UTILIZAR

- Equipos de medición como lo es el Esclerómetro para poder determinar la resistencia de las vigas a estudiar.
- Recursos tecnológicos como son el internet y las impresiones.
- La aplicación del software Etabs V.9.4 para la modelación de la edificación en estudio

CAPITULO IV **RESULTADOS**

4.1 REFUERZO DEL CONCRETO ARMADO CON FIBRA DE CARBONO

4.2 REFUERZO DEL CONCRETO ARMADO MEDIANTE ENCAMISADO

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

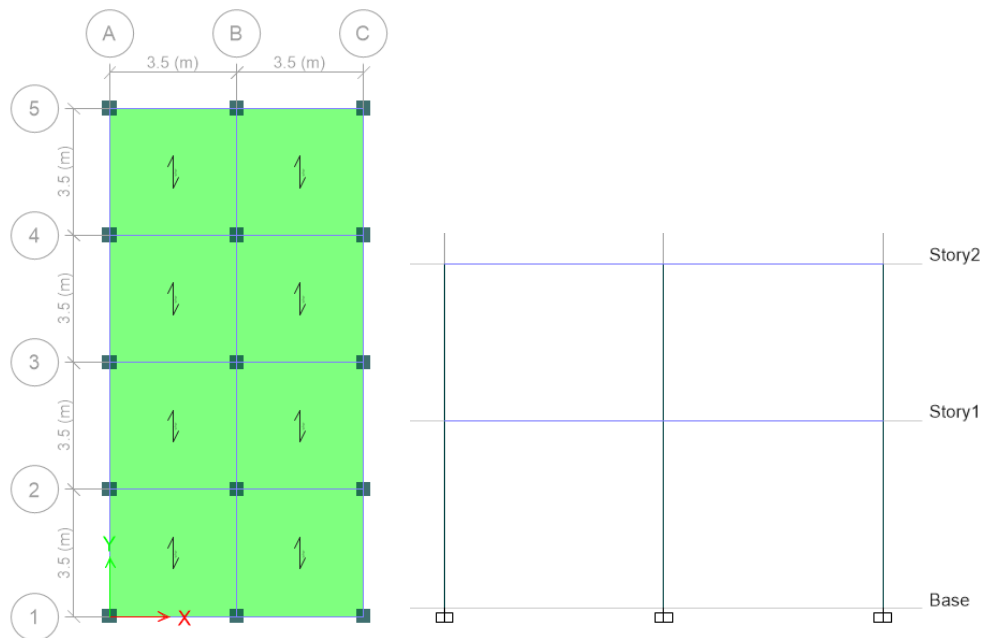
4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS MEDIANTE DE FIBRAS DE CARBONO

4.1.1 ESTRUCTURA DE ESTUDIO

Con el objetivo de poder estudiar las capacidades de reforzamiento de las técnicas de reforzamiento estudiadas, específicamente el reforzamiento de mediante el encamisado de columnas de concreto armado y mediante la aplicación de fibras de carbono, se eligió estudiar el comportamiento de una vivienda unifamiliar construida con base en pórticos de concreto armado, esta edificación es de dos niveles, con alturas de 3.5 m y 2.5 m, para el primer y segundo nivel respectivamente, además las crujías de típicas de estas edificación tuvieron longitudes de 3.5 m, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 1: Vista en planta y elevación de la estructura analizada.



Fuente: PROPIA

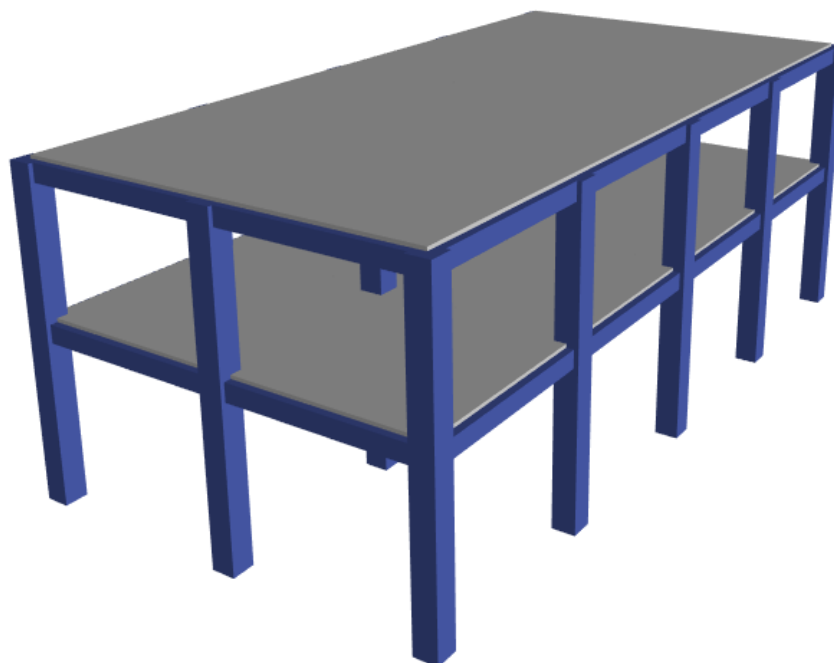
En cuanto a los elementos estructurales, podemos mencionar que esta edificación tuvo columnas cuadradas de 40 cm de lado, en ambos niveles; además las vigas en dirección x e y, tuvieron un peralte de 30 cm, mientras que la base de estas fue de 25cm; con respecto a la losa, podemos mencionar que fueron losas aligeradas de 20 cm de

espesor, además de acuerdo con los procedimientos de construcción usuales en el Perú, podemos inferir que la losa tuvo un peso de 300 kg/m², además se procedió a aligerar esta mediante el uso de ladrillos de arcilla cocida de techo, las que usualmente tienen un peso de 5 kg por cada unidad.

En cuanto a la calidad de los materiales, podemos mencionar que, en el caso del acero, este fue obtenido de fábrica, por tanto este tendrá un esfuerzo de fluencia mínimo de $f_y=4200$ kg/cm²; mientras que en el caso del concreto, podemos afirmar que la calidad de este llegó a ser de 210 kg/cm², esto de acuerdo con la práctica constructiva del país, en el caso de pórticos de concreto armado.

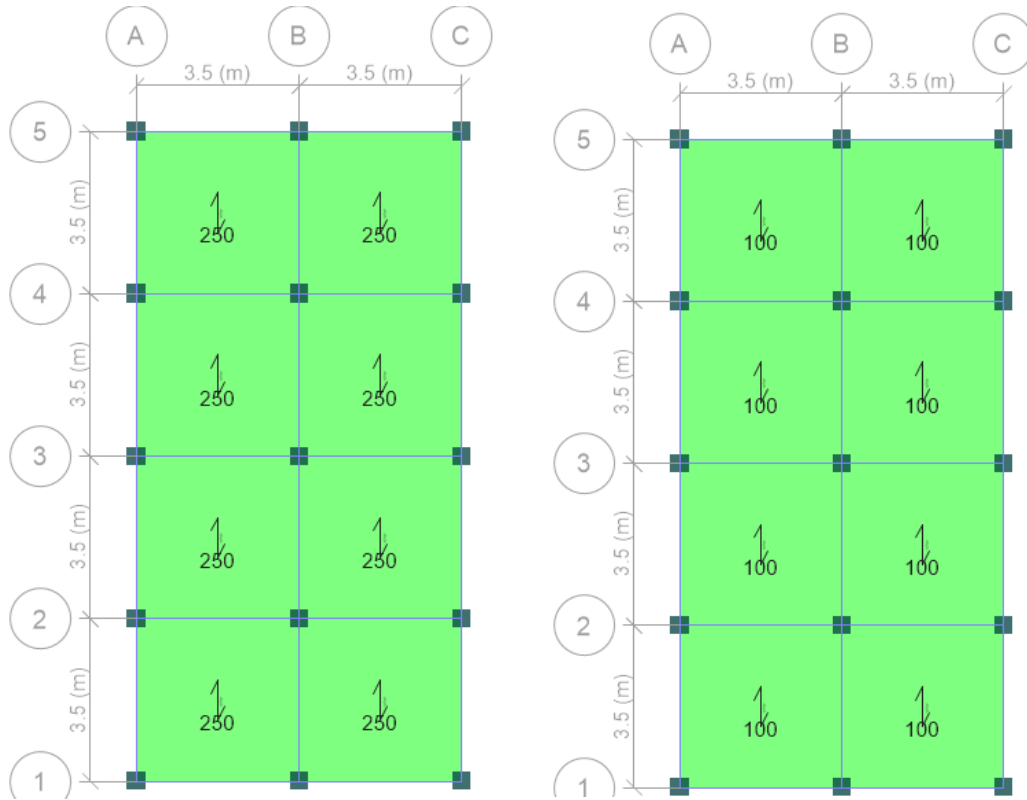
Con la finalidad de poder llevar a cabo un estudio analítico de la estructura considerada, se procedió a modelar esta en un programa de análisis no lineal de estructuras, específicamente el ETABS, el modelo generado en el programa mencionado se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 2: Vista tridimensional del modelo generado en ETABS V17.



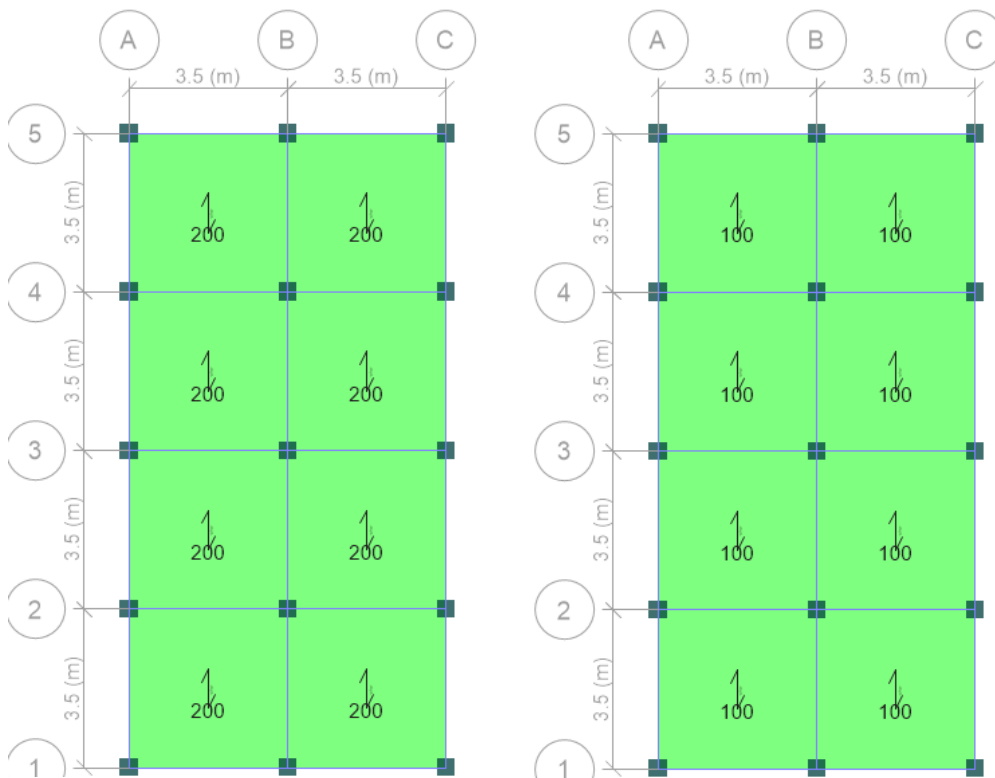
Fuente: PROPIA

Figura 3: Cargas muertas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.



Fuente: PROPIA

Figura 4: Cargas vivas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.



Fuente: PROPIA

Las cargas gravitacionales consideradas fueron obtenidas dividiendo estas en dos grupos, en específico, las cargas muertas y las cargas vivas, dentro de las cargas muertas se consideraron aquellas como el peso del acabado y el peso de la tabiquería, que en esta caso fue considerada como tabiquería móvil, puesto que no se conoce con precisión la distribución de esta en la estructura, y aunque el peso propio de la estructura corresponde a esta posición, no se consideró directamente, ya que el programa utilizado es capaz de hacer un cálculo interno y considerarlo; en el caso de las cargas vivas, se consideran todas aquellas cargas que no tienen continuidad con la estructura, es decir que pueden ir y venir durante el periodo de servicio de la estructura, tales como las cargas venidas de los ocupantes, de los muebles, entre otros similares, aunque estas pueden ser metradas de manera manual, en este trabajo usaremos las cargas mínimas requeridas por la norma de cargas del Perú, en este caso, la norma E020.

ANÁLISIS SÍSMICO

De acuerdo con la norma de diseño sísmico del Perú, este tiene un nivel intrínseco de peligro sísmico, caracterizado por los niveles de aceleración dados en la mencionada norma; por tanto es requisito indispensable que las estructuras construidas dentro del territorio nacional, sean analizadas y diseñadas teniendo en consideración la acción de fuerzas inerciales horizontales inducidas por los sismos. Con tal fin, tal norma recomienda el uso del análisis dinámico modal espectral, por ser este un método práctico que permite tener en consideración el aporte de las principales formas de modo; sin embargo, también permite el uso del método de fuerzas estáticas equivalentes, en el caso de edificaciones que tengan menos de cinco niveles, ya que se reconoce que el comportamiento de tales edificaciones, estará dominado por la primera forma de modo, por tanto se pueden prescindir de formas de modo superiores. De acuerdo con esto, en este trabajo se hizo un uso extensivo del método de fuerzas estáticas equivalentes.

CALCULO DE FUERZAS ESTATICAS EQUIVALENTES

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas estáticas actuando en el centro de masas de la edificación.

Parámetros sísmicos

z	0.45	Factor de zona:
s	1.05	Factor de suelo
Tp	0.60	Periodo predominante del suelo
TI	2.00	
		Categoría de la edificación:
u	1.00	Vivienda
Ro	8.00	Factor de reducción básico
la	1.00	
lp	1.00	
R	8	Factor de reducción
T	0.26	Periodo de la estructura
C	2.50	Factor de amplificación sísmica

Peso de la edificación

Wd	145.70	Ton	Peso debido a la carga muerta
wl	29.40	Ton	Peso debido a la carga viva
W = wd+0.25wl	153.05	Ton	Peso sísmico

$$V = ZUCSW/R$$

$$V = 22.60 \text{ Ton Cortante estático basal}$$

DISTRIBUCION DEL CORTANTE ESTATICO EN LA ALTURA

$$k = 1.0 \quad \text{Debido a: } T < 0.5s$$

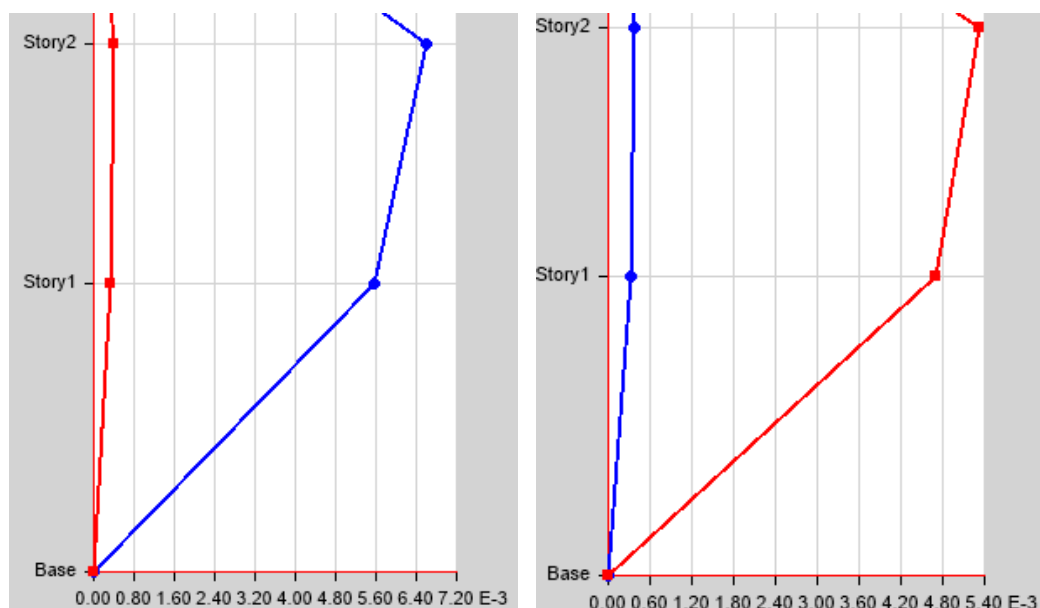
Nivel	h	Wd(Ton)	WI(Ton)	Ws(Ton)	wh ^k	α	F
-------	---	---------	---------	---------	-----------------	---	---

1	3.00	81.64	19.60	86.54	259.62	0.42	9.38
2	5.50	64.06	9.80	66.51	365.81	0.58	13.22
Σ					625.43		22.60

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

De acuerdo con los resultados del análisis obtenidos, las máximas distorsiones de entrepiso encontradas se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como se pueden ver de esto gráficos, las máximas distorsiones encontradas se encuentran por debajo de las máximas permitidas por la norma E030, en este caso específico de 0.007.

Figura 5: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en la direcciones x e y.



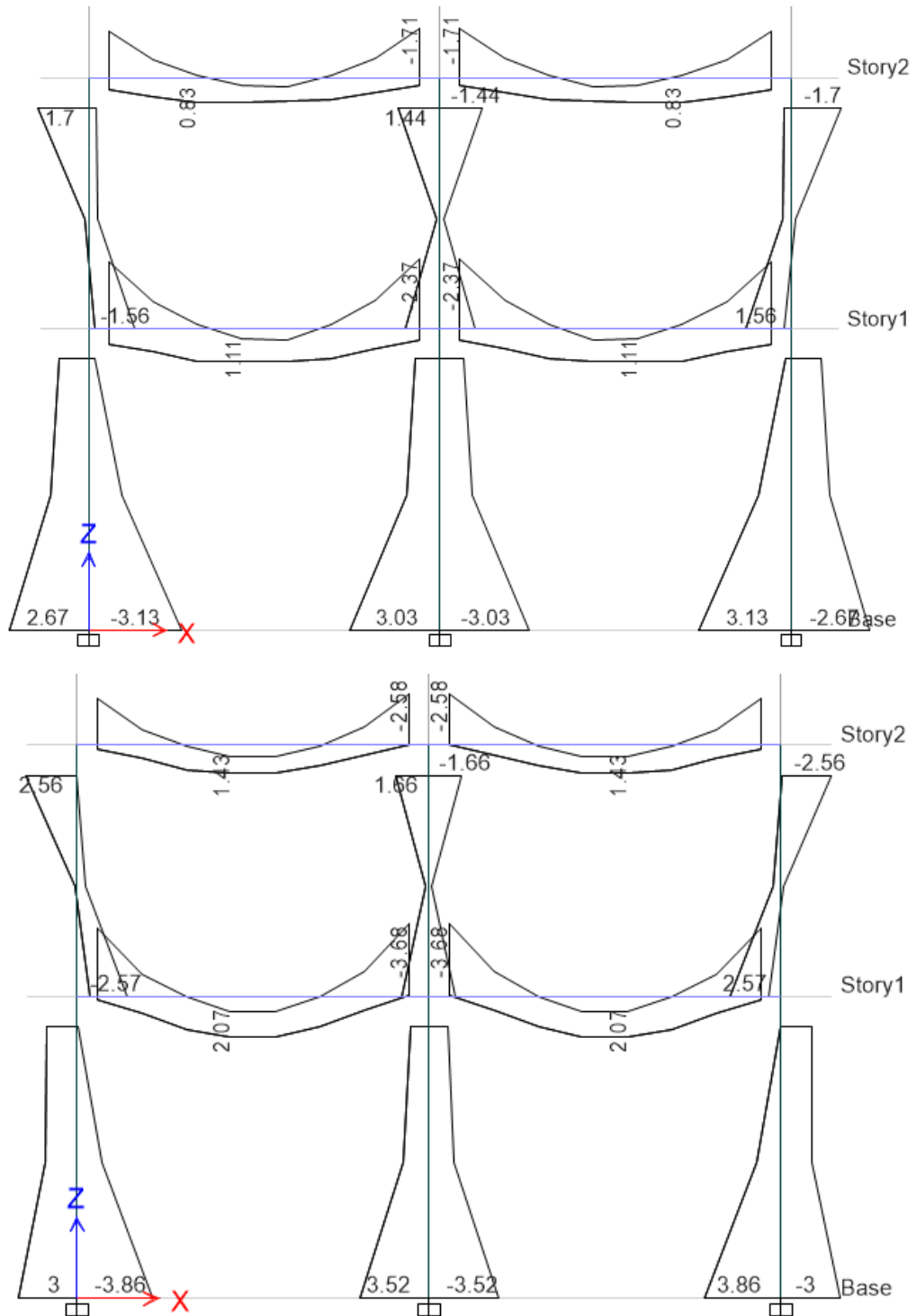
Fuente: PROPIA

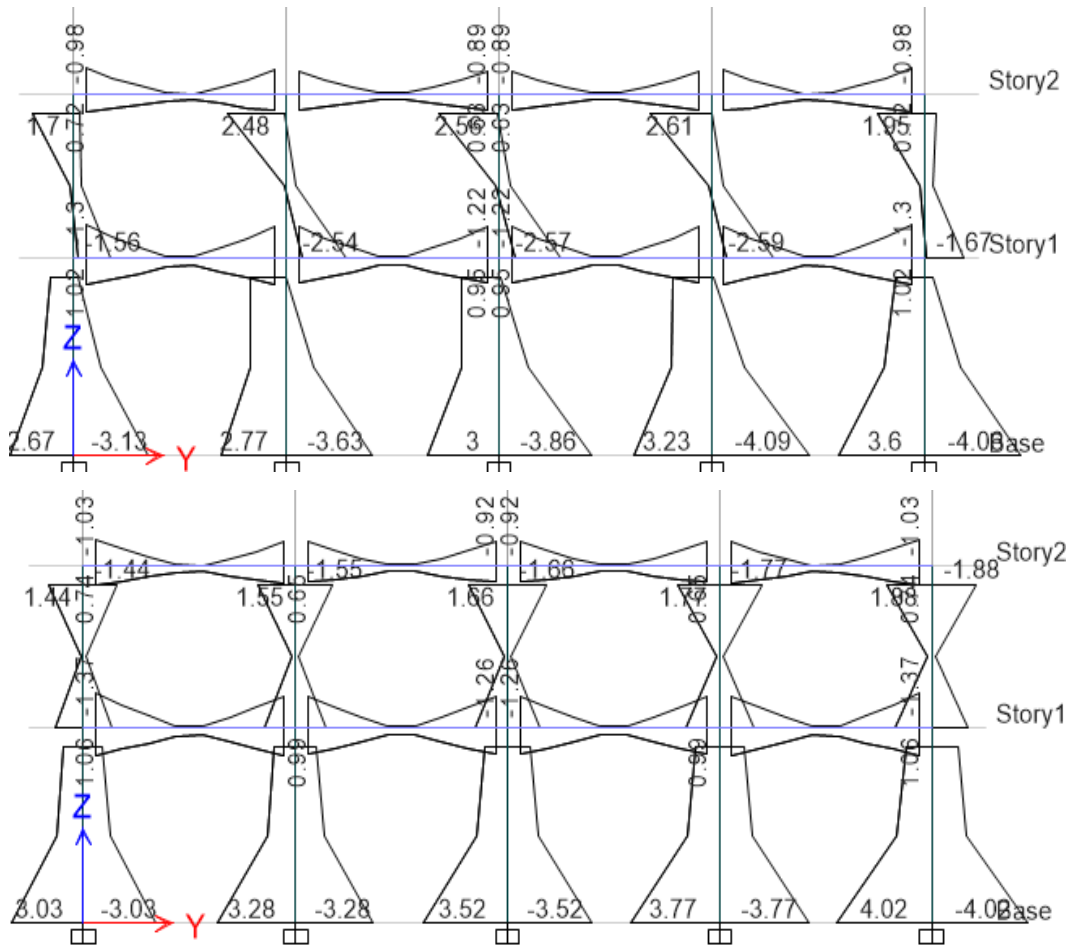
DIAGRAMAS DE FUERZAS INTERNAS

El diseño de elementos de concreto armado se hace considerando las fuerzas internas actuantes en los elementos, en el caso de pórticos de concreto armado son de especial importancia los momentos flectores, además de acuerdo con el método de diseño, que en este caso es el método de resistencia última, las vigas deben ser diseñadas usando las envolventes de los momentos flectores, obtenidos usando distintas combinaciones de carga, prestablecidas en la norma de diseño E060

(Concreto armado), las envolventes de momentos flectores encontradas se muestran en los gráficos siguientes.

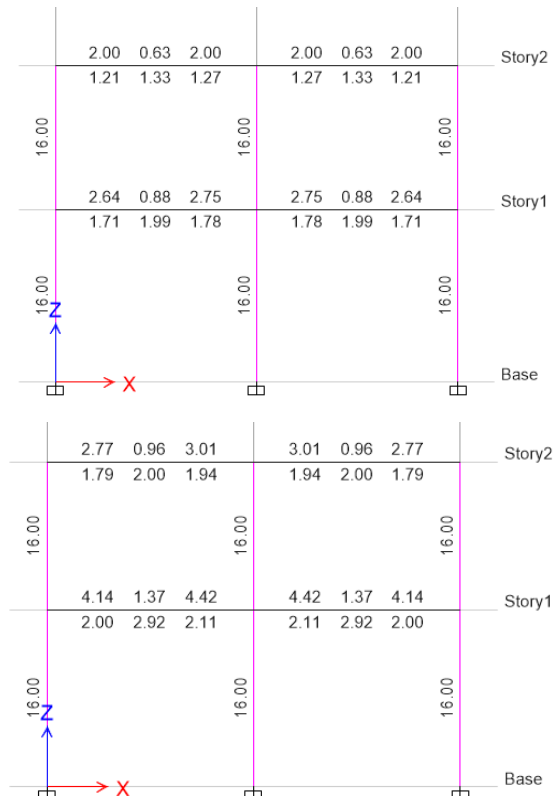
Figura 6: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.

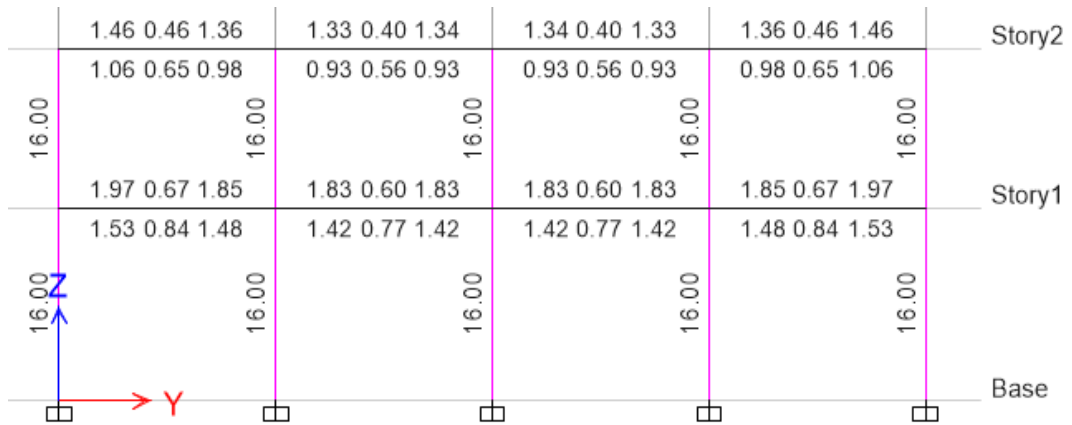




Fuente: PROPIA

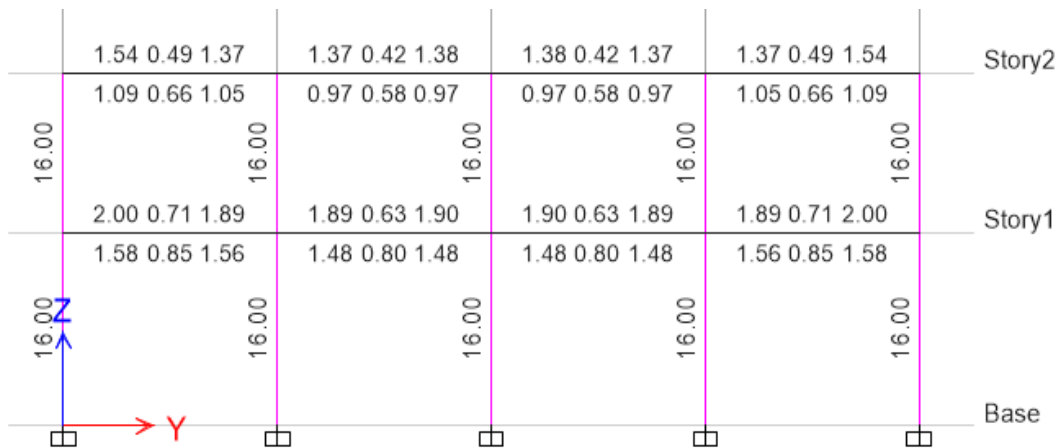
Figura 7: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columnas, en el eje A.





Fuente: PROPIA

Figura 8: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columnas, en el eje C.

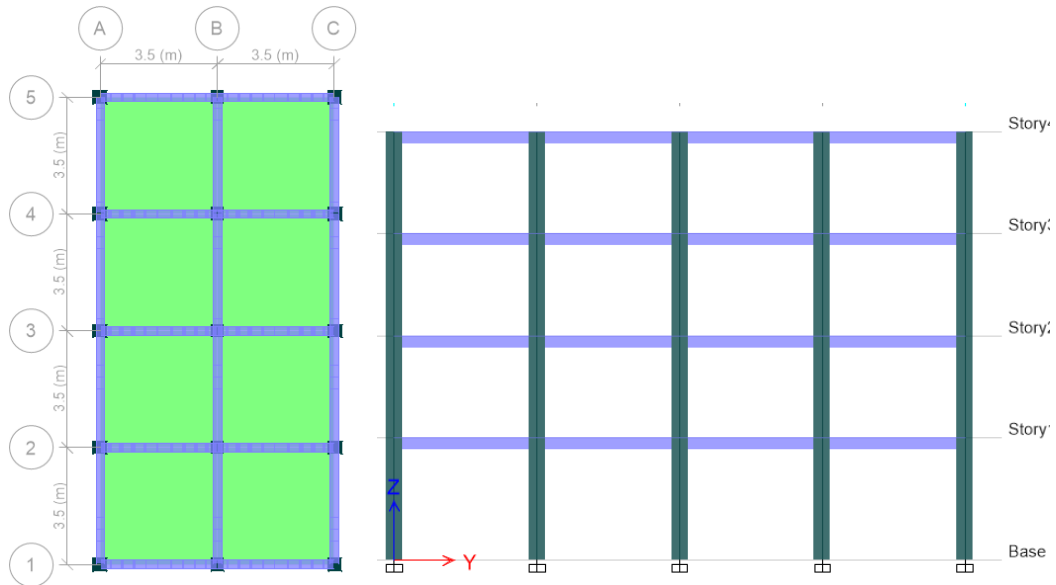


Fuente: PROPIA

INCREMENTO DEL NUMERO DE PISOS

La estructura estudiada en la sección anterior, será sometida a un incremento del número de niveles, esta situación es muy común en la práctica de la ingeniería, en especial en el Perú, ya que muchas veces los integrantes de una familia van incrementándose con el tiempo, lo que se traduce en la necesidad de más áreas techadas.

Figura 9: Vista típica en planta y elevación de la estructura con un incremento del número de niveles.



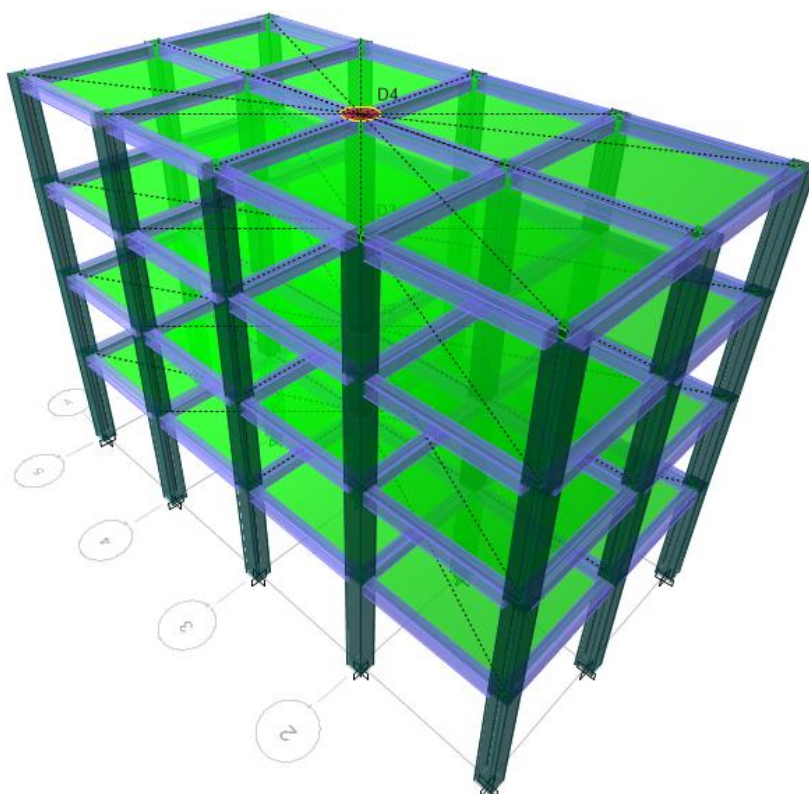
Fuente: PROPIA

Sin embargo, el incremento en el número de pisos, tiene consecuencias directas en el incremento de la masa sísmica, además se incrementarán notablemente las fuerzas axiales y momentos flectores actuantes sobre las columnas de la edificación, los momentos flectores inducidos por los sismos en las vigas, se verán incrementados notablemente, por tanto es necesario realizar un nuevo análisis sísmico de la estructura estudiada.

El efecto de incrementar el número de niveles también tendrá un efecto directo en la flexibilidad de la estructura, ya que en la práctica, es usual que este tipo de estructuras incremente el número de niveles, sin incrementar las secciones de los elementos existentes, lo que termina flexibilizando la estructura de manera notable.

Con la finalidad de poder estudiar el comportamiento dinámico de la estructura analizada, se procedió a realizar un modelo matemático en ETABS, que considera la perniciosa practica de continuar usando las secciones previas al incremento del número de niveles, es decir se consideró que las columnas mantendrían la sección de C40x40 y que las vigas tendrían una sección transversal de V25x30, en cuanto a las cargas gravitacionales aplicadas, se considerará el mismo nivel de cargas muertas y vivas en la edificación.

Figura 10: Vista tridimensional de estructura de cuatro niveles.



Fuente: PROPIA

En cuanto a las fuerzas sísmicas, se usó el procedimiento recomendado por la norma de diseño E030 (E030, 2019), es decir el de fuerzas estáticas equivalentes aplicadas lateralmente a la estructura, los calculo correspondientes se muestran a continuación.

CALCULO DE FUERZAS SISMICAS EQUIVALENTES

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas estáticas actuando en el centro de masas de la edificación.

Parámetros sísmicos

z	0.45	Factor de zona: Lima.
s	1.05	Factor de suelo
Tp	0.60	Periodo predominante del suelo

TI	2.00	
u	1.00	Categoría de la edificación: Vivienda
Ro	8.00	Factor de reducción básico
la	1.00	
lp	1.00	
R	8	Factor de reducción
T	0.55	Periodo de la estructura
C	2.50	Factor de amplificación sísmica

Peso de la edificación

Wd	303.21	Ton	Peso debido a la carga muerta
wl	68.60	Ton	Peso debido a la carga viva
W=wd+0.25wl	320.36	Ton	Peso sísmico

$$V=ZUCSW/R$$

V 47.30 Ton Cortante estático basal

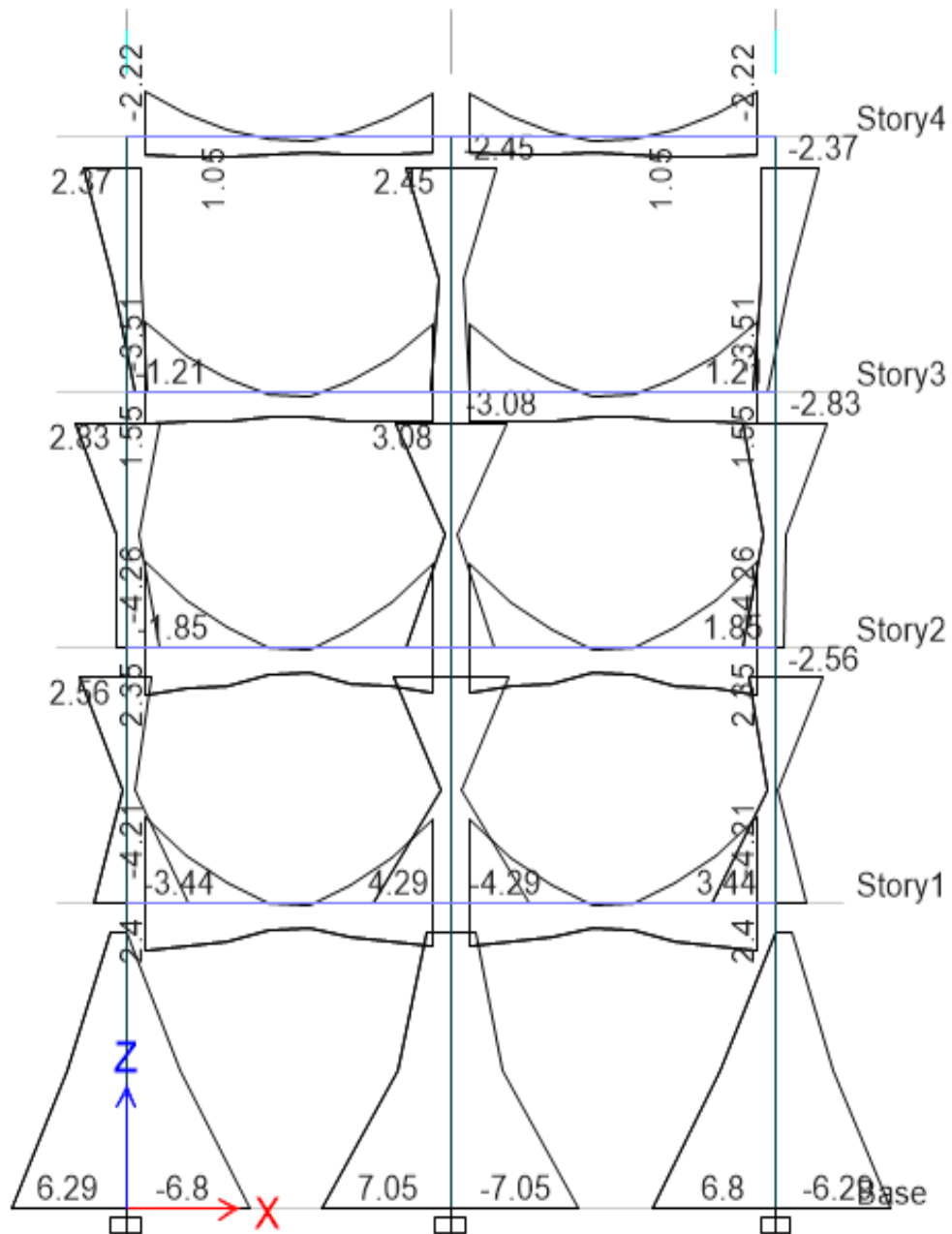
DISTRIBUCION DEL CORTANTE ESTATICO EN LA ALTURA

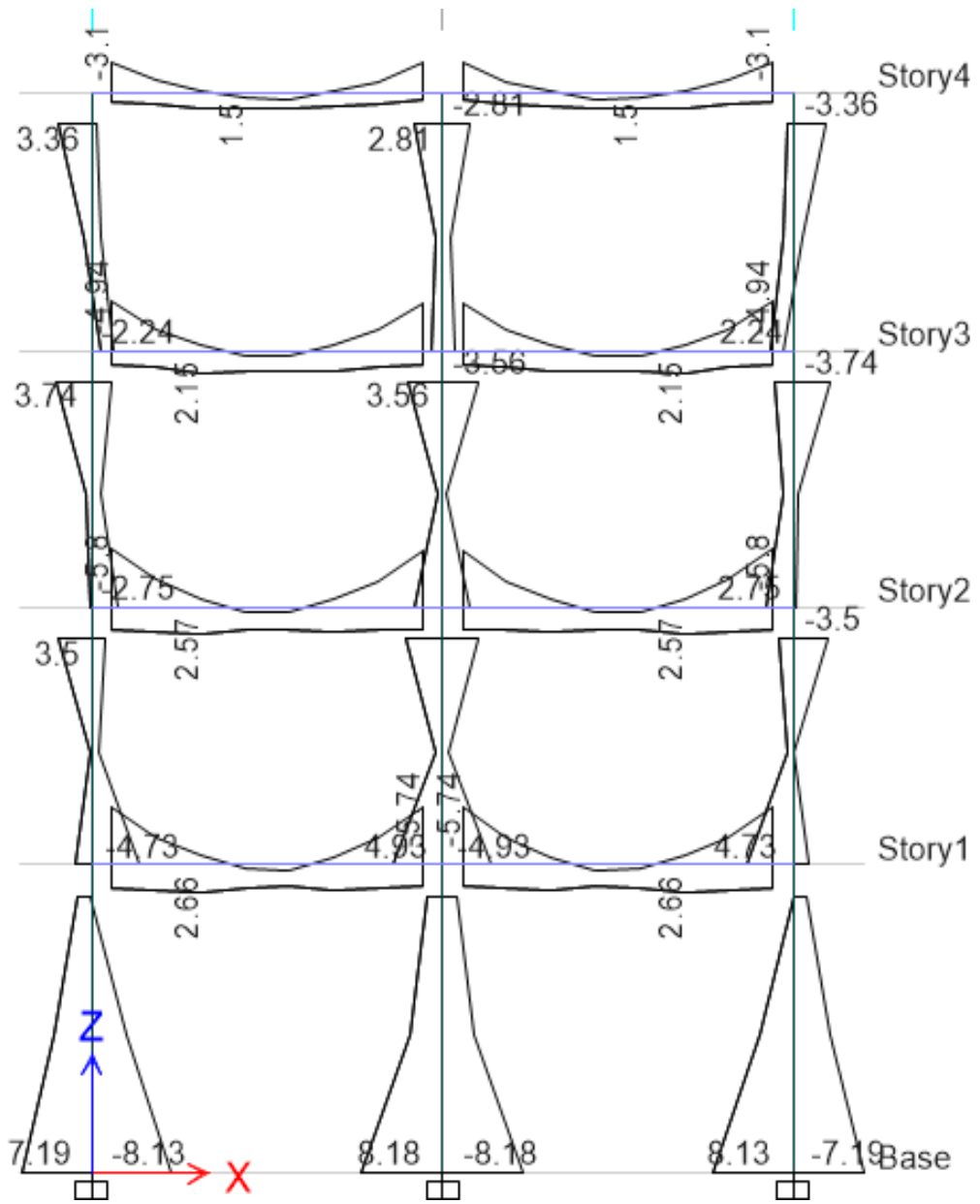
k 1.0 Debido a: T<0.5s

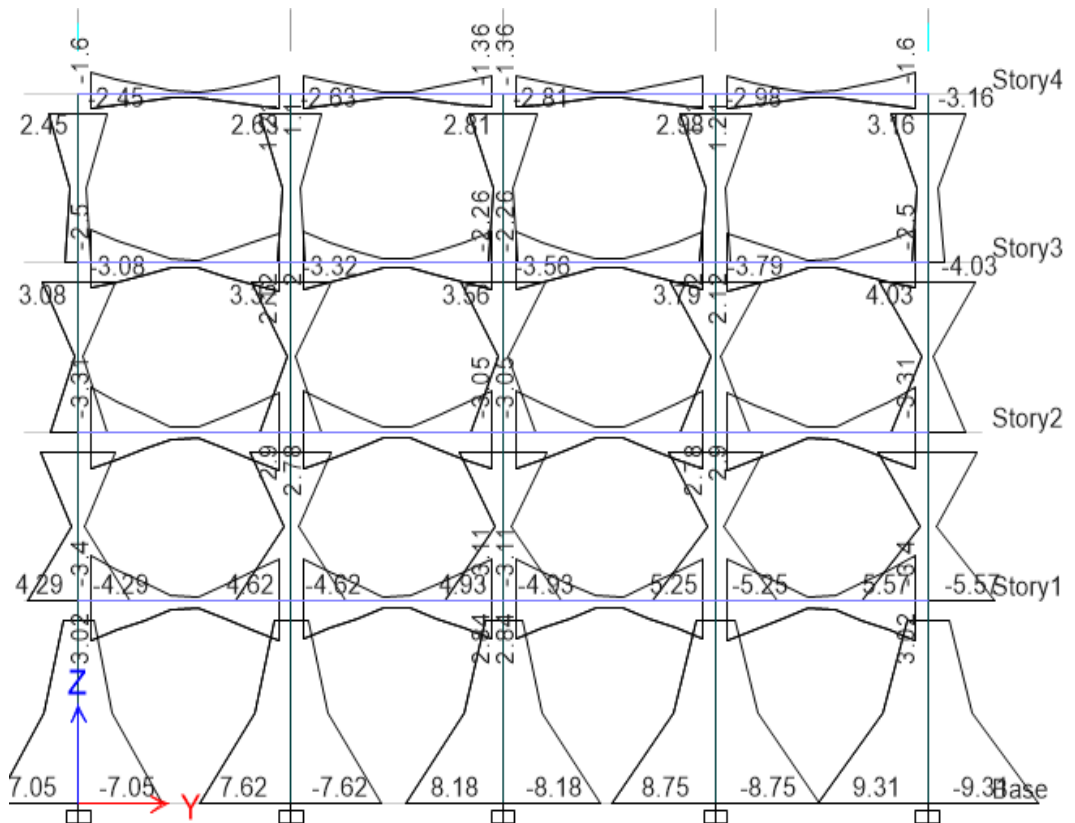
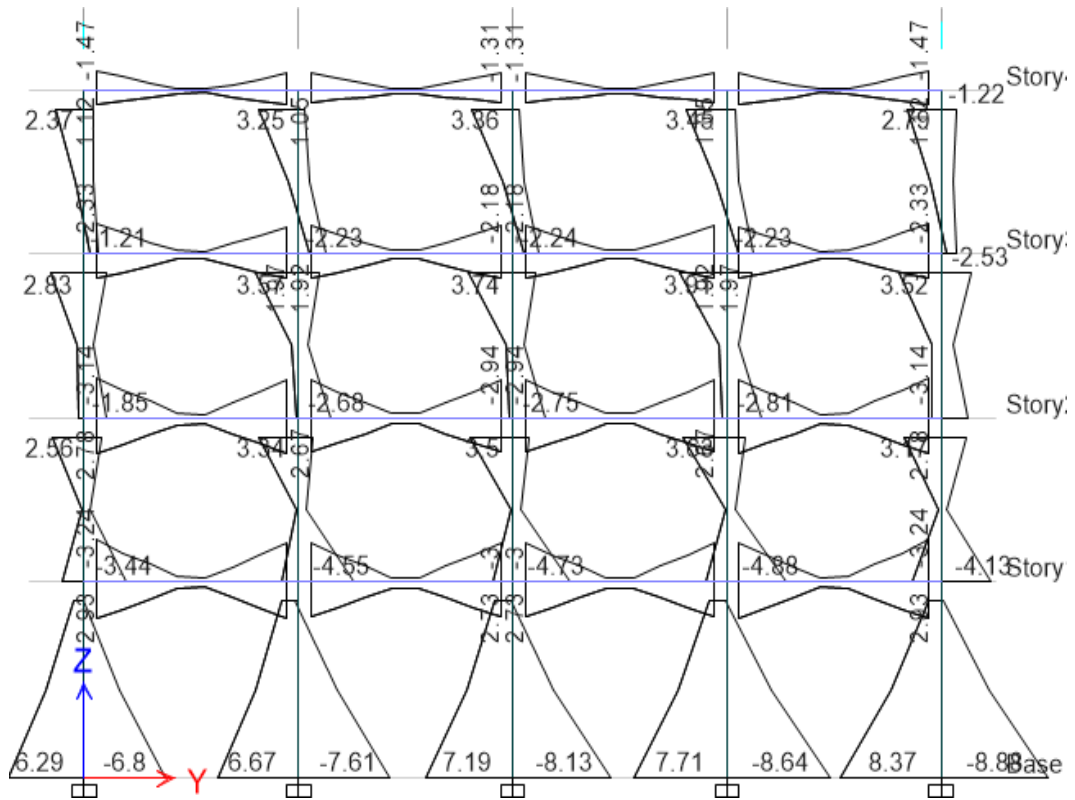
Nivel	h	Wd(Ton)	Wl(Ton)	Ws(Ton)	wh ^k	α	F
1	3.00	81.64	19.60	86.54	259.62	0.12	5.88
2	5.50	78.76	19.60	83.66	460.13	0.22	10.43
3	8.00	78.75	19.60	83.65	669.20	0.32	15.17
4	10.50	64.06	9.80	66.51	698.36	0.33	15.83
Σ					2087.31		47.30

RESULTADOS DEL ANALISIS

Figura 11: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.





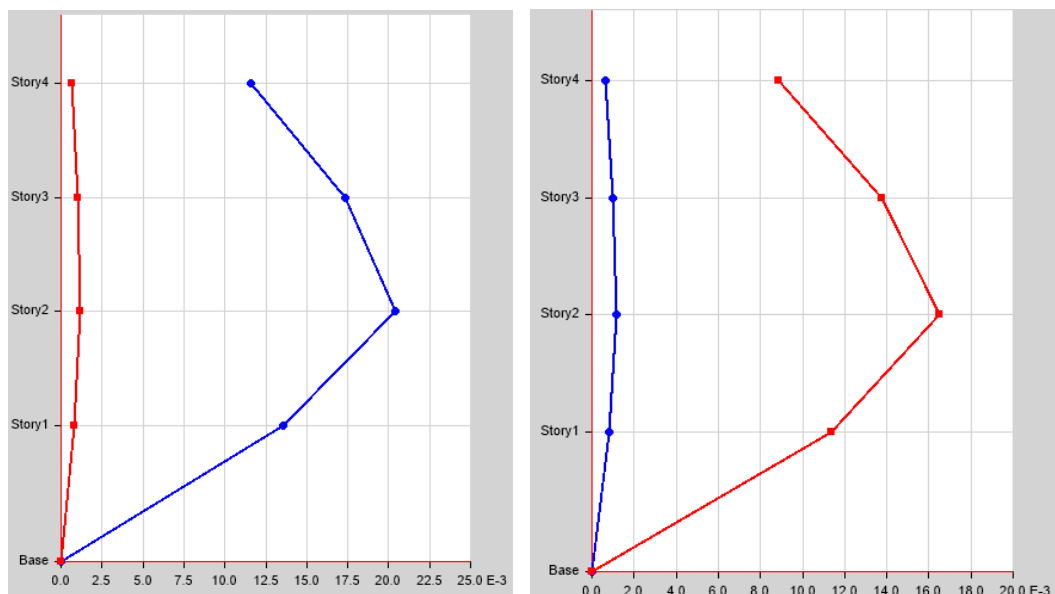


Fuente: PROPIA

MAXIMAS DISTORSIONES DE ENTREPISO

Los resultados del análisis sísmico, con las consideraciones mencionadas, han arrojado los resultados mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como podemos ver de estos resultados las distorsiones máximas en la dirección x tuvieron un máximo de 20 por mil, mientras que la distorsión máxima en el eje y fue de 17 por mil; es decir que en el primer caso tenemos que la máxima deriva encontrada en x tuvo un valor de casi tres veces el máximo permitido, mientras que en la dirección y, la máxima distorsión tuvo un valor máximo de 2.4 veces el máximo permitido.

Figura 12: Máximas distorsiones de entrepiso, cuando se aumentaron dos niveles adicionales.

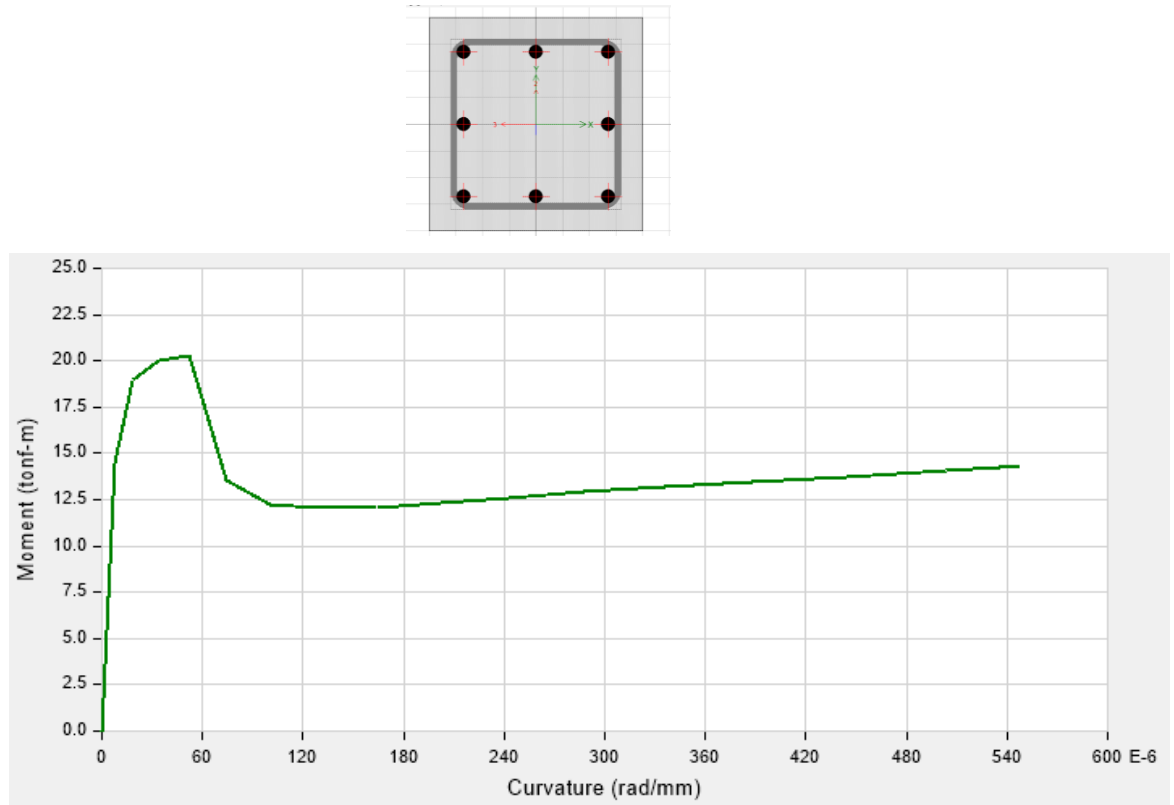


Fuente: PROPIA

El hecho mostrado demuestra que para imprimir el número de niveles de una edificación, también se deben incrementar las secciones de los elementos estructurales, tales como columnas y vigas, ya que de lo contrario, la estructura tiende a flexibilizarse peligrosamente.

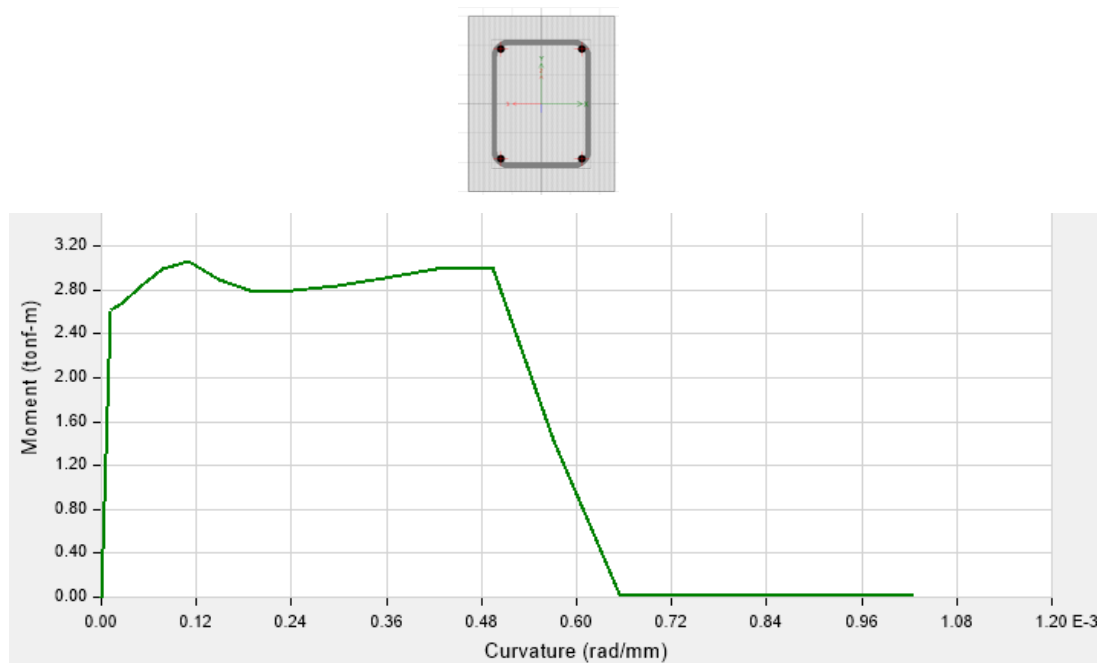
DIAGRAMAS MOMENTO CURVATURA DE COLUMNAS Y VIGAS

Figura 13: Diagrama momento curvatura de columna C40x40.



Fuente: PROPIA

Figura 14: Diagrama momento curvatura de viga V25x30

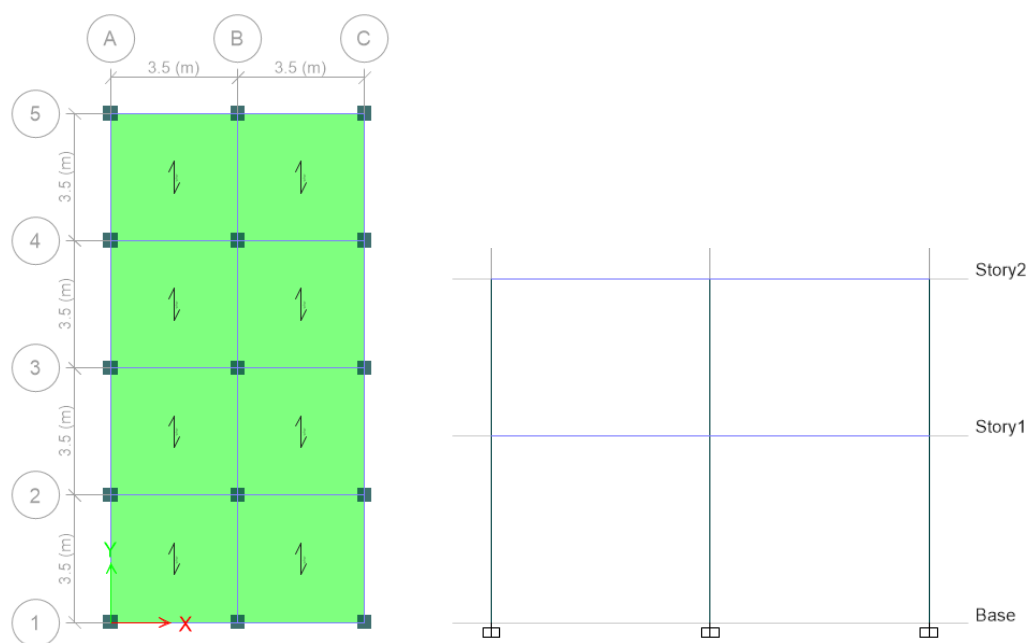


4.2 REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS MEDIANTE ENCAMISADO

ESTRUCTURA DE ESTUDIO

Con el objetivo de poder estudiar las capacidades de reforzamiento de las técnicas de reforzamiento estudiadas, específicamente el reforzamiento de mediante el encamisado de columnas de concreto armado y mediante la aplicación de fibras de carbono, se eligió estudiar el comportamiento de una vivienda unifamiliar construida con base en pórticos de concreto armado, esta edificación es de dos niveles, con alturas de 3.5 m y 2.5 m, para el primer y segundo nivel respectivamente, además las crujiás de típicas de estas edificación tuvieron longitudes de 3.5 m, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**

Figura 15: Vista en planta y elevación de la estructura analizada.



Fuente: PROPIA

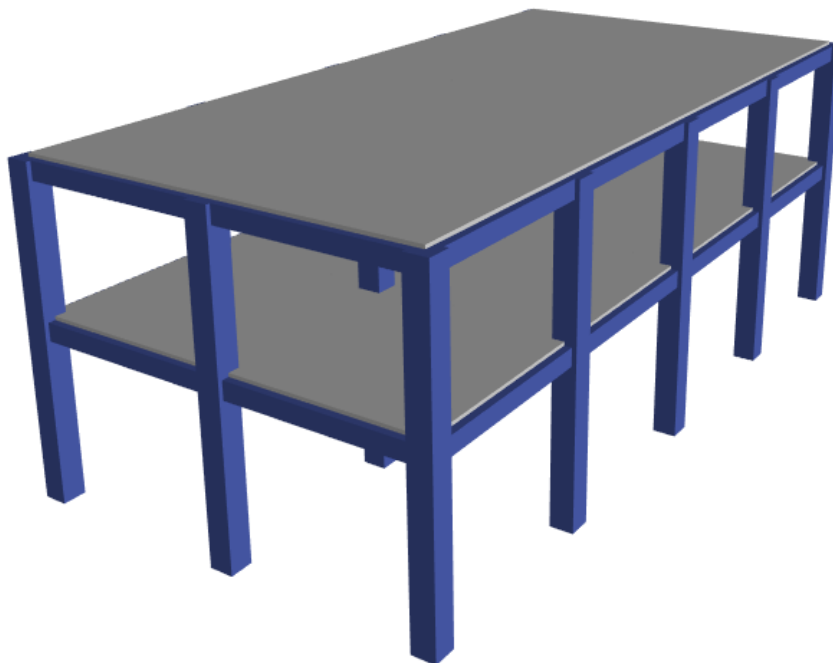
En cuanto a los elementos estructurales, podemos mencionar que esta edificación tuvo columnas cuadradas de 40 cm de lado, en ambos niveles; además las vigas en dirección x e y, tuvieron un peralte de 30 cm, mientras que la base de estas fue de 25cm; con respecto a la losa, podemos mencionar que fueron losas aligeradas de 20 cm de espesor, además de

acuerdo con los procedimientos de construcción usuales en el Perú, podemos inferir que la losa tuvo un peso de 300 kg/m², además se procedió a aligerar esta mediante el uso de ladrillos de arcilla cocida de techo, las que usualmente tienen un peso de 5 kg por cada unidad.

En cuanto a la calidad de los materiales, podemos mencionar que, en el caso del acero, este fue obtenido de fábrica, por tanto este tendrá un esfuerzo de fluencia mínimo de $f_y=4200$ kg/cm²; mientras que en el caso del concreto, podemos afirmar que la calidad de este llegó a ser de 210 kg/cm², esto de acuerdo con la práctica constructiva del país, en el caso de pórticos de concreto armado.

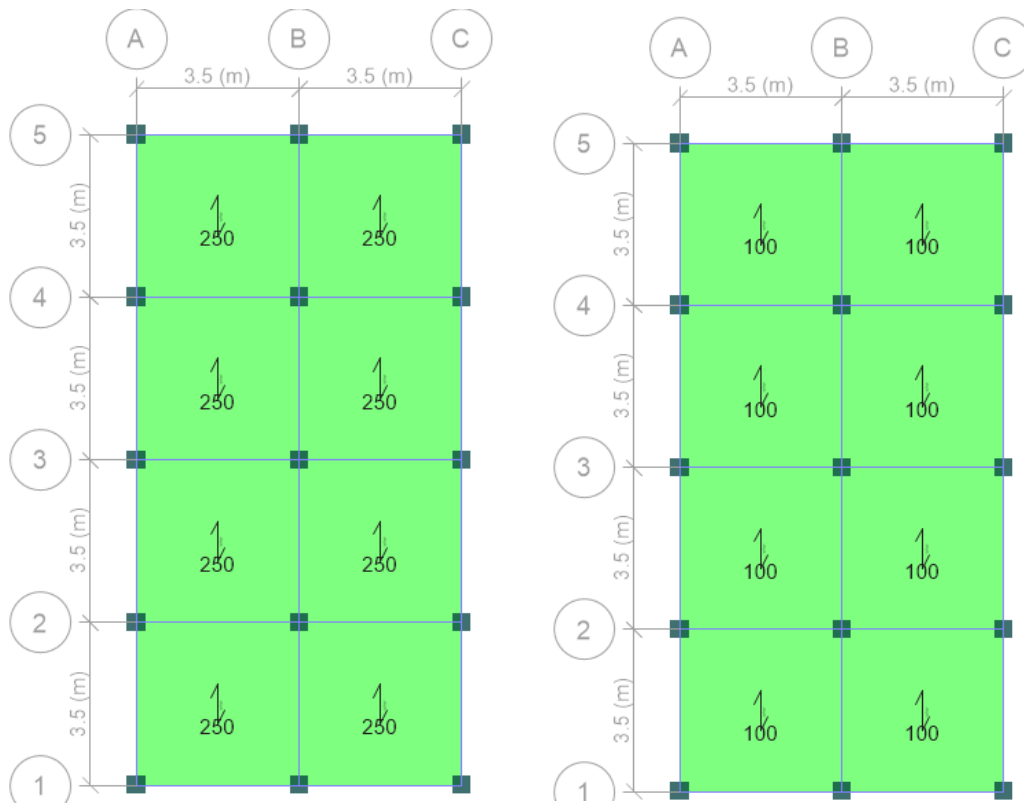
Con la finalidad de poder llevar a cabo un estudio analítico de la estructura considerada, se procedió a modelar esta en un programa de análisis no lineal de estructuras, específicamente el ETABS, el modelo generado en el programa mencionado se muestra en la Figura 16.

Figura 16: Vista tridimensional del modelo generado en ETABS V17



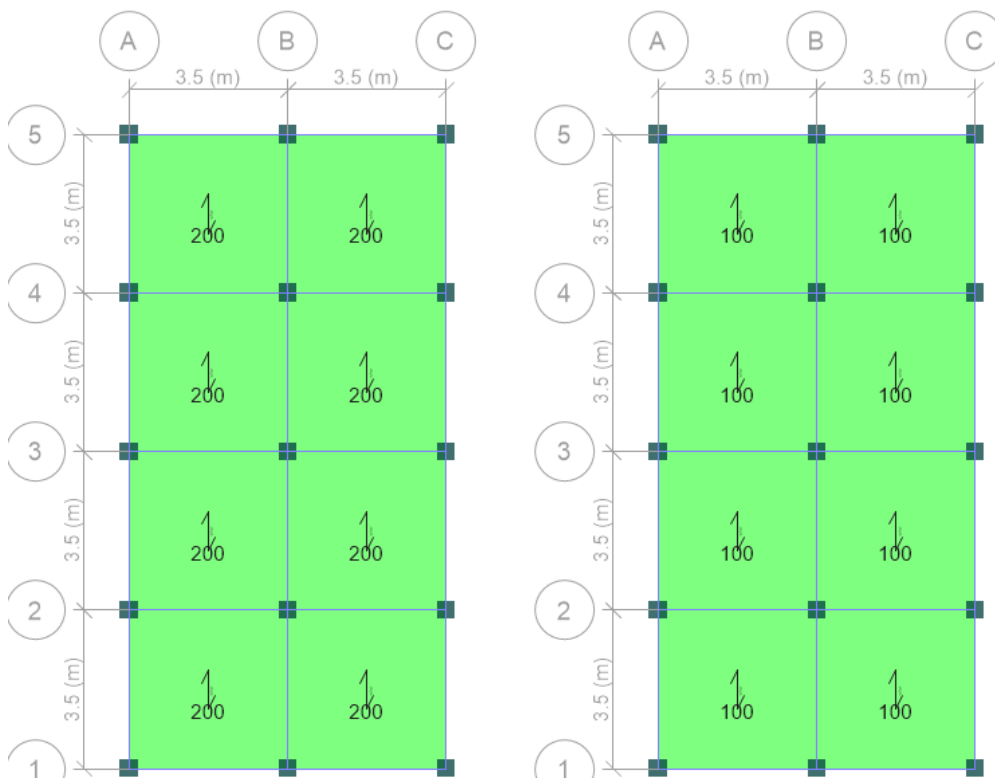
Fuente: PROPIA

Figura 17: Cargas muertas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.



Fuente: PROPIA

Figura 18: Cargas vivas aplicadas en el primer y segundo nivel de la estructura.



Fuente: PROPIA

Las cargas gravitacionales consideradas fueron obtenidas dividiendo estas en dos grupos, en específico, las cargas muertas y las cargas vivas, dentro de las cargas muertas se consideraron aquellas como el peso del acabado y el peso de la tabiquería, que en esta caso fue considerada como tabiquería móvil, puesto que no se conoce con precisión la distribución de esta en la estructura, y aunque el peso propio de la estructura corresponde a esta posición, no se consideró directamente, ya que el programa utilizado es capaz de hacer un cálculo interno y considerarlo; en el caso de las cargas vivas, se consideran todas aquellas cargas que no tienen continuidad con la estructura, es decir que pueden ir y venir durante el periodo de servicio de la estructura, tales como las cargas venidas de los ocupantes, de los muebles, entre otros similares, aunque estas pueden ser metradas de manera manual, en este trabajo usaremos las cargas mínimas requeridas por la norma de cargas del Perú, en este caso, la norma E020.

ANÁLISIS SÍSMICO

De acuerdo con la norma de diseño sísmico del Perú, este tiene un nivel intrínseco de peligro sísmico, caracterizado por los niveles de aceleración dados en la mencionada norma; por tanto es requisito indispensable que las estructuras construidas dentro del territorio nacional, sean analizadas y diseñadas teniendo en consideración la acción de fuerzas inerciales horizontales inducidas por los sismos. Con tal fin, tal norma recomienda el uso del análisis dinámico modal espectral, por ser este un método práctico que permite tener en consideración el aporte de las principales formas de modo; sin embargo, también permite el uso del método de fuerzas estáticas equivalentes, en el caso de edificaciones que tengan menos de cinco niveles, ya que se reconoce que el comportamiento de tales edificaciones, estará dominado por la primera forma de modo, por tanto se pueden prescindir de formas de modo superiores. De acuerdo con esto, en este trabajo se hizo un uso extensivo del método de fuerzas estáticas equivalentes.

CALCULO DE FUERZAS ESTATICAS EQUIVALENTES

Este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas estáticas actuando en el centro de masas de la edificación.

Parámetros sísmicos

z	0.45	Factor de zona: Lima.
s	1.05	Factor de suelo
Tp	0.60	Periodo predominante del suelo
Tl	2.00	
u	1.00	Categoría de la edificación: Vivienda
Ro	8.00	Factor de reducción básico
la	1.00	
lp	1.00	
R	8	Factor de reducción
T	0.26	Periodo de la estructura
C	2.50	Factor de amplificación sísmica

Peso de la edificación

Wd	145.70 Ton	Peso debido a la carga muerta
wl	29.40 Ton	Peso debido a la carga viva
W=wd+0.25wl	153.05 Ton	Peso sísmico

$$V=ZUCSW/R$$

$$V \quad 22.60 \text{ Ton} \quad \text{Cortante estático basal}$$

DISTRIBUCION DEL CORTANTE ESTATICO EN LA ALTURA

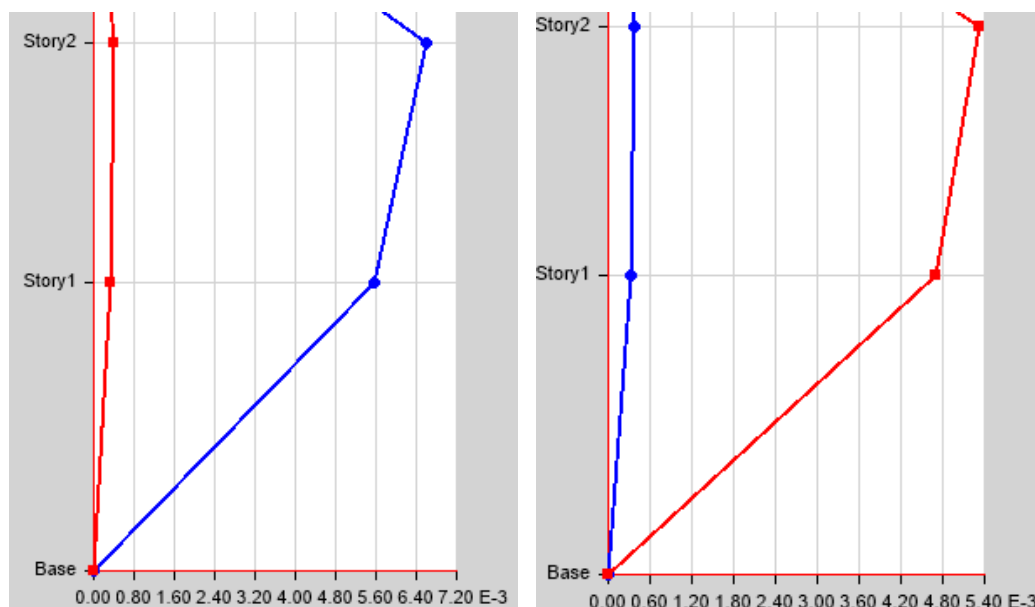
$$k \quad 1.0 \quad \text{Debido a: } T < 0.5s$$

Nivel	h	Wd(Ton)	Wl(Ton)	Ws(Ton)	wh^k	α	F
1	3.00	81.64	19.60	86.54	259.62	0.42	9.38
2	5.50	64.06	9.80	66.51	365.81	0.58	13.22
Σ					625.43		22.60

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

De acuerdo con los resultados del análisis obtenidos, las máximas distorsiones de entrepiso encontradas se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como se pueden ver de esto gráficos, las máximas distorsiones encontradas se encuentran por debajo de las máximas permitidas por la norma E030, en este caso específico de 0.007.

Figura 19: Máximas distorsiones de entrepiso encontradas en la direcciones x e y.



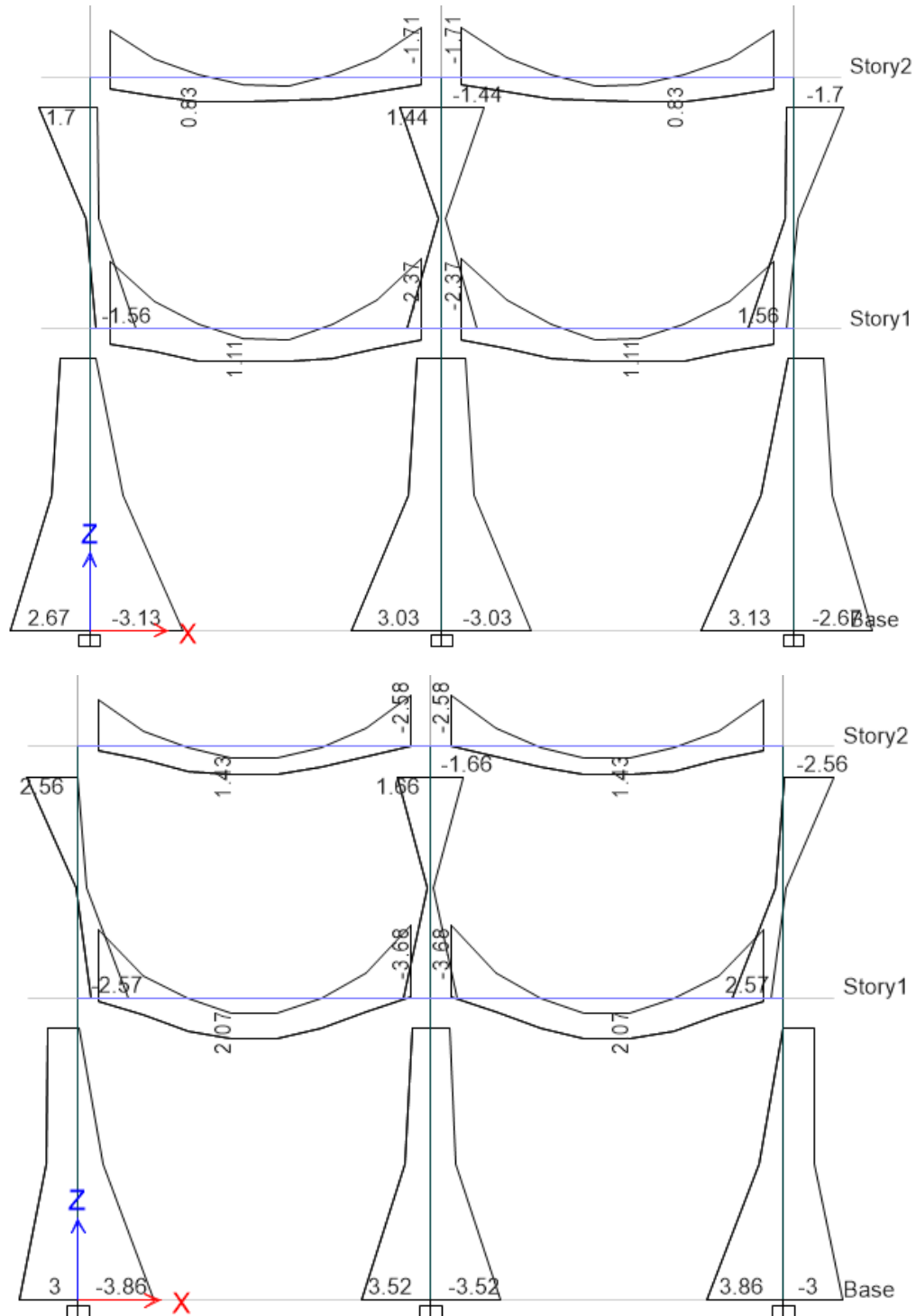
Fuente: PROPIA

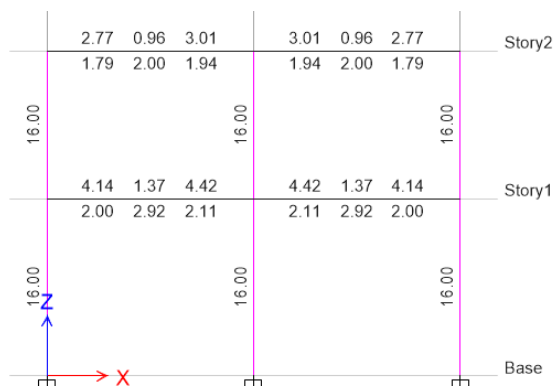
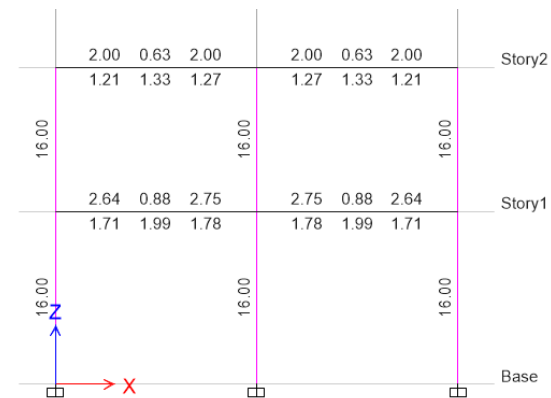
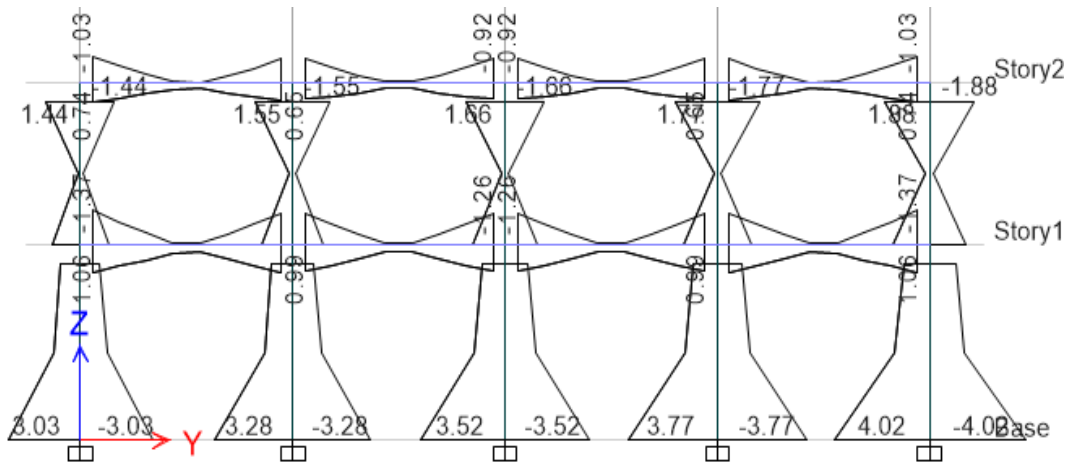
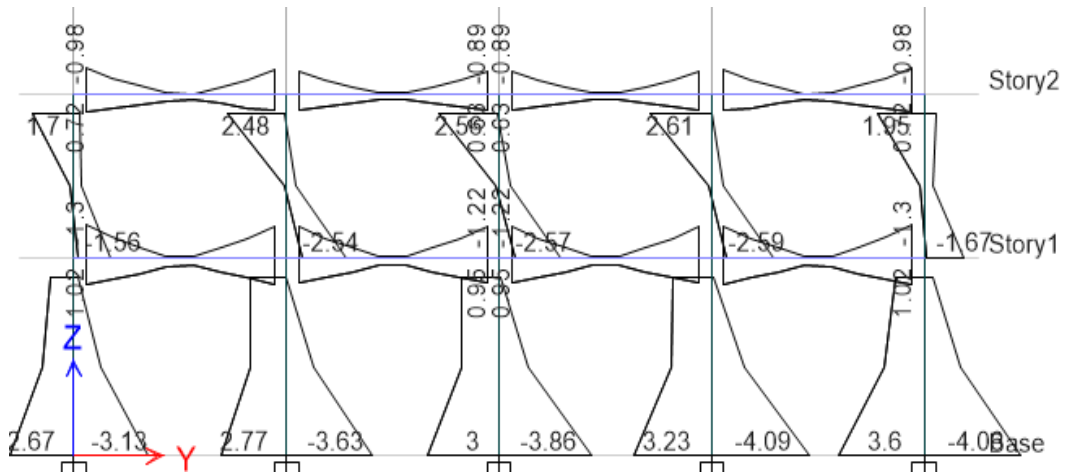
DIAGRAMAS DE FUERZAS INTERNAS

El diseño de elementos de concreto armado se hace considerando las fuerzas internas actuantes en los elementos, en el caso de pórticos de concreto armado armado son de especial importancia los momentos flectores, además de acuerdo con el método de diseño, que en este caso es el método de resistencia ultima, las vigas deben ser diseñadas usando

las envolventes de los momentos flectores, obtenidos usando distintas combinaciones de carga, prestablecidas en la norma de diseño E060 (Concreto armado), las envolventes de momentos flectores encontradas se muestran en los gráficos siguientes.

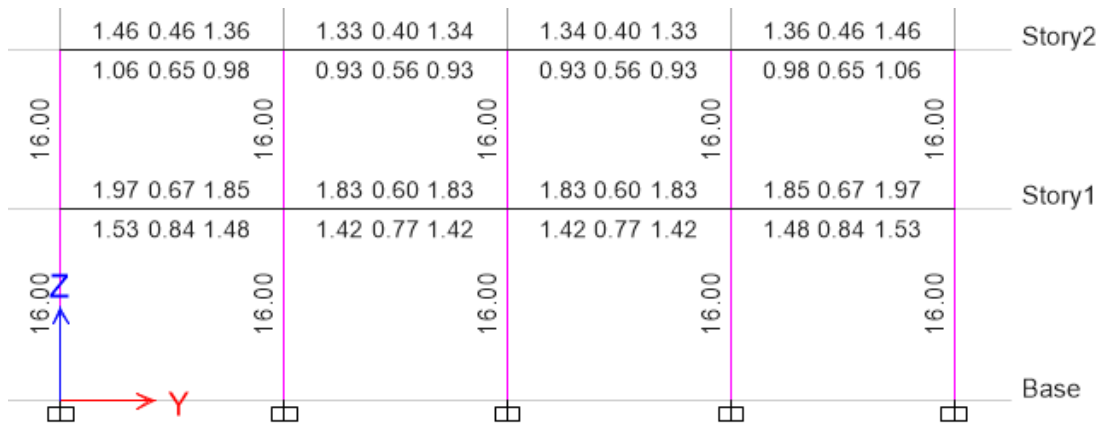
Figura 20: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.





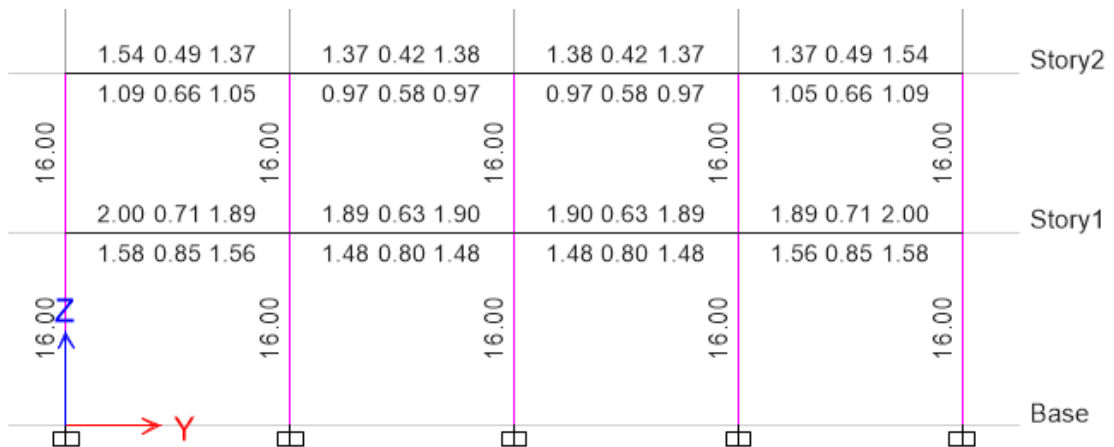
Fuente: PROPIA

Figura 21: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columna, en el eje A.



Fuente: PROPIA

Figura 22: Áreas de acero longitudinal requeridas en viga y columna, en el eje C.

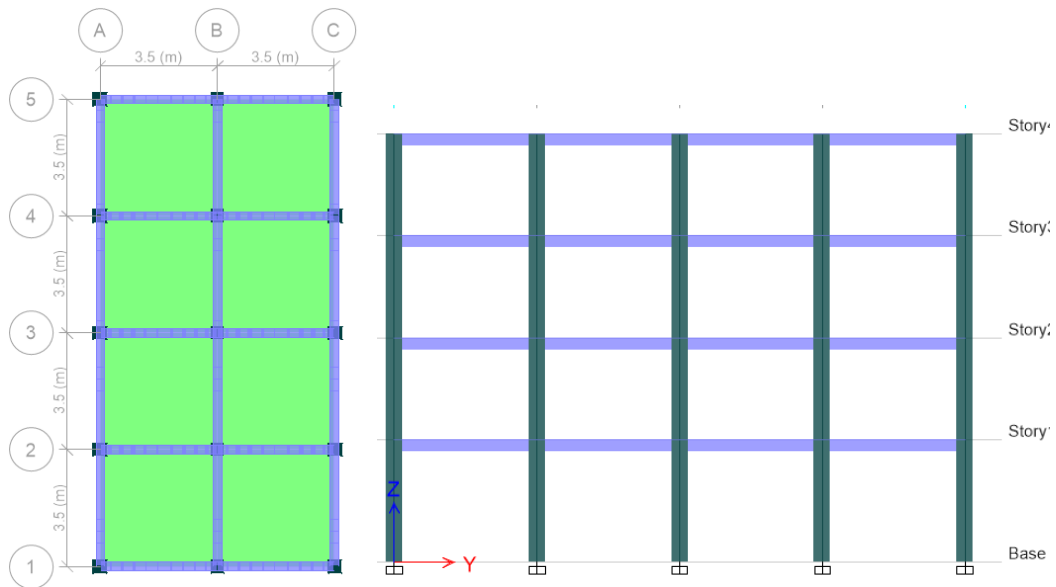


Fuente: PROPIA

INCREMENTO DEL NUMERO DE PISOS

La estructura estudiada en la sección anterior, será sometida a un incremento del número de niveles, esta situación es muy común en la práctica de la ingeniería, en especial en el Perú, ya que muchas veces los integrantes de una familia van incrementándose con el tiempo, lo que se traduce en la necesidad de más áreas techadas.

Figura 23: Vista típica en planta y elevación de la estructura con un incremento del número de niveles.



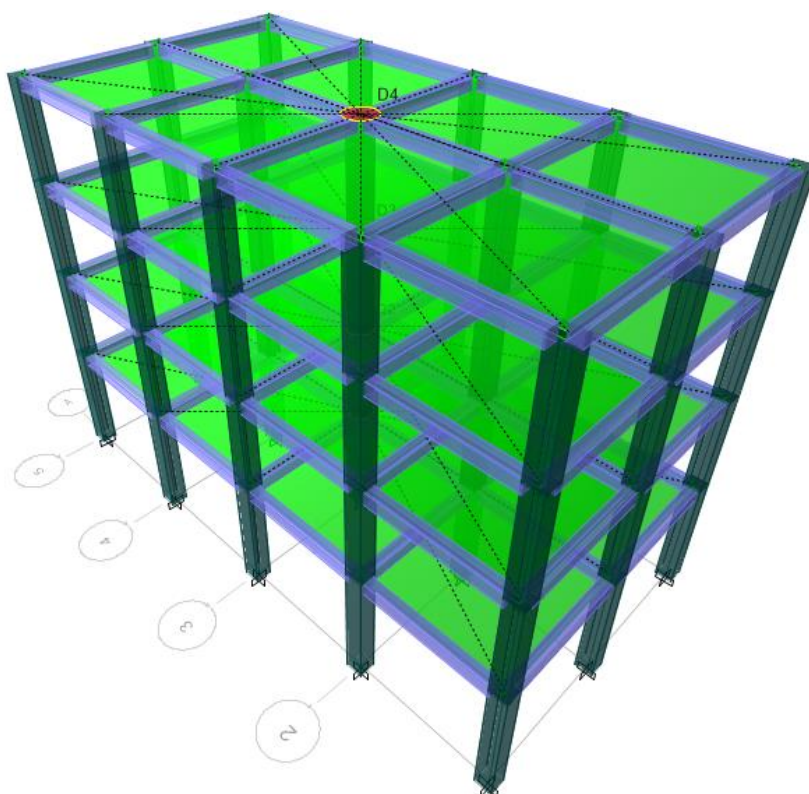
Fuente: PROPIA

Sin embargo, el incremento en el número de pisos, tiene consecuencias directas en el incremento de la masa sísmica, además se incrementarán notablemente las fuerzas axiales y momentos flectores actuantes sobre las columnas de la edificación, los momentos flectores inducidos por los sismos en las vigas, se verán incrementados notablemente, por tanto es necesario realizar un nuevo análisis sísmico de la estructura estudiada.

El efecto de incrementar el número de niveles también tendrá un efecto directo en la flexibilidad de la estructura, ya que en la práctica, es usual que este tipo de estructuras incremente el número de niveles, sin incrementar las secciones de los elementos existentes, lo que termina flexibilizando la estructura de manera notable.

Con la finalidad de poder estudiar el comportamiento dinámico de la estructura analizada, se procedió a realizar un modelo matemático en ETABS, que considera la perniciosa practica de continuar usando las secciones previas al incremento del número de niveles, es decir se consideró que las columnas mantendrían la sección de C40x40 y que las vigas tendrían una sección transversal de V25x30, en cuanto a las cargas gravitacionales aplicadas, se considerará el mismo nivel de cargas muertas y vivas en la edificación.

Figura 24: Vista tridimensional de estructura de cuatro niveles.



Fuente: PROPIA

En cuanto a las fuerzas sísmicas, se usó el procedimiento recomendado por la norma de diseño E030 (E030, 2019), es decir el de fuerzas estáticas equivalentes aplicadas lateralmente a la estructura, los calculo correspondientes se muestran a continuación.

CALCULO DE FUERZAS SISMICAS EQUIVALENTES

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas estáticas actuando en el centro de masas de la edificación.

Parámetros sísmicos

z	0.45	Factor de zona: Lima.
s	1.05	Factor de suelo
Tp	0.60	Periodo predominante del suelo

TI	2.00	
u	1.00	Categoría de la edificación: Vivienda
Ro	8.00	Factor de reducción básico
la	1.00	
lp	1.00	
R	8	Factor de reducción
T	0.55	Periodo de la estructura
C	2.50	Factor de amplificación sísmica

Peso de la edificación

Wd	303.21	Ton	Peso debido a la carga muerta
wl	68.60	Ton	Peso debido a la carga viva
W=wd+0.25wl	320.36	Ton	Peso sísmico

$$V=ZUCSW/R$$

V 47.30 Ton Cortante estático basal

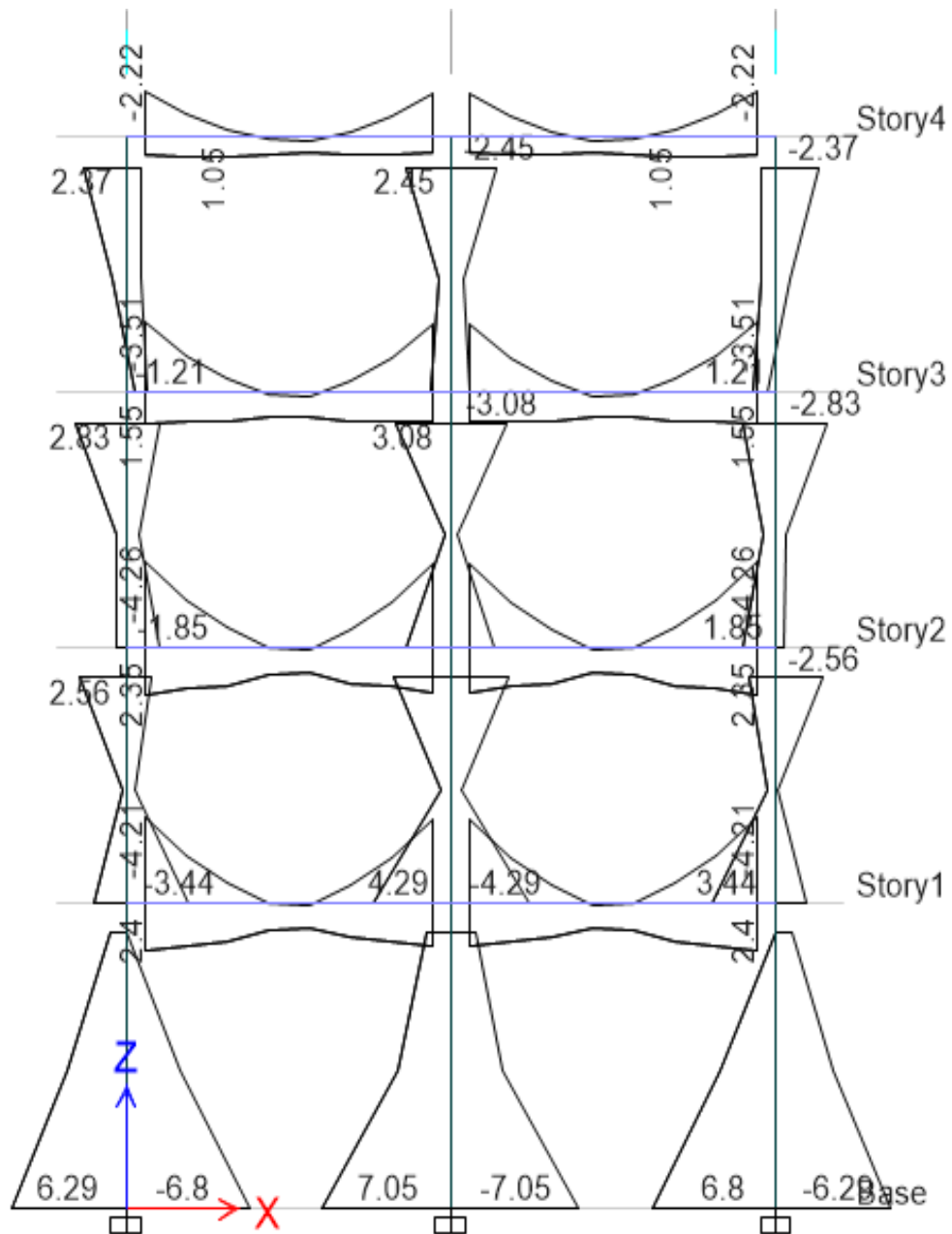
DISTRIBUCION DEL CORTANTE ESTATICO EN LA ALTURA

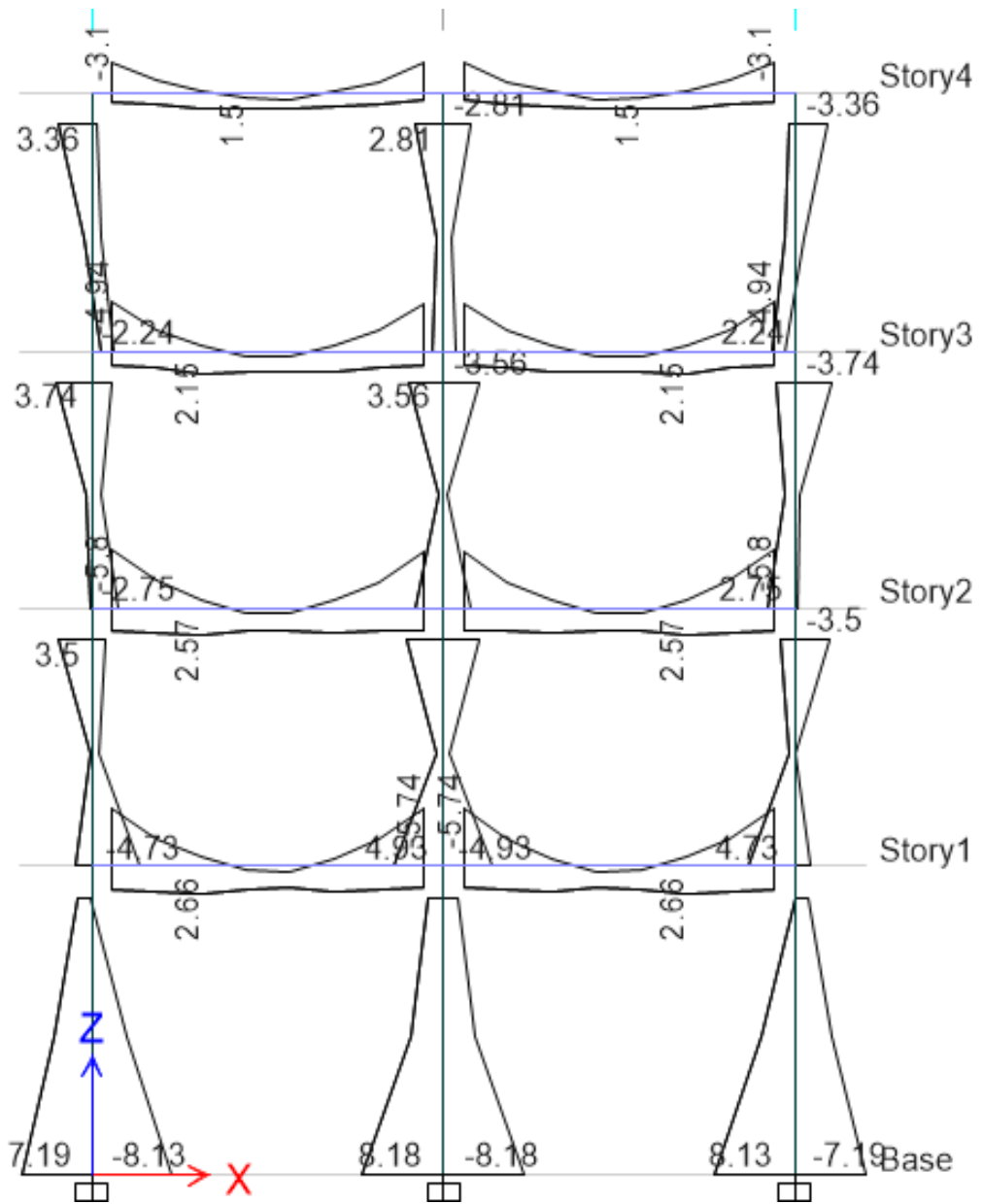
k 1.0 Debido a: T<0.5s

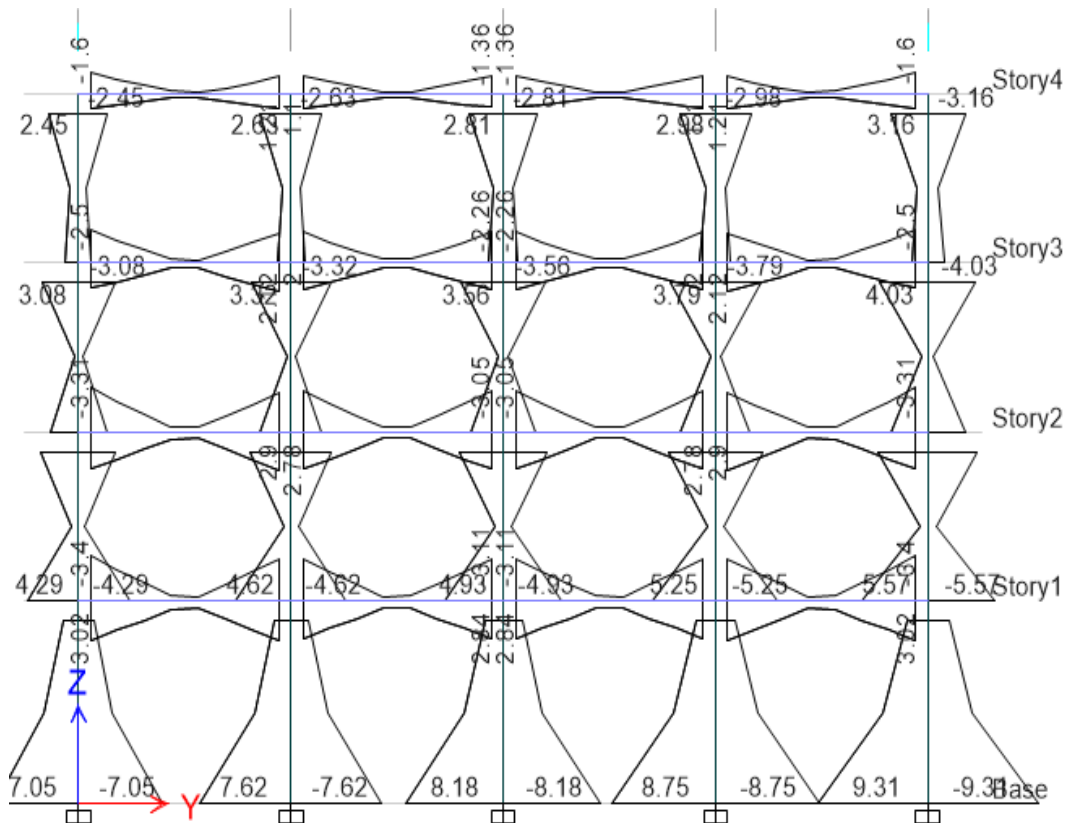
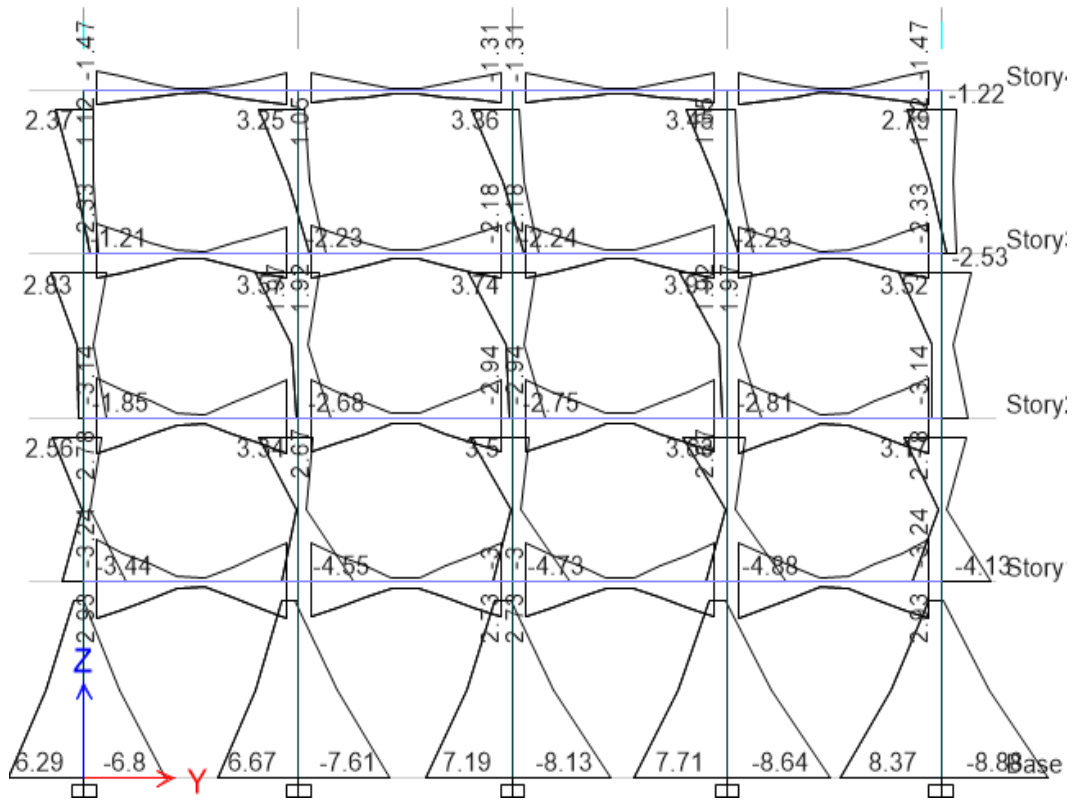
Nivel	h	Wd(Ton)	Wl(Ton)	Ws(Ton)	wh ^k	α	F
1	3.00	81.64	19.60	86.54	259.62	0.12	5.88
2	5.50	78.76	19.60	83.66	460.13	0.22	10.43
3	8.00	78.75	19.60	83.65	669.20	0.32	15.17
4	10.50	64.06	9.80	66.51	698.36	0.33	15.83
Σ					2087.31		47.30

RESULTADOS DEL ANALISIS

Figura 25: Áreas de acero requeridas en vigas y columnas, ejes 1 y 3.





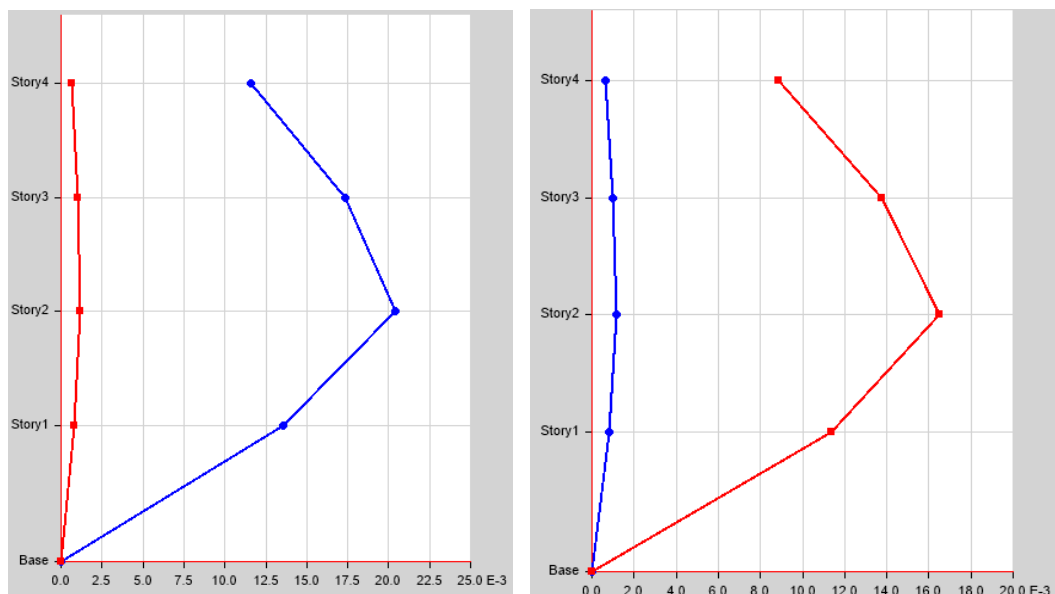


Fuente: PROPIA

MAXIMAS DISTORSIONES DE ENTREPISO

Los resultados del análisis sísmico, con las consideraciones mencionadas, han arrojado los resultados mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como podemos ver de estos resultados las distorsiones máximas en la dirección x tuvieron un máximo de 20 por mil, mientras que la distorsión máxima en el eje y fue de 17 por mil; es decir que en el primer caso tenemos que la máxima deriva encontrada en x tuvo un valor de casi tres veces el máximo permitido, mientras que en la dirección y, la máxima distorsión tuvo un valor máximo de 2.4 veces el máximo permitido.

Figura 26: Máximas distorsiones de entrepiso, cuando se aumentaron dos niveles adicionales.

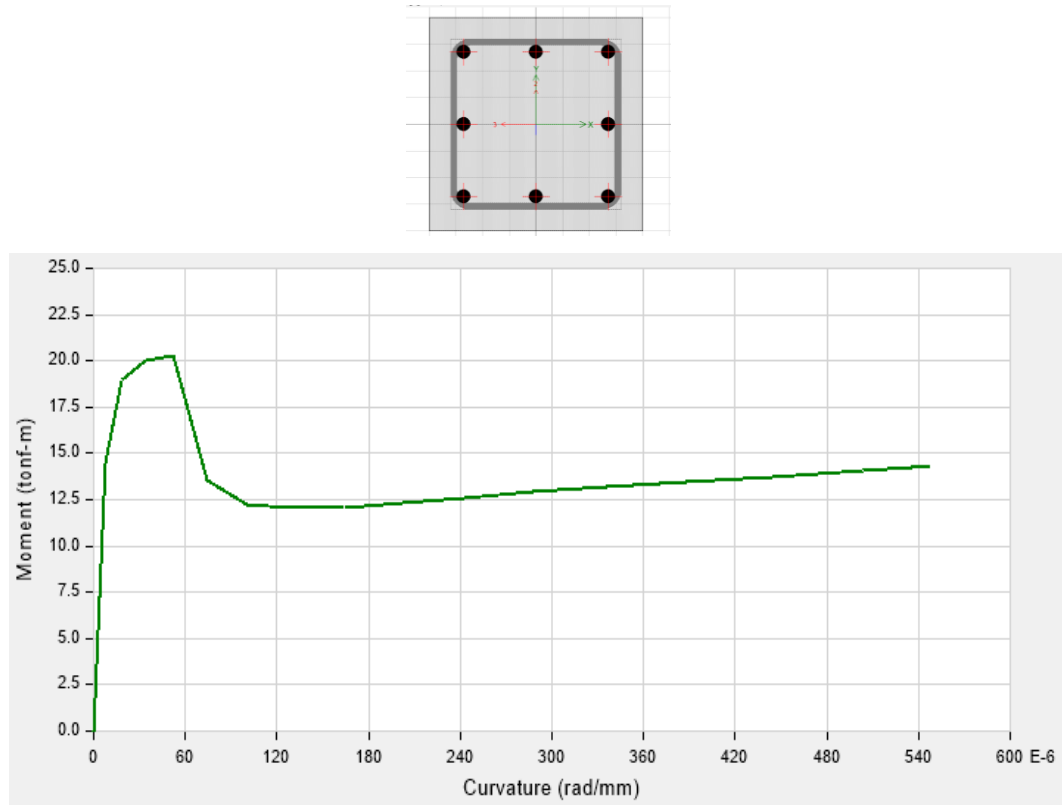


Fuente: PROPIA

El hecho mostrado demuestra que para imprimir el número de niveles de una edificación, también se deben incrementar las secciones de los elementos estructurales, tales como columnas y vigas, ya que de lo contrario, la estructura tiende a flexibilizarse peligrosamente.

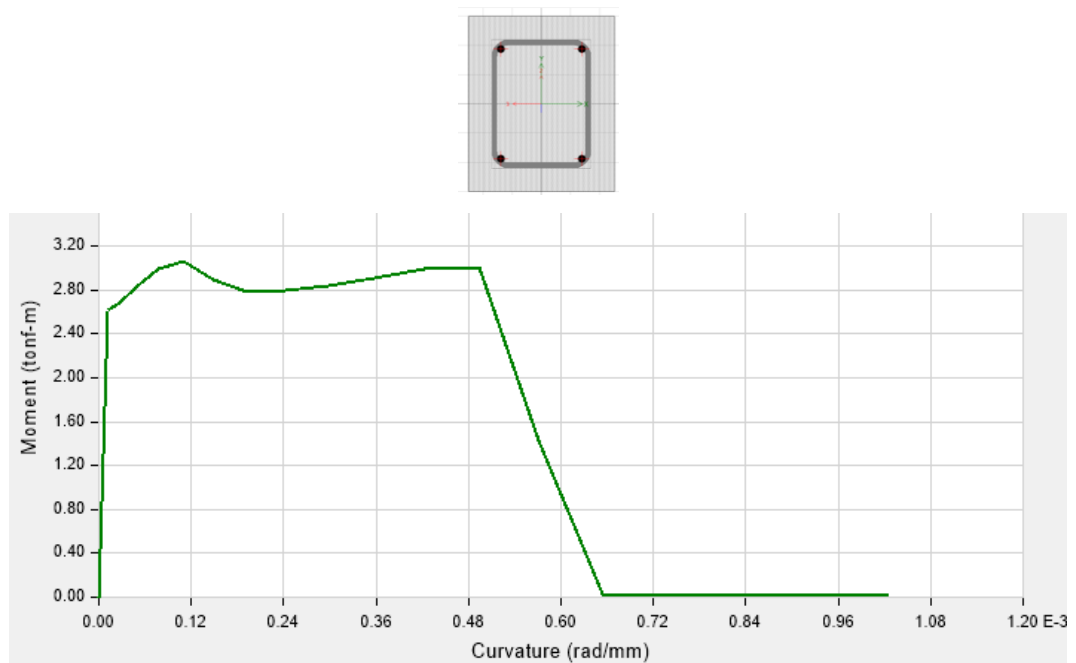
DIAGRAMAS MOMENTO CURVATURA DE COLUMNAS Y VIGAS

Figura 27: Diagrama momento curvatura de columna C40x40.



Fuente: PROPIA

Figura 28: Diagrama momento curvatura de viga V25x30



4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1 TIPOS DE MATERIALES A BASE DE FIBRAS

Cuando se habla de materiales compuestos con fibras, podemos pensar en una gran cantidad de productos elaborados a partir de diferentes tipos de materiales. En general, podemos encontrar tres variedades en el uso de las fibras, fibras sueltas que se le adicionan al concreto, materiales pre conformados, y tejidos a base de fibras. En este estudio, se usaron tejidos a base de fibras.

Las fibras sueltas se han usado para aumentar la resistencia del concreto principalmente ante cambios volumétricos; no obstante, también se han obtenido buenos resultados con fibras de alta resistencia empleadas como refuerzo a cortante en vigas de acoplamiento como lo demuestran los estudios experimentales realizados por Parra Montesinos (2005). El método de aplicación de estas fibras consiste en colocarlas durante el proceso de fabricación del concreto, lo cual propicia un acomodo en todas direcciones de las fibras, lo que a su vez provoca cierto aumento en la resistencia del elemento. Los materiales pre conformados pueden encontrarse en forma de barras de refuerzo que pueden ser empleados en lugar del acero o bien en forma de placas que se colocan en elementos existentes con el fin de rehabilitar o reforzar dichos elementos; finalmente encontrarnos los materiales compuestos hechos a base de tejidos de fibras, los cuales se presentan en este estudio; estos materiales se colocan de igual manera que ciertos materiales compuestos pre conformados, y su uso es para la rehabilitación y reforzamiento.

4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS

Existen tres tipos principales de fibras, las cuales es posible utilizar para reforzar elementos de concreto que han sufrido daño o que presentan deficiencias; en primer lugar se tienen las fibras de vidrio cuya resistencia a tensión está entre 1900 y 4800 MPa, seguidas por

las fibras de aramida las cuales tienen una resistencia a tensión entre 3500 y 4100 MPa, y finalmente las fibras de carbono cuya resistencia a tensión oscila entre 2100 y 6000 MPa. La fibra de vidrio, al tener una resistencia relativamente baja, aporta pocos beneficios como refuerzo, en tanto que las fibras de aramida son económicamente prohibitivas y difíciles de conseguir comercialmente; por lo tanto, la opción más factible es el refuerzo con las fibras de carbono, las cuales se encuentran disponibles comercialmente y tienen una resistencia superior a las demás. En la tabla 2.2.1 se presentan las características de las fibras antes mencionadas. Las fibras de carbono (CFRP), formadas a partir de un copolímero (poliacrilonitrilo) y mediante una gran aportación de energía en forma de calor (hasta 2000 °C), se han usado desde ya hace varios años en la industria aeronáutica y espacial como material idóneo por su bajo peso y alta resistencia. Fue hasta la década de 1990 cuando los costos de producción de estos materiales permitieron su empleo en otros sectores de la industria como son el de la construcción y se observó que este tipo de materiales, aporta grandes beneficios al incrementar las características de resistencia y de desplazamiento de elementos de concreto reforzado; es por eso que el uso de CFRP es cada vez más común como sistema de reforzamiento adicional en la rehabilitación en las estructuras.

Las fibras de carbono pueden ser rígidas o flexibles y generalmente vienen en dos presentaciones: en forma de tejidos en los cuales entre el 95 y 98 % de las fibras están orientadas en la dirección longitudinal y entre un 2 y un 5% están orientadas en la dirección transversal con la finalidad de mantener unidas a las primeras; la otra presentación es en forma de placas rígidas las cuales son elementos laminados en los que se encuentran las fibras y la matriz. Este tipo de elementos rígidos tienen espesores entre 1.2 y 1.4 mm y anchos de 5 a 20 mm; para el presente estudio, se emplearon las fibras flexibles en tejido. En la figura 29 se puede observar la apariencia de este tejido.

Figura 29: Presentación de las láminas de fibra de carbono



4.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ DE POLÍMEROS

Como se ha dicho antes, un material compuesto se compone de dos o más elementos que, en el caso de las CFRP, son la matriz y las fibras. Se ha explicado en la sección anterior la importancia y las características principales de las fibras, las cuales representan una parte esencial en el buen comportamiento y desempeño de este tipo de refuerzo; sin embargo, no debemos pasar por alto la importancia que tiene la matriz de polímeros que se emplea para hacer funcionar el sistema de refuerzo adicional como un solo elemento. Un polímero se define como una larga cadena de moléculas que tienen una estructura química similar.

El empleo de este material permite tener un compuesto con propiedades mecánicas superiores a las que se tendrían con el acero, principalmente por tener módulos de elasticidad mayores. La función de la matriz de polímeros dentro del material compuesto es la de transferir los esfuerzos entre la estructura a la cual está adherida y las fibras que sirven de refuerzo; así mismo, protege a las fibras de los posibles daños mecánicos y ambientales; para el caso de las cargas axiales, la matriz impide que las fibras presenten pandeo. No obstante las ventajas que poseen estos materiales, existen algunos aspectos que hay que tener en consideración cuando se emplean este tipo de materiales, ya que sus características se ven fuertemente afectadas por los cambios en la temperatura ambiental y por la velocidad de aplicación de carga. Existen tres clases de resinas poliméricas que

pueden usarse para formar la matriz de un material compuesto, estas son:

- *Resinas de polyester*: Estas resinas son usadas en la elaboración de grandes elementos compuestos para estructuras y se presentan como líquidos viscosos. Para su uso y aplicación se requiere del empleo de aditivos o procesos de tratamiento que le permitan alcanzar un nivel de fluencia adecuado, por tanto no son una opción viable para la rehabilitación y el reforzamiento adicional de estructuras.

- *Resinas de vinil*: Tienen características similares a las resinas de polyester, tienen mejores características debido a su dureza, mayor flexibilidad y mejor comportamiento ante ambientes agresivos como en los que predominan altas concentraciones de álcalis; sin embargo su costo es mayor que las resinas de polyester y sus características no son tan buenas como las que presentan las resinas epóxicas; no obstante, se considera una buena alternativa para su aplicación en técnicas de reforzamiento adicional para las estructuras de concreto.

- *Resinas epóxicas*: Estas resinas están disponibles en una gran variedad de viscosidades, lo que les proporciona atributos que pueden ser útiles en una gran variedad de circunstancias. También se pueden combinar con aditivos para mejorar su viscosidad. Tienen una excelente resistencia contra productos químicos y solventes, y también presentan una mejor adherencia entre fibras y tienden a no encogerse, por lo que estas resinas son más empleadas para el reforzamiento de estructuras debido a las características antes mencionadas; no obstante su costo es superior (casi el doble) al de las resinas de polyester.

Figura 30: Presentación de la resina epoxica.



4.3.4 LA COLOCACIÓN DE LAS FIBRAS

La técnica más usada para la colocación de las fibras se realiza manualmente y consiste en la colocación de los tejidos (o placas rígidas), según sea el caso, sobre la superficie del elemento de concreto a reforzar, que previamente se ha liberado de cualquier impureza de pintura o material que lo cubra, las aristas de los elementos con geometrías rectangulares se desbastan y se impregna todo el elemento con una capa de la resina; seguidamente se procede a colocar la primera capa de fibra sobre la capa de resina; se le pasa un rodillo para eliminar cualquier irregularidad o la presencia de aire entre las fibras y el elemento en rehabilitación; hecho esto se procede a colocar otra capa de resina y las capas siguientes de fibras si fuera necesario. En la figura 2.4.1 se muestra la colocación de la fibra sobre el espécimen de estudio. Existen otros métodos para la colocación de las fibras sobre los elementos de concreto, tales como las que emplean maquinaria especializada para la colocación de las fibras sobre los elementos rehabilitados, el presfuerzo de las fibras antes de su colocación, el uso de fibras ya conformadas, el uso de sistemas de tratamiento a base de calor, la aplicación de fibras por medio del vacío o la aplicación por medios mecánicos (pernos); sin embargo, en este estudio nos referiremos a la técnica que se emplea en México que es la colocación manual de las fibras.

4.3.5 TIPOS DE REFUERZO

Las CFRP pueden usarse para reforzar estructuras que están sometidas a diferentes tipos de carga, ya que dependiendo de la dirección de su colocación, se pueden orientar las fibras en la dirección que sea más adecuada para el reforzamiento o rehabilitación; es decir, se pueden orientar las fibras para alcanzar una mayor capacidad por flexión, o bien se pueden orientar de modo que se alcance una mayor resistencia ante fuerzas cortantes; también, se pueden colocar de forma que se tenga la mayor capacidad de desplazamiento de los elementos o de manera que se tenga el mayor

confinamiento de los elementos. En el presente estudio solo se analizará el caso de refuerzo por cortante.

4.3.5.1. Refuerzo por flexión

Se puede lograr un refuerzo por flexión más eficaz en vigas y losas mediante la colocación de las fibras en dirección paralela a la de los esfuerzos de tensión generados en este tipo de elementos.

En este tipo de refuerzo hay que tener en cuenta que se pueden presentar dos modos de falla, uno en el que el concreto en la zona de compresión llegue a su límite y por tanto se aplaste al mismo tiempo que se genere una falla en la zona de tensión que es donde se encuentra el material compuesto (CFRP); y otro en el que las fibras colocadas en la zona de tensión fallen por desprendimiento del adhesivo; para que esta última falla no suceda es necesario tomar en consideración en el diseño del refuerzo, la longitud de desarrollo de la banda de fibra para que no ocurra un desprendimiento prematuro de ésta, así mismo, en algunos casos también conviene colocar anclas de fibra en el concreto para aumentar la adherencia de los tejidos de fibra con el concreto. La forma de colocación de estos elementos se ilustra en la figura 31

Figura 31: Colocación de refuerzo por flexión (fuente equipo técnico Sika Carbodour)



4.3.5.2 Refuerzo por cortante

La capacidad por cortante de una columna o de un muro de cortante se puede incrementar con el uso de CFRP colocándolas en la dirección de los estribos; esto provoca el mismo efecto que el colocar estribos internos en el elemento, sin embargo, las ventajas son mayores ya que debido a la naturaleza de CFRP no se tienen problemas de corrosión, y no se necesita remover el concreto ni realizar un proceso complicado para su colocación. Si bien se sabe que los esfuerzos de tensión diagonal actúan con un ángulo de 45° con respecto al eje axial del elemento, es más cómodo y práctico colocar el refuerzo de fibras orientadas en dirección perpendicular al eje axial, (además esto proporciona un refuerzo adecuado si se invierte el sentido de los esfuerzos). En vigas se puede colocar este refuerzo en forma de “U” o bien usar un refuerzo cerrado (en forma de “O”). En el caso de las columnas, se pueden colocar los refuerzos cubriendo toda la longitud de la columna con las fibras o en bandas con una separación entre cada una de ellas dictada por el diseño previo.

Figura 32: Refuerzo por cortante (Fuente equipo técnico Sika Carbodour)



4.3.5.3 Confinamiento

Se puede conseguir un aumento en la capacidad de carga axial en columnas si se colocan las fibras alrededor de las mismas en toda su longitud; esto conduce a que el concreto esté mejor confinado y por tanto la capacidad de carga axial de la columna es significativamente aumentada, respecto a su capacidad de carga original; este reforzamiento adicional permite obtener una mayor capacidad de desplazamiento lateral, ya que se retrasa el aplastamiento del concreto en la unión con las vigas o losas.

4.3.6 REGLAMENTACIÓN Y FILOSOFÍAS DE DISEÑO

Existen diversos reglamentos en todo el mundo que contemplan el empleo de materiales compuestos (como son los tejidos de fibra de carbono), como opción de reforzamiento; sin embargo, aquí analizaremos el que tiene más influencia en México, que es el reglamento del ACI. El reglamento del ACI, plantea una filosofía de diseño con base en los niveles de esfuerzo y deformación que sufren las fibras con el concreto y el equilibrio de fuerzas en estos elementos; así mismo, plantea ecuaciones en las cuales se pone énfasis en las características a tensión de las fibras y no en las fibras que trabajan sometidas a compresión. En lo que se refiere a las bandas pegadas superficialmente a elementos, que son las estudiadas en éste trabajo, la forma de diseño sigue más o menos los mismos lineamientos considerando también efecto de la adherencia con el concreto, principalmente en los puntos donde inician o terminan las bandas de fibra. En reglamentos europeos, el uso de los materiales compuestos como método de rehabilitación ha sido empleado desde hace varios años; por tanto, se han obtenido fórmulas basadas en la experimentación, que al igual que las empleadas por el ACI están desarrolladas a partir de la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones de los materiales y el equilibrio de fuerzas externas e internas; las expresiones planteadas en estos reglamentos no serán analizadas ni empleadas en este estudio. En México, las Normas Técnicas Complementarias del RCDF no plantean ecuaciones para

hacer diseños con fibras de carbono, pero existe la posibilidad de usar expresiones que puedan estar incluidas en otros reglamentos reconocidos.

4.3.7 PROCESO DE REHABILITACION DE LA MANERA

TRADICIONAL Según (Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección, 2003), la calidad de la rehabilitación, depende en gran parte de la preparación y limpieza de la zona, por lo que se debe realizar con mayor cuidado, utilizando materiales apropiados y la mejor técnica constructiva para cada caso. Es indispensable conocer cada uno de los procesos que se tienen que dar en este tipo de rehabilitación para que la estructura pueda continuar siendo funcional y para poder cumplir con todo lo expuesto en el reglamento de construcción. Es importante tener en cuenta que para asegurar una buena rehabilitación la interface que se forma entre el hormigón existente y el nuevo debe poseer suficiente capacidad para desarrollar las propiedades mecánicas bajo las cuales se fundamenta el análisis estructural. Y además se debe asegurar que el acero de refuerzo, desarrolle los esfuerzos propios derivados de las condiciones de diseño. Para esto es necesario tener en cuenta que el personal que realice la rehabilitación debe estar debidamente calificado y preparado para este tipo de actividad.

4.3.7.1 Revisión y preparación de los elementos estructurales

Esta parte consiste en todos los procedimientos que se debe realizar a los elementos estructurales antes de la limpieza de la superficie y de la colocación del nuevo concreto. Este proceso consiste en la delimitación de la zona a reparar, seguido de la escarificación dejando totalmente expuesto el acero más superficial.

4.3.7.2 Limpiezas de las superficies.

Este procedimiento consiste en todo el conjunto de tareas que se deben realizar a los elementos estructurales antes de la aplicación de

los materiales de la reparación. Entre los métodos de limpieza más utilizados se tiene, *chorro de agua fría a alta presión*. Este método se utiliza cuando se necesita hacer limpieza a grande y pequeñas áreas, de igual forma existen equipos de chorros de agua a baja presión, chorros de aire de alta y baja presión, solventes volátiles entre otros. Es indispensable que esta paso se realice a la perfección para que la adherencia entre el material de reparación y el existente se pueda de la mejor manera.

4.3.7.3 Procedimiento de colocación del material de reparación

Este proceso es uno de los últimos y más importantes, consiste en el vaciado del material de reparación dentro del volumen o cavidad preparada. Existen muchos métodos para este proceso pero sin lugar a duda generan muchos traumatismos, pérdida de tiempo y mucha mano de obra. Es importante verificar mucho antes del proceso de colocación del material de reparación, que las barras de acero no se encuentran muy deterioradas debido a estar expuestas por mucho tiempo. De ser así se le deben unos tratamientos a las barras para luego si continuar con la colocación del material. Existen otros métodos como el *Dry Packing, empaquetamiento seco*, el cual consiste en la colocación del material de reparación en forma manual, mediante el apisonamiento de capas sucesivas dentro del volumen o cavidad preparada. De igual forma existen otros métodos como *Concreto Lanzado vía seca, Agregado precolocado y grouting, Encofrado* y *bombeo*, y *Concreto lanzado vía húmeda*. Estos métodos son muy utilizados y recomendados pero de igual forma requieren de mucha mano de obra, generan mucho traumatismo y muchos costos. Para todos estos procedimientos es importante contar con un personal calificado el cual asegure que la rehabilitación quede de la mejor manera.

4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Para el desarrollo del presente estudio se realizó el trabajo de campo necesario, con la visita de casa por casa y poder constatar que efectivamente que las casas visitadas el 90% de las viviendas fueron autoconstruidas, y en algunos casos módulos de vivienda realizados por el Banco de Materiales en la cual pudimos constatar la sección de la viga en estudio que no cumplen con el reglamento de edificación más aun ni siquiera el predimensionamiento esencial con el cual se determina el peralte de una viga, así mismo también se pudo constatar la cantidad de acero con la que fueron trabajados que tampoco cumplen con los cálculos respectivos de acuerdo al reglamento de edificaciones vigentes. También se pudo apreciar la precariedad de estas viviendas a porticadas unifamiliares por lo que pudimos concluir que la investigación que se viene realizando de reforzar la viga de concreto armado mediante los métodos de láminas de fibra de carbono y/o encamisado de la misma tranquilamente pueden ser utilizados, lo cual lo demostraremos con los cálculos respectivos mediante el programa etabs, y las hojas de cálculo en Excel.

OBTENCION DEL COEFICIENTE DE REBOTE MEDIANTE EL USO DEL ESCLEROMETRO.

Mediante el uso del esclerómetro obtenemos el coeficiente de rebote para luego determinar la resistencia a la compresión de la viga de concreto armado (f'_c), como lo mostramos a continuación.

Tabla 1°: Procedimiento para encontrar la Resistencia a la compresión de la viga de concreto armado

35	28	30	34
39	32	36	29
40	38	34	30
42	35	32	29

De estos datos obtenidos con el uso del esclerómetro que son los coeficientes de rebote década impacto realizado según se muestran en el panel fotográfico, procedemos a descartar los tres valores más altos y los tres valores más bajos, con lo que nos quedaremos con 10 valores. Delos cuales haciendo en un simple promedio aritmético nos quedamos con el valor promedio que es la que al final representara nuestro coeficiente de rebote final, es con este valor que tomaremos la lectura del mismo esclerómetro y teniendo en cuenta el ángulo con la que usamos el esclerómetro , en este caso será de cero grados por que el esclerómetro fue usado de forma horizontal, ahí podemos observar que la resistencia a la tracción del concreto de la viga es de 175kg/cm², es con este dato muy importante que realizaremos el análisis del elemento estructural en estudio.

Así mismo para el presente estudio se decidió realizar 2 análisis:

En el primer caso: se realizó el análisis y diseño de la edificación existente según la norma vigente E-030 de concreto armado mediante el programa etabs de la edificación VIVIENDAS UNIFAMILIARES APORTICADAS HASTA DOS NIVELES EN EL DISTRITO DE AMARILIS existente con sus respectivas características se procedieron a cargar en el programa los materiales y las secciones de los elementos estructurales de la edificación materia de estudio para lo cual, consideramos un material de baja resistencia con un concreto armado de 175kg/m² obtenidos mediante el uso del esclerómetro con respecto a las secciones de las vigas se consideró las ya existentes

que son de 25x20cm, como se muestran en la tabla 2,3 respectivamente.

Tabla 2°: Propiedades del concreto de 175kg/m²

Material Property Data	
Material Name	CON175
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.2448
Weight per unit Volume	2.4026
Modulus of Elasticity	198431.34
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06
Shear Modulus	82679.725
Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009)	
Specified Conc Comp Strength, f'c	1750
Bending Reinf. Yield Stress, fy	42184.178
Shear Reinf. Yield Stress, fys	42184.178
Lightweight Concrete	<input type="checkbox"/>
Shear Strength Reduc. Factor	

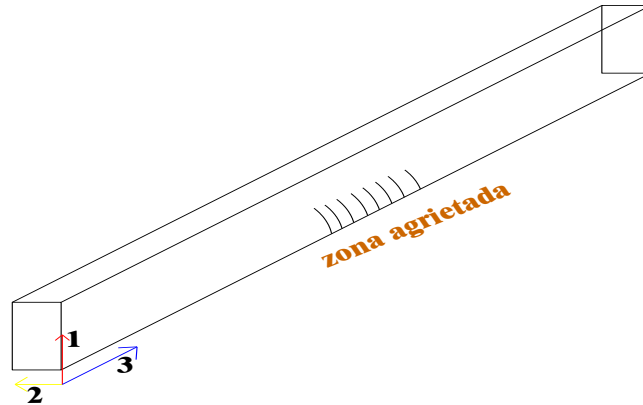
Tabla 3°: Sección de viga 0.25x0.20m

Rectangular Section	
Section Name	VIGA25X25
Material	CON175
Dimensions	Depth (t3): 0.25, Width (t2): 0.25
Concrete	Reinforcement...
Display Color	Green

Otra de las consideraciones de mucha importancia es considerar el control de agrietamiento, el momento de inercia en la dirección 3 ya que en este sentido va a trabajar nuestra viga a tracción, teniendo conocimiento que el concreto no trabaja a tracción nos obliga a reducir el coeficiente en esta dirección a 0.5 esta consideración nos permitirá que el programa nos arroje un momento muy alto que se si se tratara de realizar el diseño implicaría un incremento de acero a tracción, pero en nuestro caso ya el acero en las vigas existen por lo que

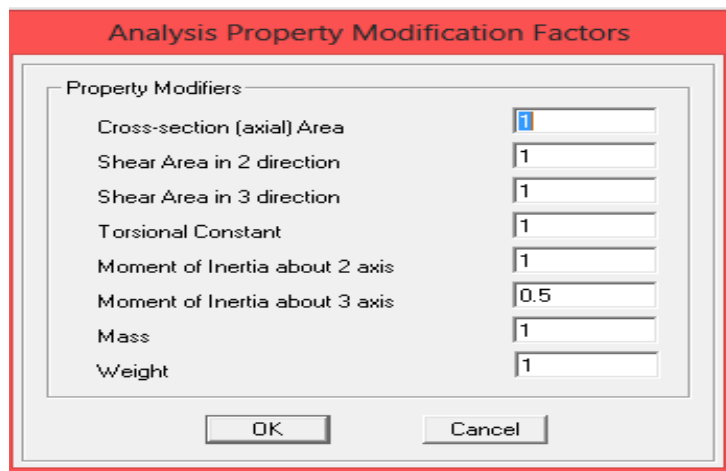
posteriormente tendremos que reforzar la viga en esta dirección. De igual manera mostramos en la figura 33 y la tabla 4. Respectivamente.

Figura 33: Dirección en que la viga trabaja a tracción



Fuente: PROPIA

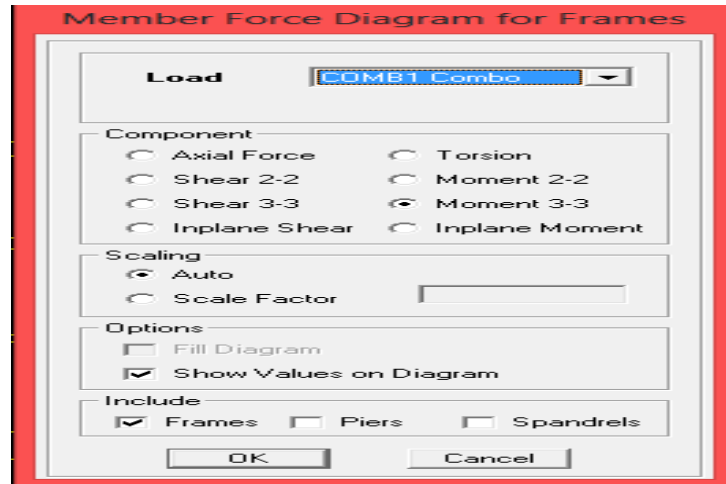
Tabla 4°: Momento de inercia en dirección 3 es 0.5



Para este análisis se consideró una simulación de una edificación inicial de dos niveles incrementado a cuatro pisos, pero los pisos 3 y 4 ya se consideraron la resistencia del concreto 210kg/m², así mismo las secciones de las vigas se consideraron como nos pide el diseño según norma y predimensionamiento inicial en este caso de 40x25cm esto se hizo con la intención que efectivamente la estructura inicial no soportaría la carga muerta más la carga viva que se incrementarían posteriormente, para lo cual se considerara el combo 1 en el cual se considera la combinación de carga 1.4D+1.7L según se muestra de

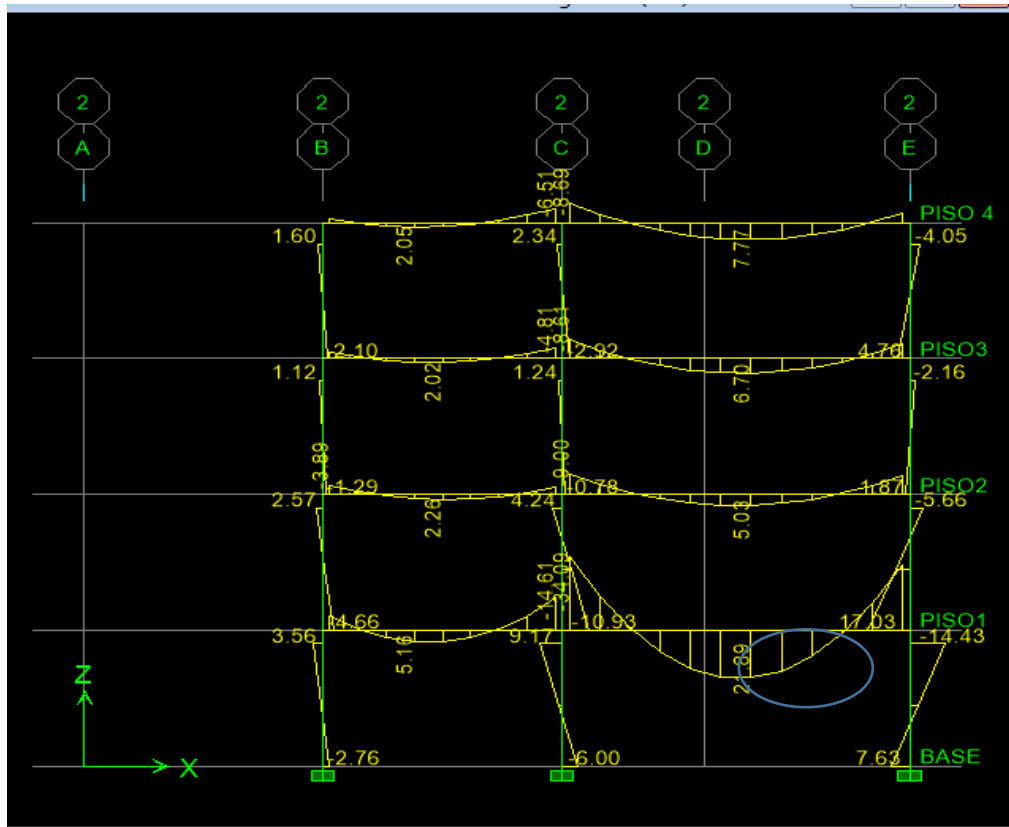
momento flector, en este caso no se está considerando las condiciones de sismo porque este implicaría colocación de placas en la edificación ya que estas se encargan de absorber el sismo y como no es este materia de estudio solo se considera la primera combinación de carga. Como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5°: COMB1 (1.4D+1.7L)



Con todas estas consideraciones encontramos el diagrama de momento flector respectivo en el cual se puede observar que la viga más crítica que se encuentra en el eje 2, C-E el momento es bien alto que si realizamos el diseño implica un replanteo desde cambiar la sección de las vigas y un posterior incremento de acero es ahí donde queda demostrar posteriormente el trabajo de las láminas de fibra de carbono. Como se muestra en Figura N°34

Figura 34: Momento en el eje 2, c-e de 21.89tn



Fuente: PROPIA

Para el diseño de esta edificación no se tomara en cuenta las combinaciones de carga por sismo ya que tan solo con cargar las cargas muertas y vivas esta no soportan hasta el punto que el elemento estructural mostrado presenta un momento flector bien alto (21.4 tn) que si realizamos el diseño respectivo necesitaríamos inicialmente una viga con una sección diferente al planteado inicialmente y el acero que requiere sería un área considerable cosa que nuestra edificación ya existe y tiene todo lo contrario sección de viga de pequeña de 25x25 4 aceros de 1/2" y que solamente 2 aceros trabajan a tracción y los otros 2 son por proceso constructivo porque no aportan en nada con la resistencia del elemento estructural, para tal verificación realizaremos el diseño del elemento estructural en el cual demostraremos que efectivamente así como se encuentra la edificación no soporta un incremento de carga, y si se nos ocurre incrementar la carga a esta edificación simplemente esta colapsaría.

DISEÑO DE VIGA A FLEXION SIMPLE:

DATOS:

$$f'c=175 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y=4200 \text{ kg/m}^2$$

$$M_u=21.89 \text{ tn}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\beta_1=0.85$$

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=25 \text{ cm}$$

$$d=h-5$$

Cuantía Balanceada

$$P_b = 0.85 \times \beta_1 \times f'c/f_y \times (6000/6000+f_y)$$

$$P_b = 0.85 \times 0.85 \times 175/4200 \times (6000/6000+4200)$$

$$P_b = 0.0177$$

Cuantía Mínima

$$P_{min} = 0.7 \times \sqrt{f'c/f_y}$$

$$P_{min} = 0.7 \times \sqrt{175/4200}$$

$$P_{min} = 0.0022$$

Cuantía Máxima

$$P_{max} = 0.75 \times P_b$$

$$P_{max} = 0.75 \times 0.0022$$

$$P_{max} = 0.0133$$

Acero Mínimo

$$A_{smin} = P_{min} \times b \times d$$

$$A_{smin} = 0.0022 \times 25 \times 22$$

$$A_{smin} = 1.21 \text{ cm}^2$$

Acero Máximo

$$A_{smax} = P_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 0.0133 \times 25 \times 22$$

$$A_{smax} = 7.315 \text{ cm}^2$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - (2M_u / (0.85 \times \phi \times f'c \times f_y))}$$

$$a = \text{Absurdo}$$

$$A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d - a/2))$$

$$A_s = \text{Absurdo}$$

Como se puede apreciar al realizar el cálculo del área del acero notamos que al aplicar la fórmula de Whitney los resultados sale absurdo por la simple razón que no existe raíz de un número negativo, esto se debe a que las secciones de la viga son tan pequeñas que si encontraríamos un área de acero para nuestro diseño sería bien grande y que no cabrían en esta sección de 25x25 por lo que la fórmula nos sale absurdo, pero si queremos remontar este hecho solo basta con cambiar las secciones de la viga como manda el diseño en sí, pero este no es nuestro caso porque estamos trabajando con secciones de vigas ya existentes por lo que posteriormente daremos una solución con el reforzamiento de láminas de fibra de carbono.

A si mismo haremos la demostración de cuanto nomas soportaría esta viga con estas secciones y además con el acero con el que cuenta, para ello calcularemos el momento nominal y el momento último y saber cuánto soporta en si la viga.

CALCULO DEL MOMENTO NOMINAL:

DATOS:

$$f'c=175 \text{ kg/m}^2$$

$$Fy=4200 \text{ kg/m}^2$$

$$Mu=21.89 \text{ tn}$$

$$\phi=0.90$$

$$B1=0.85$$

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=25 \text{ cm}$$

$$d=h-4$$

Calculo de cuantía balanceada.

$$Pb = 0,85 \times \beta_1 \times f'c/fy \times (6000/6000+fy)$$

$$Pb = 0,85 \times 0,85 \times 175/4200 \times (6000/6000+4200)$$

$$Pb = 0,0177$$

Cuantía Mínima

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{f_c/f_y}$$

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{175/4200}$$

$$P_{min} = 0,0022$$

Cuantía Máxima

$$P_{max} = 0,75 \times P_b$$

$$P_{max} = 0,75 \times 0,0022$$

$$P_{max} = 0,0133$$

Acero Mínimo

$$A_{smin} = P_{min} \times b \times d$$

$$A_{smin} = 0.0022 \times 25 \times 22$$

$$A_{smin} = 1.21 \text{ cm}^2$$

Acero Máximo

$$A_{smax} = P_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 0.0133 \times 25 \times 22$$

$$A_{smax} = 7.315 \text{ cm}^2$$

MOMENTO NOMINAL

$$a = A_s \times f_y / (\beta_1 \times f_c \times b)$$

$$a = 2.54 \times 4200 / 0.85 \times 175 \times 25$$

$$a = 2.87$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$M_n = 2.54 \times 4200 \times (22 - 2.87/2)$$

$$M_n = 219387 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_n = 2.19 \text{ tn}$$

$$M_u = \phi M_n$$

$$M_u = 0.9 \times 2.19$$

$$M_u = 1.97 \text{ tn}$$

El momento ultimo hallado nos dice que nuestra viga existente de la edificación que estamos investigando nuestra soporta tan solo 1.97 tn. De las dos maneras comprobamos que nuestra viga no soporta un incremento de carga por lo que optaremos a continuar nuestra investigación en él nos llevara a la colocación de las láminas de fibra de carbono en la zona de tracción, como lo demostraremos posteriormente.

En el Segundo Caso: Al igual que en el primer caso el análisis y de diseño de la edificación se realizó respetando la norma vigente E-030 de concreto armado mediante el programa etabs de la muestra seleccionada, del trabajo de campo realizado, pero en este segundo caso se va a incluir el reforzamiento de la viga (elemento en estudio con las láminas de fibra de carbono). Así mismo cabe recalcar que las secciones de la viga del primer nivel serán la misma porque están ya existen (25 cm x 25 cm) y los demás niveles se consideraran con una sección de (25 cm x 35 cm), porque están vigas aún no están construidas y sería ilógico seguir trabajando con la misma sección del primer nivel, con respecto a la resistencia del concreto para el primer nivel se consideraran como el primer caso, obtenido mediante el uso del esclerómetro ($f_c = 175 \text{ kg/m}^2$), para los demás niveles se considerará una resistencia igual a ($f_c = 210 \text{ kg/m}^2$), como se muestran en las tablas 6,

Tabla 6°: Concreto de 175kg/m²

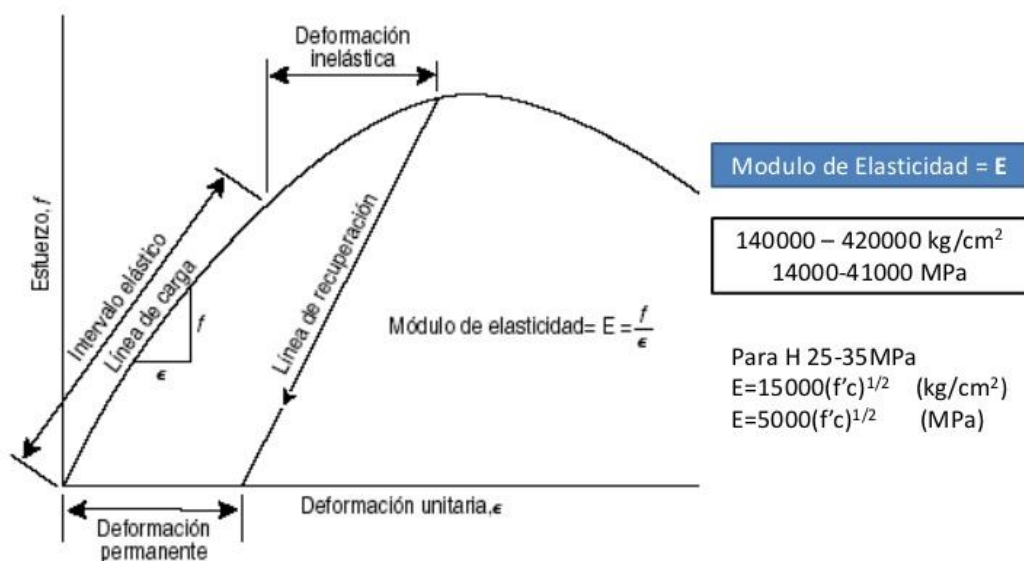
Material Property Data	
Material Name	CON175
Display Color	Color
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Design: Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.2448
Weight per unit Volume	2.4026
Modulus of Elasticity	198431.34
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06
Shear Modulus	82679.725
Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009)	
Specified Conc Comp Strength, f_c	1750
Bending Reinf. Yield Stress, f_y	42184.178
Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}	42184.178
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	Shear Strength Reduc. Factor

En la tabla 6, se muestra la resistencia de concreto ($f_c = 175 \text{ kg/m}^2$), para el primer nivel, asimismo considerando un tipo de material isotrópico ya que consideramos que los elementos estructurales tiene la misma propiedad, se puede apreciar también el Módulo de Elasticidad del Concreto es = $(15000 \sqrt{175})$, consideramos este dato importante ya que esto depende de la resistencia del concreto.

En la Figura N°35 se puede apreciar la relación que existe entre los módulos de elasticidad del concreto y de la fibra de carbono. Teniendo conocimiento que las láminas de fibra de carbonos trabajan netamente a tracción, como se muestran los valores:

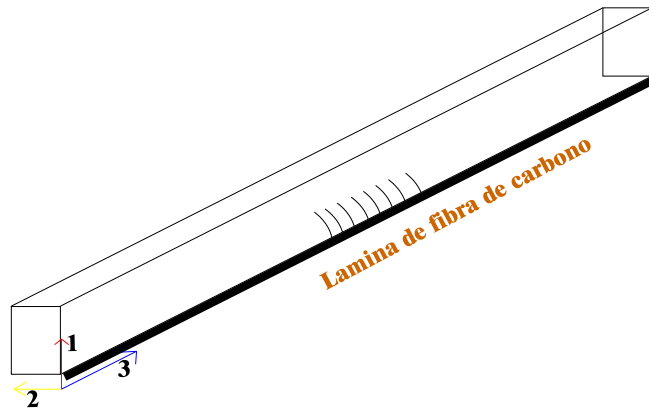
Módulo de elasticidad de la fibra de carbono 2270000 kg/cm^2 . Asimismo se puede apreciar: Módulo de elasticidad de concreto $198431.35 \text{ kg/cm}^2$. De esta relación nace el valor del Momento de Inercia en la Dirección 3 que es donde las láminas de fibra de carbono cumplen su función.

Figura 35: Curva Esfuerzo – Deformación del Concreto



MODULO DE ELASTICIDAD DE LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO (2270000 kg /cm²)

Figura 36: dirección en que la viga trabaja a tracción



Fuente: PROPIA

Momento de Inercia en la Dirección 3 : =

$$\frac{2270000 \text{ kg /cm}^2}{198431.35 \text{ kg /cm}^2}$$

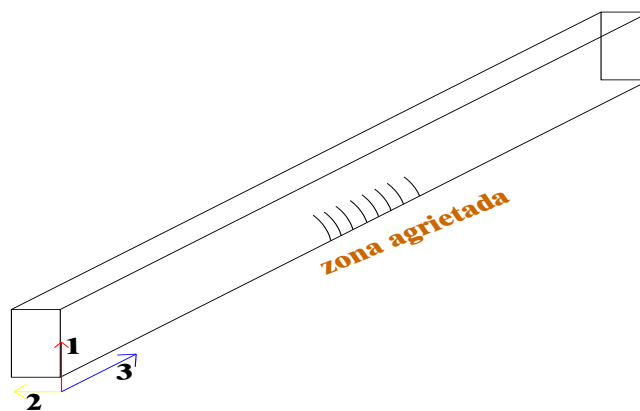
Nos da como resultado = 11.43

Tabla 7°: Relación de M.E.

Analysis Property Modification Factors	
Property Modifiers	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	11.43
Mass	1
Weight	1

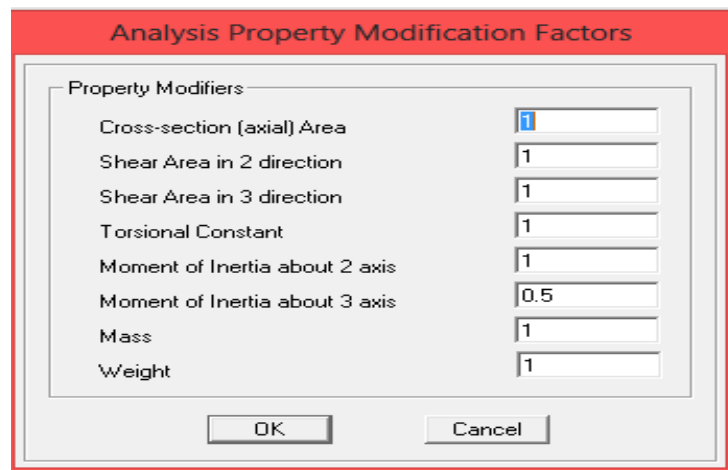
Otra de las consideraciones de mucha importancia es considerar el control de agrietamiento, el momento de inercia en la dirección 3 ya que en este sentido va a trabajar nuestra viga a tracción, teniendo conocimiento que el concreto no trabaja a tracción nos obliga a reducir el coeficiente en esta dirección a 0.5 esta consideración nos permitirá que el programa nos arroje un momento muy alto que se si se tratara de realizar el diseño implicaría un incremento de acero a tracción, pero en nuestro caso ya el acero en las vigas existen por lo que posteriormente tendremos que reforzar la viga en esta dirección. De igual manera mostramos en la figura 37 y la tabla 8 respectivamente.

Figura 37: Muestra la dirección en que la viga trabaja a tracción



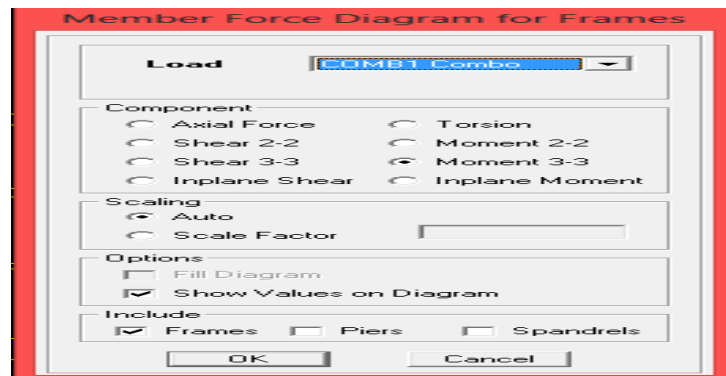
Fuente: PROPIA

Tabla 8°: Momento de inercia en dirección 3 es 0.5



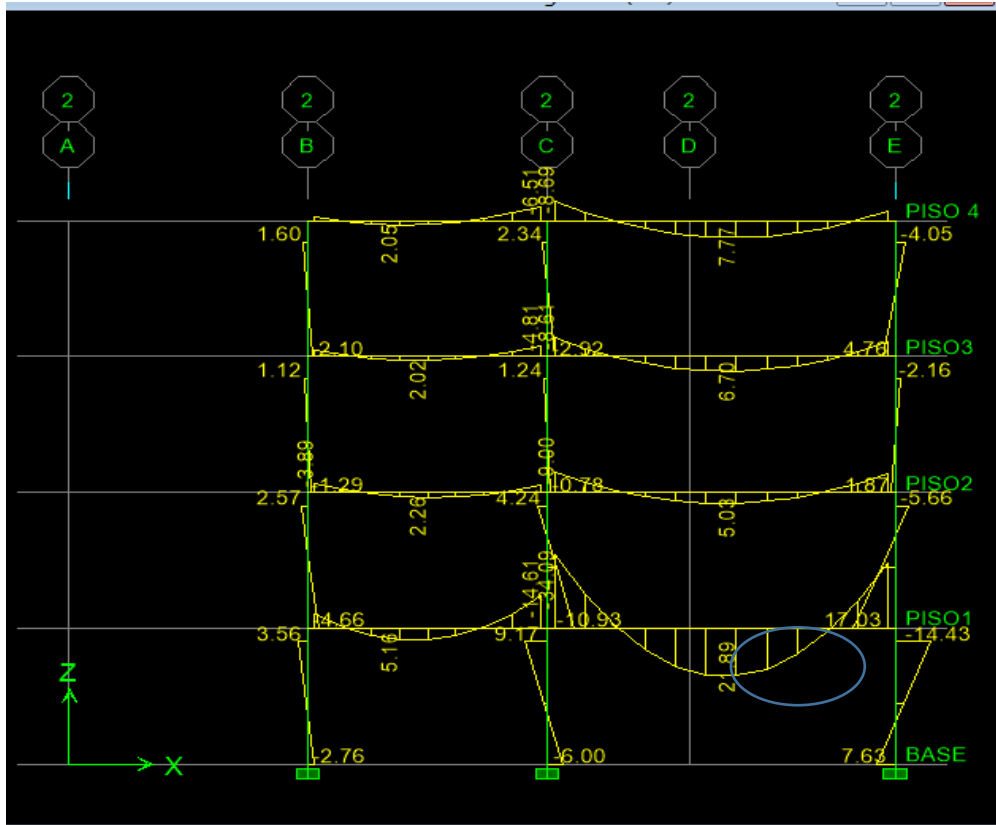
Para este análisis se consideró una simulación de una edificación inicial de dos niveles incrementado a cuatro pisos, pero los pisos 3 y 4 ya se consideraron la resistencia del concreto 210kg/m², así mismo las secciones de las vigas se consideraron como nos pide el diseño según norma y predimensionamiento inicial en este caso de 40x25cm esto se hizo con la intención que efectivamente la estructura inicial no soportaría la carga muerta más la carga viva que se incrementaran posteriormente, para lo cual se considerara el combo 1 en el cual se considera la combinación de carga 1.4D+1.7L según se muestra de momento flector, en este caso no se está considerando las condiciones de sismo porque este implicaría colocación de placas en la edificación ya que estas se encargan de absorber el sismo y como no es este materia de estudio solo se considera la primera combinación de carga. Como se muestra en la tabla 3.1.5

Tabla 9°: COMB1 (1.4D+1.7L)



Con todas estas consideraciones encontramos el diagrama de momento flector respectivo en el cual se puede observar que la viga más crítica que se encuentra en el eje 2, C-E el momento es bien alto que si realizamos el diseño implica un replanteo desde cambiar la sección de las vigas y un posterior incremento de acero es ahí donde queda demostrar posteriormente el trabajo de las láminas de fibra de carbono. Figura 38

Figura 38: Momento en el eje 2, c-e de 21.89tn



Fuente: PROPIA

Para el diseño de esta edificación no se tomara en cuenta las combinaciones de carga por sismo ya que tan solo con cargar las cargas muertas y vivas esta no soportan hasta el punto que el elemento estructural mostrado presenta un momento flector bien alto (21.4 tn) que si realizamos el diseño respectivo necesitaríamos inicialmente una viga con una sección diferente al planteado inicialmente y el acero que requiere sería un área considerable cosa que nuestra edificación ya existe y tiene todo lo contrario sección de viga de pequeña de 25x25 4 aceros de 1/2" y que solamente 2 aceros trabajan a tracción y los otros 2 son por proceso constructivo porque no aportan en nada con la resistencia del elemento estructural, para tal verificación realizaremos el diseño del elemento estructural en el cual demostraremos que efectivamente así como se encuentra la edificación no soporta un incremento de carga, y si se nos ocurre incrementar la carga a esta edificación simplemente esta colapsaría.

DISEÑO DE VIGA A FLEXION SIMPLE:

DATOS:

$$f'c=175 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y=4200 \text{ kg/m}^2$$

$$M_u=21.89 \text{ tn}$$

$$\phi = 0.90$$

$$B_1=0.85$$

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=25 \text{ cm}$$

$$d=h-5$$

Cuantía Balanceada

$$P_b = 0,85 \times \beta_1 \times f'c/f_y \times (6000/6000+f_y)$$

$$P_b = 0,85 \times 0,85 \times 175/4200 \times (6000/6000+4200)$$

$$P_b = 0,0177$$

Cuantía Mínima

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{f'c/f_y}$$

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{175/4200}$$

$$P_{min} = 0,0022$$

Cuantía Máxima

$$P_{max} = 0,75 \times P_b$$

$$P_{max} = 0,75 \times 0,0022$$

$$P_{max} = 0,0133$$

Acero Mínimo

$$A_{smin} = P_{min} \times b \times d$$

$$A_{smin} = 0,0022 \times 25 \times 22$$

$$A_{smin} = 1,21 \text{ cm}^2$$

Acero Máximo

$$A_{smax} = P_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 0,0133 \times 25 \times 22$$

$$A_{smax} = 7,315 \text{ cm}^2$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - (2Mu / 0.85 \phi x f_c x f_y)}$$

a = Absurdo

$$A_s = Mu / \phi x f_y x (d - a/2)$$

A_s = Absurdo

Como se puede apreciar al realizar el cálculo del área del acero notamos que al aplicar la fórmula de Whitney los resultados sale absurdo por la simple razón que no existe raíz de un número negativo, esto se debe a que las secciones de la viga son tan pequeñas que si encontraríamos un área de acero para nuestro diseño sería bien grande y que no cabrían en esta sección de 25x25 por lo que la fórmula nos sale absurdo, pero si queremos remontar este hecho solo basta con cambiar las secciones de la viga como manda el diseño en sí, pero este no es nuestro caso porque estamos trabajando con secciones de vigas ya existentes por lo que posteriormente daremos una solución con el reforzamiento de láminas de fibra de carbono.

A si mismo haremos la demostración de cuanto nomas soportaría esta viga con estas secciones y además con el acero con el que cuenta, para ello calcularemos el momento nominal y el momento ultimo y saber cuánto soporta en si la viga.

CALCULO DEL MOMENTO NOMINAL:

DATOS:

$$f'_c = 175 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/m}^2$$

$$M_u = 21.89 \text{ tn}$$

$$\phi = 0.90$$

$$B_1 = 0.85$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$d = h - 4$$

Cálculo de cuantía balanceada.

$$P_b = 0.85 \times \beta_1 \times f'_c / f_y \times (6000 / 6000 + f_y)$$

$$P_b = 0.85 \times 0.85 \times 175 / 4200 \times (6000 / 6000 + 4200)$$

$$P_b = 0.0177$$

Cuantía Mínima

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{f_c/f_y}$$

$$P_{min} = 0,7 \times \sqrt{175/4200}$$

$$P_{min} = 0,0022$$

Cuantía Máxima

$$P_{max} = 0,75 \times P_b$$

$$P_{max} = 0,75 \times 0,0022$$

$$P_{max} = 0,0133$$

Acero Mínimo

$$A_{smin} = P_{min} \times b \times d$$

$$A_{smin} = 0.0022 \times 25 \times 22$$

$$A_{smin} = 1.21 \text{ cm}^2$$

Acero Máximo

$$A_{smax} = P_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 0.0133 \times 25 \times 22$$

$$A_{smax} = 7.315 \text{ cm}^2$$

MOMENTO NOMINAL

$$a = A_s \times f_y / (\beta_1 \times f_c \times b)$$

$$a = 2.54 \times 4200 / 0.85 \times 175 \times 25$$

$$a = 2.87$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$M_n = 2.54 \times 4200 \times (22 - 2.87/2)$$

$$M_n = 219387 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_n = 2.19 \text{ tn}$$

$$M_u = \phi M_n$$

$$M_u = 0.9 \times 2.19$$

$$M_u = 1.97 \text{ tn}$$

El momento ultimo hallado nos dice que nuestra viga existente de la edificación que estamos investigando nuestra soporta tan solo 1.97 tn. De las dos maneras comprobamos que nuestra viga no soporta un incremento de carga por lo que optaremos a continuar nuestra investigación en él nos llevara a la colocación de las láminas de fibra de carbono en la zona de tracción, como lo demostraremos posteriormente.

CONCLUSIONES

□ El análisis y reforzamiento de vigas de concreto armado mediante los métodos: láminas de fibra de carbono y encamisado, permiten el incremento de carga de la viga de concreto armado previamente reforzado cabe destacar que el reforzamiento con estos dos métodos ayudan a que la viga mejore su resistencia a flexión, flexo compresión, así se demostró utilizando el programa ETABS. Y las hojas de cálculo de Excel.

En el proceso de investigación de esta tesis también pudimos verificar que tranquilamente se puede reforzar las columnas mediante el método de encamisado

□ La contribución de las láminas de fibra de carbono para el reforzamiento de las vigas de concreto armado ayuda para el incremento de carga en viviendas autoconstruidas.

□ La contribución del encamisado para reforzamiento de las vigas de concreto armado ayuda para el incremento de carga en viviendas autoconstruidas.

□ En la presente investigación hemos demostrado mediante el programa ETABS de una viga reforzada con láminas de fibra de carbono.

□ En la presente investigación hemos demostrado mediante el programa ETABS de una viga reforzada mediante encamisado.

□ Luego de concluir la investigación podemos comparar los dos métodos en estudio, ambos métodos tienen como objetivo reforzar una estructura para el incremento de cargas,

SUGERENCIAS

□ Se recomienda utilizar el método de reforzamiento con láminas de fibra de carbono por el proceso constructivo, ya que es más fácil su ejecución y de mayor efectividad y menor costo.

□ El segundo método en estudio del encamisado, se recomienda utilizarlo en elementos estructurales como Columnas ya que es menos tedioso el proceso constructivo.

□ Es importante plantear de soluciones de reforzamiento de viviendas antes de demoler una edificación y construir de cero.

Se recomienda realizar el presupuesto respectivo antes de realizar el reforzamiento con cualesquiera de los métodos, a veces sale mas económico la demolición.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nelson Guzmán Zarate "Refuerzos con fibra de carbono" universidad de chile 2013.
- [2] Beltrán Riveros, Andrés Arturo. "Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado." Tes. En ingeniería civil. Universidad de la Salle – Bogotá D.C. -2011
- [3] Instituto Técnico de la Estructura ITEA "Sistemas estructurales: Rehabilitación y reparación" TOMO 20.
- [4] Yauli paredes, Jose Luis. "Desempeño sísmico de una viga reparada con fibras de carbono." Tes. En ingeniería civil. Universidad Técnica de Ambato – Ecuador 2014
- [5] Fernández, M. Aplicaciones de refuerzos de estructuras en base a fibras de carbono. Mayo 2012
- [6] Manual de ingeniería. Forta Ingeniería 2016. Refuerzo estructural con fibras de carbono
- [7] Manuel de ingeniería. Empres Aimad Lider en estanqueidad. 2016. Refuerzo estructural con fibras de carbono
- [8] Norma E030 (2019). Sistemas estructurales. Reglamento Nacional de Edificaciones (pp 320741 – 320742) Lima: El Peruano
- [9] Norma E060 (2019). Evaluación y aceptación del concreto. Reglamento Nacional de Edificaciones (pp 320874 – 320876) Lima: El Peruano

APENDICE A:



Imagen N° 1: Vivienda de dos pisos ubicada en el distrito de Amarilis seleccionada para el estudio.



Imagen N° 2: Se visualiza la distribución de acero en vigas en viviendas autoconstruidas



Imagen N° 3: Verificación de las dimensiones de la sección de viga de la vivienda en estudio.



Imagen N° 4: verificación de las dimensiones del peralte de viga de la vivienda en estudio.



Imagen N° 5: Se visualiza la distribución de acero en vigas en viviendas autoconstruidas



Imagen N° 6: Verificación de las dimensiones del peralte de vigas en viviendas autoconstruidas- segunda vivienda en estudio



Imagen N° 7: Verificación de las dimensiones del peralte de vigas en viviendas autoconstruidas- segunda vivienda en estudio.



Imagen N° 8: Verificación de las dimensiones del peralte de vigas en viviendas autoconstruidas- segunda vivienda en estudio