



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Comparación técnica y económica mediante ingeniería de valor del  
reforzamiento de una vivienda existente de hormigón armado con el uso de  
estructura metálica o fibra de carbono.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE: INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autor:** Felipe José Andrade Vintimilla

**Director:** José Vázquez Calero

**Cuenca, Ecuador**

**2022**

**“Comparación técnica y económica mediante ingeniería de valor del reforzamiento de una vivienda existente de hormigón armado con el uso de estructura metálica o fibra de carbono”.**

**RESUMEN**

Ecuador, se encuentra en “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Es indispensable consideren el riesgo de alta sismicidad. Es por ello que, los profesionales de la ingeniería civil, deben actuar de manera responsable haciendo que los diseños sean adecuados, caso de estudio en la ciudad de Cuenca se encuentra una vivienda que requiere ser reforzada para mejorar la resistencia de sus elementos estructurales debido a negligencias de construcción, se realizará una investigación y Ensayos No Destructivos (END) de la vivienda, las mismas que serán analizadas mediante programas computacionales específicos. Especial consideración se dará a la aplicación de cargas dinámicas provenientes de movimientos sísmicos, que eventualmente podrían presentarse en nuestra ciudad, para lo cual las estructuras analizadas deberán presentar respuestas estructuralmente adecuadas. Con estos resultados, se hará una comparativa de costos entre dos tipos de reforzamiento los cuales son acero estructural y refuerzo de fibra de carbono.

**Palabras clave:** fibra de carbono, FRP, ensayos no destructivos, END, acero.



Ing. José Fernando Vázquez Calero  
**DIRECTOR DE ESCUELA**



Ing. José Fernando Vázquez Calero  
**DIRECTOR DE TESIS**



Felipe José Andrade Vintimilla

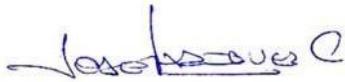
**AUTOR**

**“Technical and economical comparison through value engineering of the reinforcement for an existing concrete house with the use of a steel structure or fiber reinforced polymers”.**

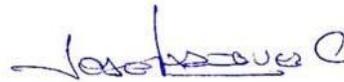
**ABSTRACT**

Ecuador is located in front of the “Cinturón de Fuego del Pacífico”. This situation requires that all engineering projects and civil construction consider the high risk of seismicity, it is a responsibility and an ethical obligation for civil engineers to act responsibly making the potential structural damage be minimal, and the construction designs adequate, study case, in Cuenca city, there is a house that needs reinforcement so its structural elements can withstand the forces that are acting upon them and damaging the structure due to design negligence, Non-Destructive-Testing and structural research will be made in the house, this data will be analyzed through computer software. Special consideration will be given to dynamic loads coming from seismic movements that can eventually show up in the area, for which the structure must respond safely. With these results, a cost comparison will be made between two kinds of reinforcement: steel reinforcement or fiber reinforced polymers (FRP).

**Keywords:** Non-Destructive-Testing, steel, FRP, reinforcement, seismicity.



Ing. José Fernando Vázquez Calero  
**DIRECTOR DE ESCUELA**



Ing. José Fernando Vázquez Calero  
**DIRECTOR DE TESIS**



Felipe José Andrade Vintimilla  
**AUTOR**

Translated by the author.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Felipe y Rossana, que acompañan siempre el proceso de mi vida personal y profesional, a mis hermanos por su apoyo en todos los momentos durante este aprendizaje, a mi núcleo familiar por ser un ejemplo para siempre seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mis amigos, conocidos, todos quienes están ahora y aquellos que compartieron su tiempo con mi persona a lo largo de esta fase de la vida.

**Felipe José Andrade Vintimilla.**

## **AGRADECIMIENTO**

A lo largo de estos años dentro de la universidad, pude vivir situaciones que han generado todo tipo de emociones y sentimientos, ha sido una aventura de la vida en donde se ha aprendido a apreciar cada momento en el tiempo; es por eso que quiero agradecer a Dios por permitirme vivir esta experiencia, a mis padres y amigos agradecerles por motivarme a seguir siempre, y un especial agradecimiento al Ing. José Vázquez Calero, director de tesis quien fue un gran apoyo y guía para realizar el trabajo de titulación.

## Tabla de contenido

Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas	10
Piso débil – discontinuidad en la resistencia	10
Columnas	11
Distribución y concentración de masa	12
	<b>12</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>12</b>
Cimentación	13
Losas	13
Mampostería	15
<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
<b>JUSTIFICACION</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>1.1 CARACTERÍSTICAS DE COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DE LA VIVIENDA EXISTENTE</b>	17
1.1.1 Columnas	17
1.1.2 Vigas	17
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO PARA EL REFORZAMIENTO	18
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE CARBONO EN LA CONSTRUCCIÓN	19
1.4 NORMATIVAS VIGENTES	23
<b>CAPÍTULO 2: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)</b>	<b>25</b>
2.1 Esclerometrías	25
2.2 Escáner de armados	31
2.3 Medición de grietas y desplazamientos	32
<b>CAPÍTULO 3: MODELACIÓN EN PROGRAMAS COMPUTACIONALES</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>40</b>
4.1 Análisis de columnas para reforzamiento de fibra de carbono	40
4.2 Análisis de vigas para reforzamiento con fibra de carbono	46

4.3	Propuesta de mitigación	50
4.4	Comparativa de costos de reforzamiento estructural entre FRP y acero	52
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>57</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	esclerometría C1	25
Tabla 2	esclerometría C2	26
Tabla 3	esclerometría C3	26
Tabla 4	esclerometría C4	27
Tabla 5	esclerometría C5	27
Tabla 6	esclerometría C6	28
Tabla 7	esclerometría C7	28
Tabla 8	esclerometría C8	29
Tabla 9	esclerometría C9	29
Tabla 10	esclerometría C10	30
Tabla 11	datos escáner de armados	31
Tabla 13	Sistemas estructurales de hormigón armado	39
Tabla 14	columnas que necesitan reforzamiento con FRP	45
Tabla 15	Resumen de cálculo de reforzamiento de vigas con FRP	47
Tabla 16	Resumen del reforzamiento a flexión para las vigas con FRP	48
Tabla 17	Resumen de los Parámetros claves en estado último	48
Tabla 18	Presupuesto de reforzamiento estructural con acero	52
Tabla 19	Áreas de reforzamiento FRP en vigas	52
Tabla 20	Presupuesto de reforzamiento estructural con Fibra de carbono FRP	53

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<a href="#">Ilustración 1</a>	casa con eje vertical discontinuo	10
Ilustración 2	Ejemplo de eje vertical discontinuo	10
Ilustración 3	ejemplo de piso débil	<a href="#">10</a>
Ilustración 4	Columnas de menor resistencia que las vigas	<a href="#">11</a>
Ilustración 5	Columnas cortas o esbeltas	<a href="#">11</a>
Ilustración 6	columnas cortas o esbeltas	<a href="#">11</a>
Ilustración 7	Ejemplo de edificio con concentración de masa irregular, eventualmente colapsado	<a href="#">12</a>

Ilustración 8 Croquis de la vivienda a ser reforzada.....	<a href="#">12</a>
Ilustración 9 Parte lateral de la vivienda.....	<a href="#">13</a>
Ilustración 10 Mampostería de piedra.....	<a href="#">13</a>
Ilustración 11 Paño de losa agrietado debido a la deformación.....	<a href="#">14</a>
Ilustración 12 Agrietamiento en el empalme pared – losa.....	<a href="#">14</a>
Ilustración 13 Fotografía losa. ....	<a href="#">14</a>
Ilustración 14 Falla de mampostería.....	<a href="#">15</a>
Ilustración 15 Falla de mampostería.....	<a href="#">15</a>

## Introducción

Las acciones sísmicas son uno de los factores estructurales que deben ser considerados por todo profesional de la construcción. Las respuestas y daños que se presenten en una edificación dependerán del comportamiento de todo el sistema estructural de la edificación.

La amenaza permanente que representa encontrarnos en el Cinturón de Fuego del Pacífico en el subsuelo de nuestro territorio hace que cada vez más se deba tener presente el concepto de la aplicación de diseños estructurales sismo-resistentes. Por ello, la propuesta de reforzamiento de la vivienda considerará estos factores, ya sea para el caso de la estructura de acero o el uso de la estructura de hormigón.

El Ecuador es parte de este Cinturón de Fuego, esto pone al país en riesgo de alta sismicidad; la cual se reactiva cada 50 años, debido a este fenómeno ocurren sismos que rondan los 8 grados en la escala de Richter.

En el Ecuador, y en la gran mayoría de países latinoamericanos, existen construcciones en las cuales no se han hecho análisis profesionales en ninguna de sus fases, no cumplen con las normas del diseño sismo resistente, esto hace que su vulnerabilidad ante los sismos sea muy alta y sea mas propensa a sufrir daños a mediana o gran escala.

Debido a estas situaciones, es muy importante que al momento de construir, cumplamos las normas cuyos objetivos son enfocados a prevenir los daños en elementos estructurales y evitar el colapso de estructuras ante movimientos sísmicos severos que puedan presentarse.

Una gran parte de los daños que pueda tener una edificación, se debe a que se construyen con irregularidades en su configuración estructural en planta y elevación, esto causa varios tipos de problemas que pueden generar inconvenientes grandes a mediano y largo plazo, en el peor de los casos causan una pérdida total de la estructura.

Un claro ejemplo de esto se puede visualizar detallando los casos de fallas estructurales reales ocurridas en el terremoto del 16 de Abril de 2016 en Pedernales, Ecuador; la NEC sugiere que las edificaciones deben ser lo más simétricas y regulares posibles en planta buscando de utilizar formas cuadrangulares o rectangulares.

A continuación se mostrarán algunos casos de irregularidad estructural (La FEMA P389 indica el tipo de patologías y posibles soluciones):

## Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas

La NEC indica que la estructura presenta irregularidades verticales cuando existe desplazamiento en el alineamiento de elementos estructurales verticales, dentro del mismo plano que se encuentren, y sean mayores que la dimensión horizontal del elemento.



Ilustración 1 casa con eje vertical discontinuo. Fuente: NEC-2015.

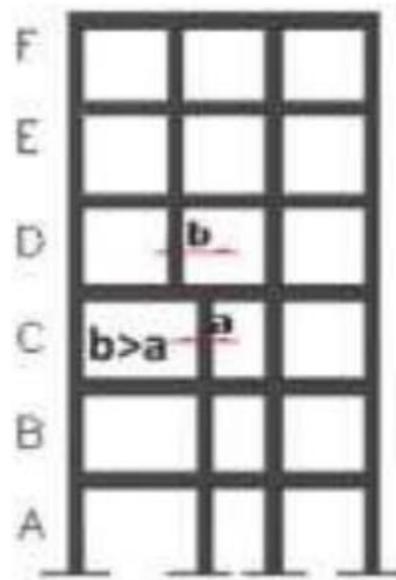


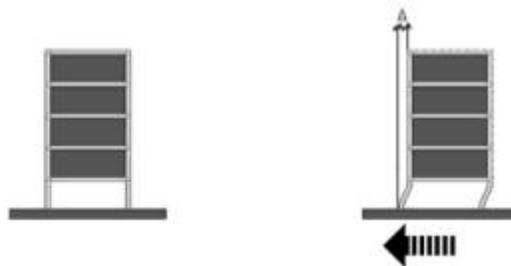
Ilustración 2 ejemplo de eje vertical discontinuo. Fuente: NEC-2015.

## Piso débil – discontinuidad en la resistencia

Este tipo de pisos tienen una baja resistencia, haciéndolos más vulnerables a los daños, debido a que se concentran los esfuerzos en puntos específicos.



Ilustración 3 ejemplo de piso débil. Fuente: NEC-2015.



## Columnas

Las columnas mantienen en pie a la estructura, se encargan de transmitir las cargas hasta la cimentación, el daño en columnas es inevitable. Se debe procurar que el daño sea estable y controlado. Buscar siempre un daño por flexión antes que por compresión o corte, por este motivo se deben evitar los fallos al máximo. Existen dos tipos de fallas de columnas que se mencionarán:

- Columnas de menor resistencia que las vigas:* Esto es un error solamente si es parte de un sistema de pórticos especiales ( $R=8$ ). Para otros sistemas estructurales de baja ductilidad ( $R=2,3,4$ , etc) se permite vigas con mayor capacidad que las columnas.
- Columnas cortas o esbeltas:* Este tipo de fenómeno causa grandes daños de cara a un sismo por su frágil tendencia a fallar, pueden presentarse debido a estar en terrenos con inclinaciones, o tener un confinamiento lateral parcial provocado por divisiones de muros, paredes, losas ubicadas en niveles intermedios, etc.

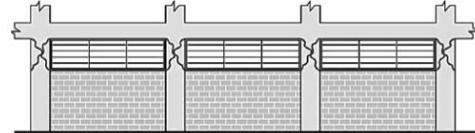


Ilustración 4 Columnas de menor resistencia que las vigas. Fuente: NEC-2015.

Ilustración 5 Columnas cortas o esbeltas. Fuente: NEC-2015.

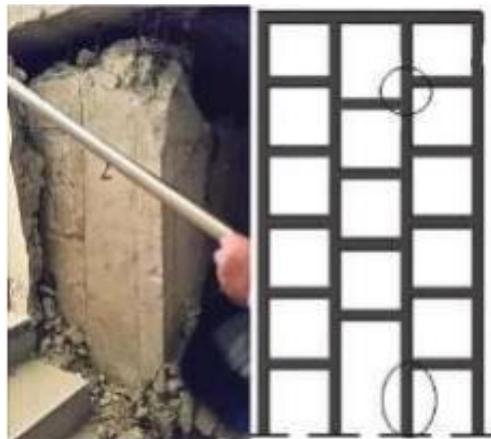


Ilustración 6 Columnas cortas o esbeltas. Fuente: NEC-2015.

## Distribución y concentración de masa

Se presenta cuando existen concentraciones de masa en distintos niveles de la edificación. Esta irregularidad vertical de puede dar al ubicar piscinas, estacionamientos, tanques, bodegas u otros elementos en algún nivel de la estructura. Mientras a mayor altura se coloque o exista esta diferencia de masas, más gravedad tendrá el potencial problema al enfrentarse a las aceleraciones sísmicas, así mismo, el riesgo de volcamiento de la edificación se vuelve mucho mayor. (NEC – 2015)



Ilustración 7 Ejemplo de edificio con concentración de masa irregular, eventualmente colapsado. Fuente: NEC – 2015.

## Antecedentes

La vivienda en cuestión se encuentra ubicada en la parroquia de San Joaquín del cantón Cuenca perteneciente a la provincia del Azuay, la evaluación de la infraestructura se da debido a que se reporta que sufre daños en mampostería y losas, hasta ahora se han realizado reparaciones superficiales en la mampostería en fachadas y áreas internas.



Ilustración 8 Croquis de la vivienda a ser reforzada. Fuente: Autor.

Se detallará de manera preliminar los elementos estructurales y no estructurales analizados:

## Cimentación

Debido a la presencia de un relleno, no se pueden visualizar los miembros estructurales, y según los planos arquitectónicos no se especifica un tipo de cimentación ni desplante. A los lados de la vivienda existen terrenos deshabitados donde se pueden observar los ejes laterales:



*Ilustración 9 Parte lateral de la vivienda.  
Fuente: Autor.*



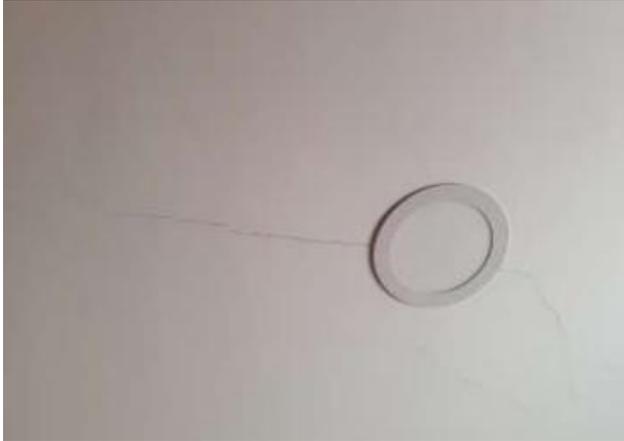
*Ilustración 10 Mampostería de piedra.  
Fuente: Autor.*

Se observa la mampostería de piedra donde se asientan cadenas de amarre y sobre ellas nacen columnas de hormigón, se desconocía la altura de cimentación, pero se consultó al constructor y es de 1.5m.

La cimentación fue realizada mediante plintos aislados de 90x90 cm sobre los cuales se hicieron muros de piedra y cadenas de amarre armadas con mallas electrosoldadas V5 reforzadas con dos varillas de 12mm.

## Losas

Algunos de los paños de losa presentan desprendimientos, los cuales podemos decir que son debido a la deformación excesiva de las losas de entrepiso, además, se observaron agrietamientos en el empalme de paredes con losa.



*Ilustración 11 Paño de losa agrietado debido a la deformación.  
Fuente: Autor.*



*Ilustración 12 Agrietamiento en el empalme pared – losa.  
Fuente: Autor.*

Se logró visualizar la losa, en donde fue posible observar que es de hormigón y bloque de 20 cm de alto embebida entre las vigas banda del mismo peralte, con dos varillas de refuerzo de 12 mm de espesor en los nervios.



*Ilustración 13 Fotografía losa.  
Fuente: Autor.*

## Mampostería

Si bien el objetivo de este estudio comparativo se enfoca en el área estructural de la vivienda, es importante reconocer algunas fallas de mampostería que podrían dar indicios del comportamiento estructural ante posibles problemas; a continuación se mostrarán imágenes de algunas fisuras que afectan actualmente a la vivienda:



Ilustración 14 Falla de mampostería.  
Fuente: Autor.



Ilustración 15 Falla de mampostería.  
Fuente: Autor.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Establecer los resultados y las recomendaciones técnicas y económicas más adecuadas, que servirían para proceder con el reforzamiento estructural de la vivienda existente.

### Objetivos Específicos

- Obtener los datos del análisis estructural, mediante procesos simulados en programadores, respecto al uso de los reforzamientos con estructuras de acero y las de hormigón armado con aplicación de fibras de carbono.
- Establecer un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas estructurales analizados.

## JUSTIFICACION

Debido a que nos encontramos en el Cinturón de Fuego del Pacífico, debemos tener presente siempre que al momento de diseñar una estructura, esta debe tener todas las características para ser sismo-resistente. En la ciudad de Cuenca, una gran parte de los diseños de estructuras no consideran los factores de riesgo producidos por los fenómenos sísmicos.

El código Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI-AISC 341) deberá ser aplicado en el diseño de sistemas sismorresistentes de acero estructural o de acero estructural

actuando en combinación con hormigón armado, a menos que sea específicamente exento por el código de construcción aplicable. (AISC 360-10)

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis hechas en el análisis. A menos que exista una restricción impuesta por la normativa de edificación que corresponda, puede dotarse de resistencia y estabilidad a la estructura mediante cualquier combinación de miembros y conexiones (AISC 360-10, pág. 75).

El Diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método *Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia* (LRFD) o a las disposiciones del método *Diseño en Base a Resistencias Admisibles* (ASD) (AISC 360-10, pág. 75).

El diseño estará basado en el principio que cuando la estructura es sometida a las combinaciones de carga apropiadas, ningún estado límite aplicable, resistente o de servicio será excedido. Los requerimientos de diseño en integridad estructural del código de construcción aplicable deberán estar basados en resistencias nominales, en lugar de resistencias de diseño (LRFD) o resistencias admisibles (ASD) a menos que sea señalado de otra forma en el código de construcción aplicable. Los estados límites para conexiones basados en deformaciones límites o fluencia de los componentes de la conexión no necesitan ser considerados para cumplir los requerimientos de integridad estructural (AISC 360-10, pág. 76).

El manual del American Institute of Steel Construction (AISC) contiene todas las guías necesarias para poder diseñar teniendo en mente los posibles fallos que puedan existir en el acero al momento de poner el material al límite en la construcción.

## CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

### 1.1 CARACTERÍSTICAS DE COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DE LA VIVIENDA EXISTENTE

#### 1.1.1 Columnas

Las columnas se encuentran embebidas en las paredes, se pudieron observar solamente a los laterales de la vivienda, no se presentan daños estructurales de las columnas a simple vista.

Las columnas están armadas con malla electrosoldada V5 reforzada con dos varillas de 12 mm según los comentarios del maestro constructor.



*Ilustración 1.1.1.1: Medición aproximada del grosor de las columnas.*

*Fuente: Autor.*

#### 1.1.2 Vigas

Las vigas tampoco pudieron observarse en la vivienda, se asume que son vigas embebidas en la losa de 20 cm de peralte. Sin embargo, se visualizó una viga descolgada en la planta de buhardilla, la cual presenta un agrietamiento en la mitad de su vano.



*Ilustración 1.1.2.1: Imagen de viga descolgada con agrietamiento en mitad de su vano.  
Fuente: Autor.*

Una forma de considerar el daño acumulado de manera explícita es a través de conceptos de energía sísmica. El uso de la energía sísmica fue inicialmente propuesto por Housner (1956) y ha sido utilizada por otros investigadores para fines de diseño sísmico. Los métodos basados en conceptos de energía consisten en suministrar a la estructura una capacidad de energía superior o igual a la energía que le demandan los sismos (Akiyama, 1985; Uang y Bertero, 1990, como se citó en Bojórquez Mora, 2009).

Existen distintas técnicas para reparación y refuerzo de estructuras, nos enfocaremos en los reforzamientos con estructura metálica y el reforzamiento de hormigón armado con fibras de carbono.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO PARA EL REFORZAMIENTO**

El diseño de las estructuras de hormigón armado debe cumplir con los requerimientos funcionales y de servicio establecidos en las normativas por un determinado tiempo, sin la posibilidad de gastos imprevistos por reparaciones; sin embargo por el hecho de que todas las estructuras están expuestas a cambios climáticos y fenómenos naturales, estas pueden sufrir deterioros inesperados antes de llegar al final de su vida útil. El análisis estructural es uno de los temas de muy amplia importancia; su objetivo detectar el estado al cual podría enfrentarse una estructura y sus consecuencias.

Por ello, es vital que se monitoree a la estructura a través del análisis en caso de ser necesario, para la aplicación de elementos de refuerzo, el reforzamiento permite a la estructura tener un

aumento en su capacidad de resistencia mecánica parcial o completa, esto se determina para poder aumentarla en función de las demandas reales.

Así como (Abeiga, 2016) citó a Guerrero, Gómez, Flores, (2007), mencionando que en su trabajo investigativo “Resistencia a fuerza cortante de columnas de concreto reforzadas con camisas de acero”, desarrollaron tres series de ensayos en columnas de concreto reforzadas con camisas de acero sujetas a carga axial y carga transversal alternante. El objetivo fue determinar si su comportamiento era adecuado y si su resistencia a fuerza cortante se podía calcular con los procedimientos usuales. Las variables estudiadas fueron el tamaño de los ángulos y las placas transversales que constituían la camisa, el daño previo a las columnas y distintos procedimientos constructivos.

El reforzamiento de estructura metálica es considerado altamente eficiente debido a que permite que las funciones y actividades puedan seguirse cumpliendo en una determinada estructura que lo requiera sin afectar su uso ocupacional.

El acero de uso estructural es un material de fabricación industrializada, lo que asegura un adecuado control de calidad, se presenta por lo general en perfiles o laminas. Este material se caracteriza por una elevada resistencia, rigidez y ductilidad (esto es capacidad de soportar deformaciones plásticas sin disminuir su capacidad resistente), por lo cual es muy recomendable para construcciones sismo resistentes (Abeiga, 2016).

Este material de refuerzo es un producto de una aleación de hierro y carbono, usualmente con presencia de otros materiales como Manganeso, Cromo, Tungsteno, Cobalto, Plomo y Níquel entre otras impurezas, se ha usado en la industria desde hace siglos principalmente para suplir a la madera, para implementarlo como refuerzo se utilizan barras de acero de refuerzo longitudinal unidas con alambre de acero al refuerzo transversal, luego se lo encierra en una formaleta que luego se rellena con hormigón, que al endurecerse forma un nuevo elemento estructural.

El buen funcionamiento del elemento consiste en poseer buena resistencia a compresión, tracción y corte, frente a los varios tipos de esfuerzos a los cuales se ve sometido. El acero de refuerzo brinda resistencia adicional en los 3 casos: a compresión, la resistencia a tracción de los flejes brinda un confinamiento al concreto que se encuentre dentro de la sección del elemento de refuerzo; a tracción, el acero toma la totalidad de este tipo de esfuerzos, al tener mucha más resistencia a tracción que el concreto; y al corte, el caso de las vigas y losas, la resistencia a tracción del acero hace que el elemento resista más ante la falla por flexión. Para que todo funcione de manera óptima, el acero y el concreto deben estar adheridos en su totalidad, y no debe existir, y si existe debe ser mínimo, algún tipo de aislante en el acero de refuerzo, el cual no permita que los esfuerzos sean transmitidos en todo el elemento. (Lozano Chaparro, 2015)

### **1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE CARBONO EN LA CONSTRUCCIÓN**

Los sistemas de fibras de carbono o FRP por sus siglas en inglés (Fiber-Reinforced Polymer) han sido utilizados para rehabilitar o restaurar la resistencia de elementos

estructurales deteriorados, adaptar o reforzar una estructura la cual será sometida a un nuevo uso donde implica aumento de cargas, o para corregir errores tanto de diseño como de construcción alrededor del mundo a mediados de los años 80's, siendo Japón y Europa los pioneros en la utilización de estos métodos. Los elementos estructurales reforzados por fibras de carbono externamente enlazados, incluyen columnas, vigas, muros, nudos, conexiones, bóvedas, túneles, silos, tuberías, entre otros. Estos sistemas fueron desarrollados como alternativa a otros sistemas tradicionales de reforzamiento estructural como el encamisado de vigas y columnas (Maldonado Mora & Durán Fernández, 2013).

En elementos estructurales con esfuerzos a flexión que requieren ser reforzados mediante armadura de hormigón con fibra de carbono adicional, la hipótesis que empleamos es que el adhesivo asegure la transmisión correcta de los esfuerzos entre la superficie del soporte y el elemento de refuerzo, para de esa manera asegurar un trabajo armonioso entre los materiales; para el adhesivo se utilizan formulas epóxicas, cuya eficacia se ha demostrado tanto mediante ensayos como de manera experimental.

El refuerzo permite incrementar, además de la resistencia a flexión o cortante, la rigidez del elemento estructural. Se consigue de este modo controlar las deformaciones y las flechas. También es posible, para un mismo nivel de carga, limitar las tensiones en la armadura original del elemento reforzado, lo que permite controlar la apertura de fisuras (Parrilla Calle, Universidad Politecnica de Madrid, 2011).

Según Parrilla, entre los distintos tipos de fibras (carbono, vidrio, aramida, etc) que pueden servir para refuerzo, las de uso más extendido son las de carbono debido a su módulo de elasticidad más alto, que es compatible con la deformación del hormigón armado.

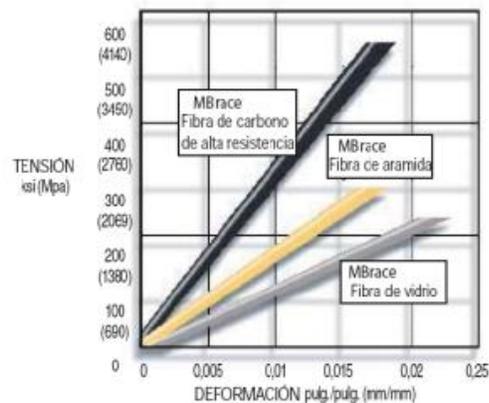


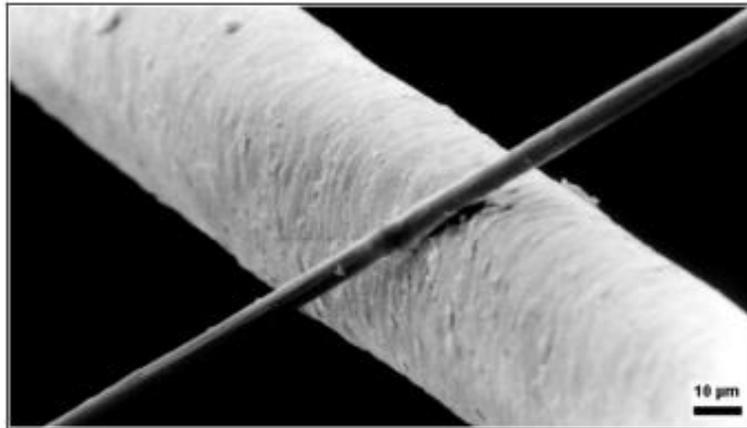
Ilustración 1.3.1: Diferentes tipos de fibras y gráfica tensión-deformación comparándolas.

Fuente: Pedro Parrilla Calle.

Es importante conocer la función de cada componente que forma el conjunto para de esa manera comprender la función de los materiales que lo componen; por ejemplo, la resina epoxi es la que mejor moja las fibras y más se adhiere a ellas, a continuación describimos las principales funciones de las fibras para entender su funcionamiento de mejor manera:

- Aportar la resistencia requerida frente a un esfuerzo de tracción.
- Aportar rigidez (elevar módulo elástico).
- Conductividad o aislamiento eléctrico, dependiendo del tipo de fibra.

Cada filamento de carbono es el resultado de la unión de miles de filamentos de carbono formando una hebra, un filamento es un tubo muy fino entre 5 y 8 micrómetros de diámetro como podemos observar en la siguiente imagen:



*Ilustración 1.3.2: Un filamento de carbono de 6 micrómetros de diámetro comparado con un cabello humano. Fuente: Pedro Parrilla Calle.*

La estructura atómica de la fibra de carbono es similar a la del grafito, consiste en láminas de átomos de carbono arreglados en un patron regular hexagonal. La diferencia recae en la manera en que esas hojas se entrecruzan. El grafito es un material cristalino en donde las hojas se sitúan paralelamente unas a otras de manera regular. Las uniones químicas entre las hojas son relativamente débiles, dándoles al grafito su blandura y brillo característicos (fácilmente observables en la punta de un lapicero). Por el contrario, la fibra de carbono es un material amorfo: las hojas de átomos de carbono están azarasamente foliadas, apretadas o juntas. Esto integra a las hojas, previniendo su corrimiento entre capas e incrementando notablemente su resistencia. (Parrilla Calle, Universidad Politecnica de Madrid, 2011)

Se considera que la fibra de carbono tiene mejores características que el acero ya su resistencia mecánica es 10 veces mayor. Adicionalmente es un material muy liviano, como el plástico, con una densidad de  $1.750 \text{ kg/m}^3$  (Bolufe, 2007).

La fibra de carbono es un material compuesto, relativamente caro frente a los materiales que normalmente se utilizan en la construcción. Se comercializa principalmente para la industria automotriz y de aviación debido a que resiste muy bien los altos esfuerzos y tiene bajo peso (Moncayo Theurer & Rodríguez, 2016).

En las últimas décadas, la aplicación de compuestos de fibra de carbono para el refuerzo de estructuras, empieza a ser una alternativa de refuerzo común y sus propiedades conseguidas pueden ser superiores por la mayor resistencia mecánica y a la corrosión. Son importantes también sus características de ligereza y rapidez, además de los ahorros obtenidos en el proceso total del refuerzo (Gómez et al, 2003).

## 1.4 NORMATIVAS VIGENTES

En el caso del refuerzo de diseño en hormigón armado con aplicación de fibras de carbono, aplicaremos las normas y recomendaciones presentadas en el American Concrete Institute (ACI-2019, ACI-440), manuales que significan un gran aporte para considerar los factores de riesgo derivados del análisis sismo-resistente.

A continuación se mostrarán algunas generalidades del manual ACI-2019:

### 18.2 — Generalidades

#### 18.2.1 *Sistemas estructurales*

**18.2.1.1** Todas las estructuras deben asignarse a una categoría de diseño sísmico (CDS) de acuerdo con 4.4.6.1.

**18.2.1.2** Todos los miembros deben cumplir los requisitos de los Capítulos 1 a 17 y 19 a 26. Las estructuras asignadas a las CDS B, C, D, E o F deben también cumplir con 18.2.1.3 hasta 18.2.1.7, según corresponda. Si los requisitos del Capítulo 18 están en conflicto con los de otros capítulos de este Reglamento, rigen los requisitos del Capítulo 18.

**18.2.1.3** Estructuras asignadas a la CDS B deben cumplir con 18.2.2.

**18.2.1.4** Estructuras asignadas a la CDS C deben cumplir con 18.2.2, 18.2.3 y 18.13.

**18.2.1.5** Estructuras asignadas a las CDS D, E, o F deben cumplir con 18.2.2 hasta 18.2.8, y 18.12 hasta 18.14.

**18.2.1.6** Los sistemas estructurales designados como parte del sistema de resistencia ante fuerzas sísmicas deben limitarse a aquellos designados por el reglamento general de construcción o aquellos que han sido determinados por la autoridad competente en áreas que no cuenten con un reglamento general de construcción legalmente adoptado. Excepto para la CDS A, para

*Ilustración 1.4.1: Generalidades de reglamento para estructuras sismo-resistentes ACI-2019.*

*Fuente: ACI318-19.*

No es necesario que todas las estructuras cumplan con todos los requisitos de los capítulos del ACI. Sin embargo, deben cumplir con todos los demás requisitos aplicables del reglamento

de estructuras sismo-resistentes. Los requisitos para el diseño deben ser compatibles con los niveles de respuesta inelástica en el cálculo de las fuerzas sísmicas de diseño.

Para el caso del reforzamiento de la estructura metálica consideramos importante aplicar las normas del American Institute of Steel Construction (AISC), pues sus factores de seguridad son desarrollados para que el material se comporte de manera adecuada bajo situaciones de riesgo.

En la siguiente imagen se muestra las descripciones generales del manual del AISC-2016 que deben considerarse para el diseño del acero de refuerzo:

## **C2. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS REQUERIDAS**

Para el método diseño de análisis directo, las resistencias requeridas de los componentes de la estructura deberán ser determinadas a través de un análisis en conformidad a la Sección C2.1. El análisis deberá incluir consideraciones relativas a imperfecciones iniciales de acuerdo con la Sección C2.2 y ajustes en la rigidez según la Sección C2.3.

### **1 Requisitos Generales de Análisis**

El análisis de la estructura deberá cumplir los siguientes requisitos:

- (a) El análisis deberá considerar las deformaciones por flexión, corte y fuerza axial, y las deformaciones de todas aquellas componentes y conexiones que contribuyan a los desplazamientos de la estructura. El análisis deberá incluir reducciones en todas las rigideces que se considera que contribuyen a la estabilidad de la estructura, según se especifica en la Sección C2.3.
- (b) El análisis de segundo orden deberá considerar los efectos  $P-\Delta$  y  $P-\delta$ , excepto que es aceptable no considerar el efecto  $P-\delta$  en la respuesta de la estructura cuando las siguientes condiciones sean satisfechas: (1) la estructura soporta cargas gravitacionales principalmente a través de columnas, muros o marcos nominalmente verticales; (2) la razón entre la máxima deriva de piso de segundo orden y la máxima deriva de piso de primer orden (ambos determinados con la combinación de cargas LRFD o 1,6 veces la combinación de cargas ASD, con las rigideces ajustadas de acuerdo con la Sección C2.3) en todos los pisos es igual o menor a 1,7; y (3) no más de un tercio del total de la carga gravitacional de la estructura es soportada por columnas que son partes de marcos resistentes a momento en la dirección de traslación considerada. Es necesario en todos los casos considerar los efectos  $P-\delta$  en la evaluación de elementos individuales sometidos a compresión y flexión.

*Ilustración 1.4.2: Requisitos de análisis AISC-2016.  
Fuente: American Institute of Steel Construction.*

## CAPÍTULO 2: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

El análisis estructural es una fase que es parte de la Ingeniería Estructural; es un área de ingeniería que abarca conocimientos científicos y técnicos que son vitales en los procesos requeridos para la fabricación de elementos estructurales que cumplan las normas establecidas vigentes y sean seguras para soportar actividades humanas.

Cuando se habla de análisis estructural, se entiende como un proceso para determinar la respuesta de la estructura a cargas o acciones mediante cálculos basados en métodos específicos, esta respuesta es medida observando los esfuerzos y desplazamientos de la estructura en sus puntos más representativos.

### 2.1 Esclerometrías

Con el propósito de determinar la resistencia a compresión simple del hormigón de los elementos estructurales, se utilizó el esclerómetro, el cual obtuvo los resultados que se mostrarán en las siguientes tablas:

Tabla 1 esclerometría C1

ESCLEROMETRÍA COLUMNA C1			
# disparos	valor medido esclerometro	MPA	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	20	10	100.0
2	20	10	100.0
3	23	14	140.0
4	20	10	100.0
5	20	10	100.0
6	21	11	110.0
7	20	10	100.0
8	20	10	100.0
9	23	14	140.0
10	20	10	100.0
11	20	10	100.0
12	22	12	120.0
VALOR ASUMIDO:			100.0

Fuente: Autor.

Tabla 2 esclerometría C2

ESCLEROMETRÍA COLUMNA C2			
# disparos	valor medido esclerometro	MPA	f' c (kg/cm2)
1	27	19	190.0
2	29	22	220.0
3	30	23	230.0
4	28	20	200.0
5	29	22	220.0
6	26	18	180.0
7	28	20	200.0
8	30	23	230.0
9	30	23	230.0
10	26	18	180.0
11	29	22	220.0
12	27	19	190.0
VALOR ASUMIDO:			210.0

Fuente: Autor.

Tabla 3 esclerometría C3

ESCLEROMETRÍA COLUMNA C3			
# disparos	valor medido esclerometro	MPA	f' c (kg/cm2)
1	29	22	220.0
2	28	20	200.0
3	32	26	260.0
4	27	19	190.0
5	31	24	240.0
6	29	22	220.0
7	29	22	220.0
8	30	23	230.0
9	30	23	230.0
10	28	20	200.0
11	29	22	220.0
12	30	23	230.0
VALOR ASUMIDO:			220.0

Fuente: Autor.

Tabla 4 esclerometría C4

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C4</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	28	20	200.0
2	28	20	200.0
3	29	22	220.0
4	28	20	200.0
5	25	16	160.0
6	27	19	190.0
7	26	18	180.0
8	27	19	190.0
9	27	19	190.0
10	26	18	180.0
11	28	20	200.0
12	28	20	200.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>195.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 5 esclerometría C5

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C5</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	29	22	220.0
2	31	24	240.0
3	28	20	200.0
4	27	19	190.0
5	29	22	220.0
6	27	19	190.0
7	28	20	200.0
8	28	20	200.0
9	29	22	220.0
10	27	19	190.0
11	26	18	180.0
12	26	18	180.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>200.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 6 esclerometría C6

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C6</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	26	18	180.0
2	30	23	230.0
3	30	23	230.0
4	31	24	240.0
5	25	16	160.0
6	27	19	190.0
7	29	22	220.0
8	28	20	200.0
9	27	19	190.0
10	28	20	200.0
11	26	18	180.0
12	26	18	180.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>195.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 7 esclerometría C7

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C7</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	29	22	220.0
2	30	23	230.0
3	30	23	230.0
4	29	22	220.0
5	30	23	230.0
6	29	22	220.0
7	29	22	220.0
8	28	20	200.0
9	30	23	230.0
10	29	22	220.0
11	29	22	220.0
12	29	22	220.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>220.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 8 esclerometría C8

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C8</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	28	20	200.0
2	28	20	200.0
3	24	15	150.0
4	28	20	200.0
5	25	16	160.0
6	29	22	220.0
7	25	16	160.0
8	30	23	230.0
9	28	20	200.0
10	31	24	240.0
11	26	18	180.0
12	25	16	160.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>200.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 9 esclerometría C9

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C9</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
1	25	16	160.0
2	25	16	160.0
3	24	15	150.0
4	30	23	230.0
5	26	18	180.0
6	26	18	180.0
7	28	20	200.0
8	27	19	190.0
9	27	19	190.0
10	25	16	160.0
11	27	19	190.0
12	29	22	220.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>185.0</b>

Fuente: Autor.

Tabla 10 esclerometría C10

<b>ESCLEROMETRÍA COLUMNA C10</b>			
<b># disparos</b>	<b>valor medido esclerometro</b>	<b>MPA</b>	<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	25	16	160.0
2	22	12	120.0
3	23	14	140.0
4	25	16	160.0
5	27	19	190.0
6	23	14	140.0
7	24	15	150.0
8	25	16	160.0
9	25	16	160.0
10	24	15	150.0
11	25	16	160.0
12	27	19	190.0
<b>VALOR ASUMIDO:</b>			<b>160.0</b>

Fuente: Autor.

Tres de los diez ensayos realizados igualan o superan el valor de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de resistencia del hormigón a compresión simple, esto nos da un resultado de esclerometrías no satisfactorio.



Ilustración 2.1 toma de medidas con esclerómetro.  
Fuente: Autor.

## 2.2 Escáner de armados

Se utilizó el scanner de armados para determinar la disposición de armado de elementos estructurales de hormigón armado, en la siguiente tabla podemos observar los datos que se han registrado:

Tabla 11 datos escáner de armados.

ELEMENTO	ACERO LONGITUDINAL	ACERO TRANSVERAL
COLUMNAS (sección variable, 25x15cm, 20x15cm )	Malla electrosoldada V5 reforzada $\phi$ 12mm	1 estribo cada 15cm
VIGAS (embebidas en losa de 20cm de peralte)	Malla electrosoldada V8 reforzada $\phi$ 12mm	1 estribo cada 15cm
LOSA NERVADA (20 de espesor) aliviada con bloque	varillas de refuerzo $\phi$ 12mm	varillas de refuerzo $\phi$ 12mm

Fuente: Autor.



*Ilustración 2.2 recopilación de datos con el escáner de armados.  
Fuente: Autor.*

### **2.3 Medición de grietas y desplazamientos**

En la parte del pie y cabeza de las columnas se realizaron mediciones para determinar la magnitud de los desplazamientos que se generaron en los pórticos estructurales.

Algunas columnas presentan una ligera inclinación que puede ser causada por la deformación existente en la losa de entrepiso.



*Ilustración 2.3.1 revisión de inclinación de la columna.  
Fuente: Autor.*

El tamaño de las grietas estructurales no excedía los 3 mm, por lo cual, no fue necesario utilizar el ultrasonido de fisuras para la medición de estas. Sin embargo, algunas de las grietas no estructurales (las de mampostería) que son considerables, a continuación se ilustra una imagen como ejemplo:



*Ilustración 2.3.2 fisura estructural.  
Fuente: Autor.*

### **CAPÍTULO 3: MODELACIÓN EN PROGRAMAS COMPUTACIONALES**

Se realizó una modelación de toda la estructura, basándonos en la información de las visitas técnicas y los ensayos no destructivos (END) efectuados, en un software especializado para estructuras, de esta manera replicando la realidad de secciones y armadura de elementos.

Para la modelación, se consideraron cargas gravitatorias, sísmicas y todas las exigencias de las más recientes normativas vigentes.

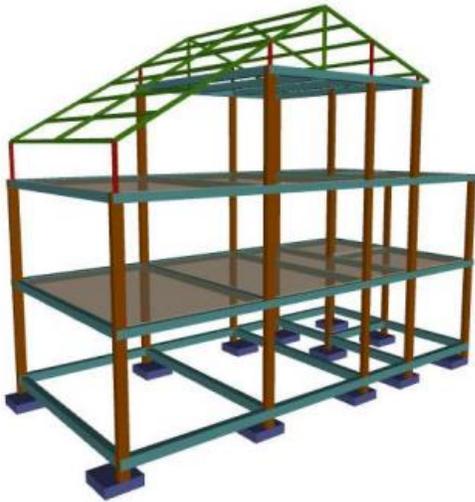


Ilustración 3.1.1 Modelo computarizado de la vivienda.  
Fuente: Autor.



Ilustración 3.1.2 Modelo computarizado de la vivienda.  
Fuente: Autor.

En las imágenes siguientes, se mostrarán las deformaciones resultantes para la estructura, recreadas en el software con combinación de cargas muertas y vivas:

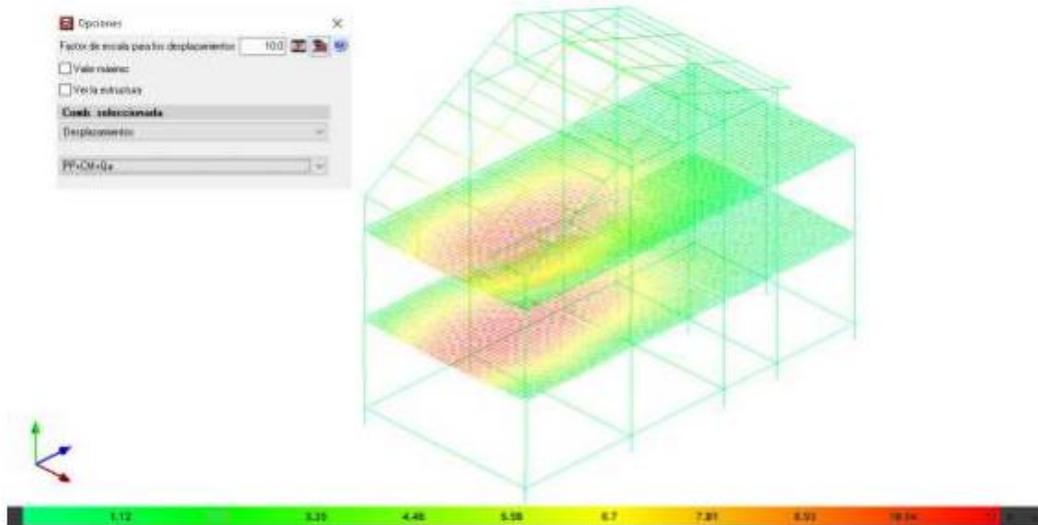


Ilustración 3.1.3 Representación de cargas de la vivienda.  
Fuente: Autor.

Por lo que la modelación muestra, la estructura ya presenta considerables deformaciones en las losas de los entrepisos solamente debido a las cargas gravitatorias.

En las siguientes imágenes se mostrará el modo de vibrar de la estructura basado en los casos de sismos que podrían darse en nuestra zona:

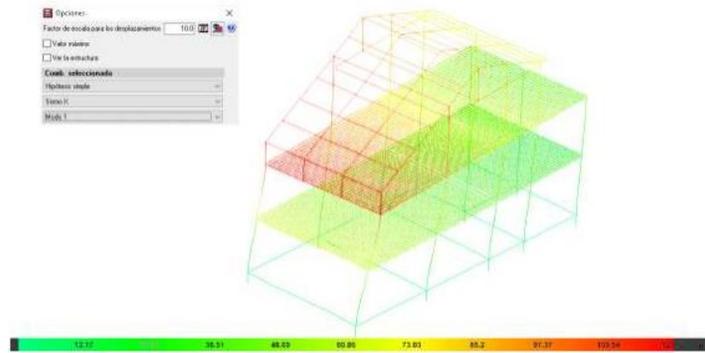


Ilustración 3.1.4 Simulación de sismo trepidatorio.  
Fuente: Autor.

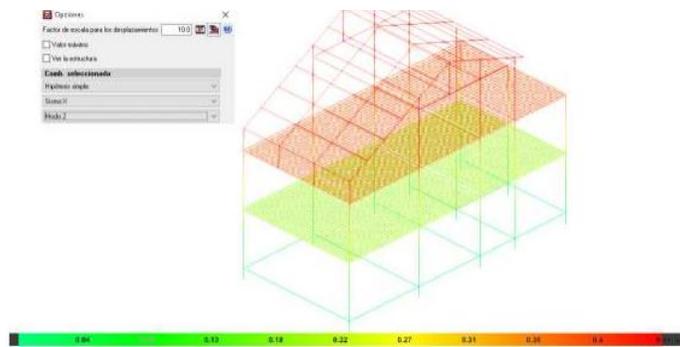


Ilustración 3.1.5 Simulación de sismo oscilatorio.  
Fuente: Autor.

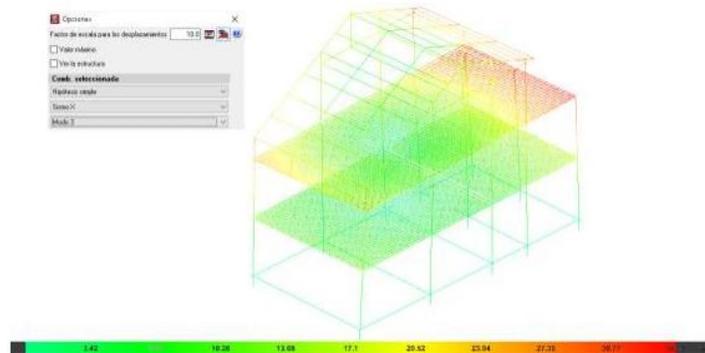


Ilustración 3.1.6 Simulación de sismo trepidatorio.  
Fuente: Autor.

En las siguientes imágenes se ilustra los desplazamientos en losas de entrepisos para combinaciones de cargas muertas y vivas:

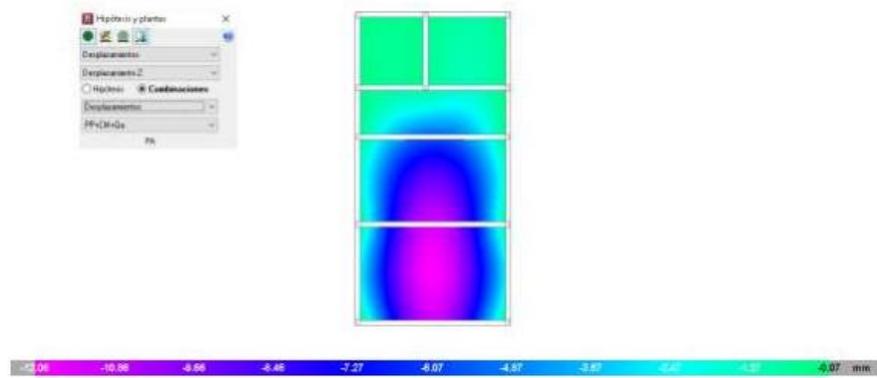


Ilustración 3.1.7 desplazamiento entrepiso con carga muerta.  
Fuente: Autor.

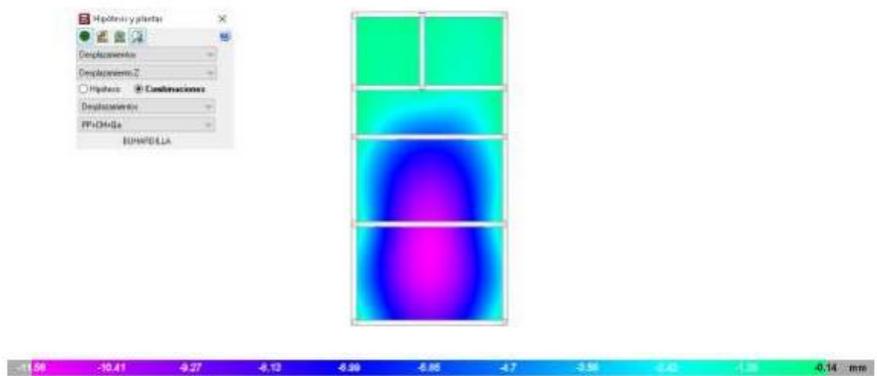


Ilustración 3.1.8 desplazamiento entrepiso con carga viva.  
Fuente: Autor.

También se obtuvo las flechas en las losas de entrepiso, ilustradas a continuación:

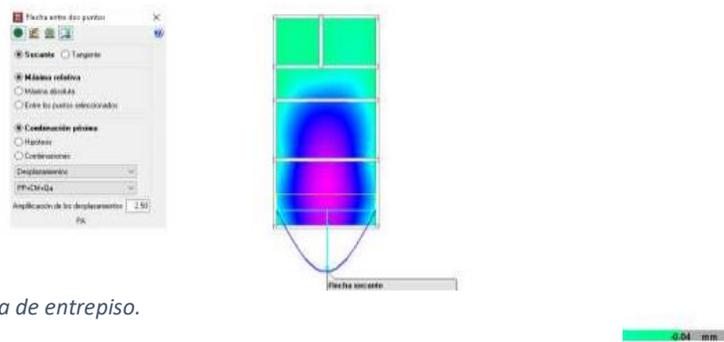


Ilustración 3.1.9 flecha de losa de entrepiso.  
Fuente: autor.

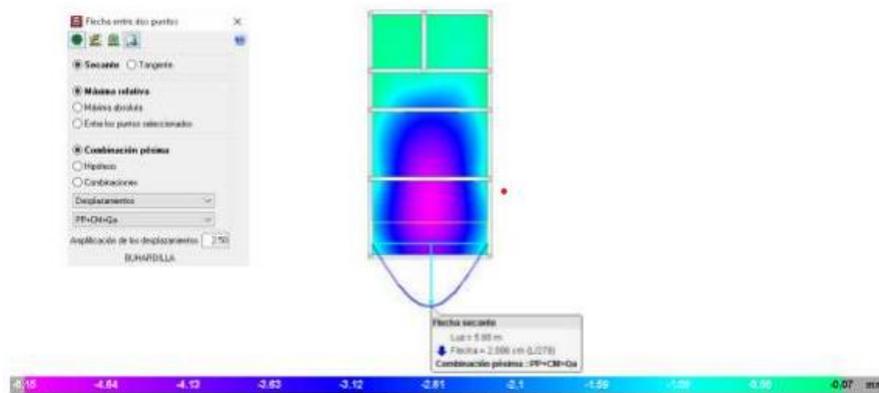


Ilustración 3.1.10 flecha de losa de entrepiso.  
Fuente: Autor.

Existe una deformación fuera de la normativa en la losa existente debido a sus características constructivas, esta situación eventualmente derivó en el agrietamiento de mamposterías en las plantas superiores.

Al realizar la comprobación de deriva de piso de la estructura, se obtuvieron los resultados siguientes:

Desplome total máximo de los pilares ( $\Delta / H$ )			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 23 (C1, C2)	1 / 64 (C2, C10)
Notas: <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

La deriva máxima inelástica  $\Delta_M$  debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = 0.75 R \Delta_E$$

$$\Delta_{MX} = 0.75 \left( \frac{1}{23} \right) = 0.032 < 0.02 \quad \therefore \text{NO CUMPLE}$$

$$\Delta_{MY} = 0.75 \left( \frac{1}{64} \right) = 0.011 < 0.02 \quad \therefore \text{CUMPLE}$$

Ilustración 3.1.11 Desplome total máximo de los pilares, fórmulas.  
Fuente: Autor.

Se consideró que la estructura de la vivienda en cuestión, no tiene un grado de hiperestaticidad adecuado, pues hay dos únicos ejes de columnas resistentes en el eje X, en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015) se recomienda siempre tener al menos 3 ejes resistentes en cada dirección.

## 1.5 Otros problemas de irregularidad en estructuras

### 1.5.1 Poca hiperestaticidad:

El diseño sismo-resistente prevee varios mecanismos que actúen como líneas de defensa, en el caso de la ocurrencia de un sismo severo. Una de esas líneas de defensa es la provisión de un buen número de elementos estructurales verticales (columnas, muros estructurales, vigas) que tenga la edificación, de manera que las demandas de ductilidad y resistencia sean compartidas entre ellas. Cuando se tiene pocos elementos estructurales verticales (Poca hiperestaticidad) el riesgo al colapso de la estructura aumenta, pues el fallo de uno de ellos puede provocar directamente dicho colapso. Mientras más elementos estructurales verticales, mejor será el comportamiento de la estructura frente a un sismo.

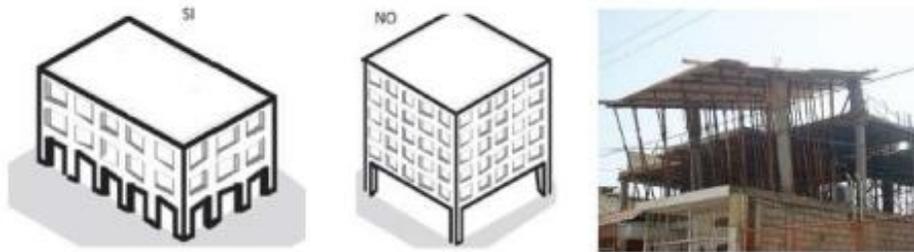


Figura 31: Hiperestaticidad en la estructura

Ilustración 3.1.12 Problemas de irregularidad en estructuras.

Fuente: NEC-2015.

Para las luces abiertas que existen, las vigas no cumplen con el peralte mínimo de la normativa para salvar los vanos que se presentan; en el entrepiso las vigas son tipo banda, es decir que no descuelgan de la losa, sino tienen la misma altura. Además, en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015) se indica que las vigas banda deben tener al menos un peralte no menor a 25 cm, como se indica en el extracto siguiente de la normativa:

### PÓRTICO ESPECIAL SISMO RESISTENTE CON VIGAS BANDA

Estructura compuesta por columnas y losas con vigas bandas (del mismo espesor de la losa) que resisten cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión losa-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñada y detallada para presentar un comportamiento estructural dúctil. Para ser aceptable la utilización de la viga banda, ésta debe tener un peralte no menor a 0.25m.

Ilustración 3.1.13 Pórtico especial sismo resistente con vigas banda.

Fuente: NEC-2015.

Debido al hecho de que las vigas tienen más sección que las columnas, se incumple el criterio de diseño sismo-resistente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015); columna fuerte – viga débil, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 12 Sistemas estructurales de hormigón armado.

## 2.4. Sistemas estructurales de hormigón armado

La [Tabla 2](#) presenta una clasificación de estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado.

Sistema estructural	Elementos que resisten sismo	Ubicación de rótulas plásticas	Objetivo del detallamiento
Pórticos con vigas banda	Columnas y vigas banda	Extremo de vigas y base de columnas 1er piso.	Columna fuerte, nudo fuerte, viga fuerte a corte y punzonamiento pero débil en flexión.

Fuente: NEC-2015.

Pudimos comprobar que la sección de las vigas de cimentación no eran las mas adecuadas, o sea de bajo peralte o altura; la repercusión de este caso provocó fisuras en las paredes de la planta baja.

Con la modelación dinámica estructural y revisión de resultados de los estados de limite últimos de los miembros, llegamos a la conclusión de que los elementos de la estructura no cumplen un diseño capaz ni siquiera en las solicitaciones sísmicas, por lo que es necesario un reforzamiento estructural.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la ayuda de un programa computacional, introduciremos la información y evaluaremos los resultados. Identificaremos el comportamiento de cada elemento estructural y analizaremos que sucede con cada uno de estos al aplicarle cargas y llegaremos a una conclusión basada en dicho análisis.

### 4.1 Análisis de columnas para reforzamiento de fibra de carbono

En los últimos años, la fibra de carbono se ha utilizado en la construcción con beneficios a corto y largo plazo como: rápida instalación, menor mano de obra y un tamaño reducido, lo que permite un uso eficiente de este material. Para el diseño del refuerzo de fibra de carbono en vigas y columnas, todos los datos de esfuerzos y momentos del programa de construcción se obtienen de antemano. Además, se debe conocer la capacidad nominal de la columna, la cual está basada en la normativa ACI440, donde se menciona la fórmula siguiente:

$$\phi P_n = 0.8\phi[0.85f'_c(A_g - A_s) + f_y A_s]$$

*Donde:*

$P_n$  = Capacidad nominal de la columna.

$\phi$  = Coeficiente de reducción.

$f'_c$  = Resistencia a compresión del hormigón.

$A_g$  = Área de la sección.

$A_s$  = Área de acero.

$f_y$  = Límite a fluencia del acero.

*Ilustración 4.1.1: fórmula ACI440. Fuente: Manual ACI440.*

Para realizar este análisis, también debemos entender las cargas que actúan en las columnas para obtener los valores máximos que pueden soportar incluyendo el refuerzo de fibra de carbono.

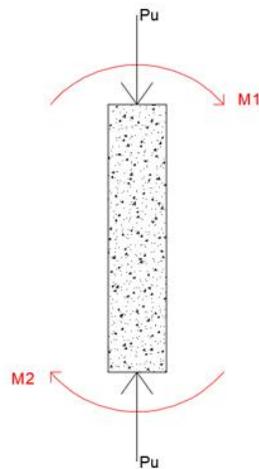


Ilustración 4.1.2: Cargas que actúan en las columnas.  
Fuente: Autor.

Las columna tiene una carga  $P_u$  que es el producto de las cargas mayoradas requeridas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015) y el esfuerzo axial.  $M_1$  y  $M_2$  son los momentos mayorados en el extremo de la columna, teniendo en cuenta los más desfavorables. El valor de torque o momento último se denomina  $M_u$ , luego  $M_u$  y  $P_u$  son los torques y cargas deseados en las columnas y deben coincidir o tener un valor que esté dentro del diagrama de interacción.

Se realizó una tabla automatizada para calcular y procesar los datos de cada columna ingresando estos valores; entonces al ingresar estos datos ( $M_u$  y  $P_u$ ) nos indicará si es que las cargas estarán dentro del rango de resistencia máxima de la columna ya reforzada, es decir, si el punto se encuentra por dentro o por debajo de la línea de la gráfica, significará que la columna si es capaz de resistir las cargas con el refuerzo agregado. En la siguiente imagen se mostrará un ejemplo:

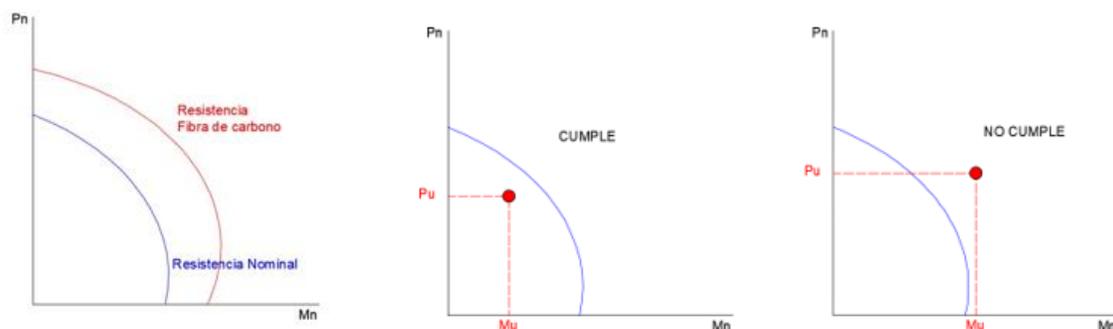


Ilustración 4.1.3: ejemplo de gráfica de resistencias de columnas reforzadas con fibra de carbono.  
Fuente: Autor

El análisis basado en lo detallado previamente, se realizó para todas las columnas de la vivienda, a continuación se mostrará el ejemplo de análisis para la columna C1, se procedió de la misma manera para las demás columnas, obteniendo un resultado claro de cuántas capas de refuerzo se necesitarán para cada una:

**1.1.- Columnas**

Resumen de las comprobaciones												
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos p <sup>és</sup> imos						P <sup>és</sup> ima	Aprox. (%)	Estado
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t.m)	Myy (t.m)	Qx (t)	Qy (t)			
C1	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	4.76	0.37	0.41	-0.53	-0.40	Disp.	-	No cumple
				G, Q	5.96	0.48	0.53	-0.68	-0.52	Q	40.6	Cumple
				G, Q, S	4.69	0.16	0.91	-1.01	-0.21	N,M S.	87.9	Cumple
			Pie	G	5.09	-0.63	-0.91	-0.53	-0.40	Disp.	-	No cumple
				G, Q	6.24	-0.81	-1.17	-0.68	-0.52	Q	55.3	Cumple
				G, Q, S	4.97	-0.35	-1.62	-1.01	-0.20	N,M S.	157.9	No cumple
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	9.56	0.55	0.97	-0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	9.70	0.11	2.11	-1.63	0.10	N,M S.	230.4	No cumple
			Pie	G	9.89	-0.29	-0.54	-0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	9.97	0.36	-1.96	-1.63	0.10	N,M S.	219.5	No cumple
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G	11.01	0.01	0.06	-0.39	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	7.52	0.52	-0.92	-1.02	0.30	Q S.	66.7	Cumple
				G, S	9.00	-0.51	1.01	0.44	-0.37	N,M S.	92.6	Cumple
			Pie	G	11.05	-0.01	-0.04	-0.39	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	9.91	0.58	-1.18	-1.11	0.29	Q S.	73.8	Cumple
				G, Q, S	11.19	0.58	-1.18	-1.08	0.31	N,M S.	108.0	No cumple
	Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	11.19	0.58	-1.18	-1.08	0.31	N,M S.	100.6	No cumple

Ilustración 4.1.4: Esfuerzos máximos columna C1.  
Fuente: Autor.

Después de obtener estos valores a partir de la modelación realizada en el software computacional, se procedió a calcular su resistencia:

**DATOS DE ENTRADA: INFORMACION DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE**

**Geometría de la Sección**

Columnas Rectangulares (metodología no provista para columnas circulares)

h =	250	mm	Introduzca la longitud más larga de los lados
b =	150	mm	Introduzca la longitud más corta de los lados
r <sub>c</sub> =	25	mm	Radio de las esquinas de la sección confinada con FRP
D <sub>transcircular</sub> =	291.55	mm	Diagonal de la sección transversal rectangular
A <sub>0,transcircular</sub> =	37500	mm <sup>2</sup>	Area total de la sección transversal rectangular

**Información del acero existente**

Reinforcement	Tied	Seleccione el tipo de estribo (tied: rectangular, spiral: espiral)
A <sub>s1</sub> =	226	mm <sup>2</sup> Area de acero para la primera capa de refuerzo (ver la Figura 1). Introducir "0" si la capa no está presente.
A <sub>s2</sub> =	0	mm <sup>2</sup> Area de acero para la segunda capa de refuerzo (ver la Figura 1). Introducir "0" si la capa no está presente.
A <sub>s3</sub> =	0	mm <sup>2</sup> Area de acero para la tercera capa de refuerzo (ver la Figura 1). Introducir "0" si la capa no está presente.
A <sub>s4</sub> =	226	mm <sup>2</sup> Area de acero para la cuarta capa de refuerzo (ver la Figura 1). Introducir "0" si la capa no está presente.
A <sub>s</sub> =	452	mm <sup>2</sup> Area de acero total
d <sub>1</sub> =	25	mm Distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto a la primer capa de refuerzo.
d <sub>2</sub> =	0	mm Distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto a la segunda capa de refuerzo.
d <sub>3</sub> =	0	mm Distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto a la tercera capa de refuerzo.
d <sub>4</sub> =	225	mm Distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto a la cuarta capa de refuerzo.
Si hay más de cuatro capas, agrupe dos o más capas de acero e introduzca el área de acero resultante y la distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto al centroide de la capa "agrupada".		
d =	225	mm Distancia desde la fibra extrema a compresión del concreto al centroide del acero extremo a tensión
φ =	0.65	- Factor de reducción de resistencia (ACI 318-05)
A <sub>g</sub> =	37500	mm <sup>2</sup> Area total de la sección transversal
ρ <sub>s</sub> , % =	1.21	% Relación entre el área de acero longitudinal y el área total de la sección transversal del elemento a compresión

**Nuevas condiciones de carga**

P <sub>DL</sub> =	99.7	kN	Carga axial muerta (sin mayorar)
P <sub>LL</sub> =	0	kN	Carga axial viva (sin mayorar)
M <sub>DL</sub> =	15	kN-m	Momento de carga muerta (sin mayorar)
M <sub>LL</sub> =	0	kN-m	Momento de carga viva (sin mayorar)
	NO		Se espera sostener la carga viva? (depósitos y otras aplicaciones similares). Introduzca "YES" o "NO". Si "YES" es introducido se hará el chequeo φP <sub>n</sub> M <sub>n</sub> > 1.1P <sub>D</sub> M <sub>D</sub> + 1.0P <sub>L</sub> M <sub>L</sub> . Si "NO" es introducido se hará el chequeo φP <sub>n</sub> M <sub>n</sub> > 1.1P <sub>D</sub> M <sub>D</sub> + 0.75P <sub>L</sub> M <sub>L</sub> .

**Propiedades de los materiales de la sección transversal**

f <sub>y</sub> =	420	MPa	Esfuerzo de fluencia del acero
E <sub>s</sub> =	200000	MPa	Módulo de elasticidad del acero
f <sub>c</sub> =	5	MPa	Esfuerzo a compresión del concreto
ε <sub>c</sub> =	0.0020	-	Deformación unitaria máxima del concreto sin confinar correspondiente a f <sub>c</sub> (por ejemplo, ε <sub>c</sub> ' = $\frac{1.71 - f_c'}{E_c}$ )
E <sub>c</sub> =	31685	MPa	Módulo de elasticidad del concreto (= 4700 · √f <sub>c</sub> para concreto de peso normal)

**Propiedades del sistema FRP**

Selección del FRP	SikaWrap Hex 103C	Seleccione un sistema FRP SIKA. Al seleccionar, los campos con las propiedades del material apropiadas se actualizan automáticamente. Las propiedades del SikaWrap 300C se basan en pruebas con el SikaWrap Hex 117C, el cual tiene fibras similares y la misma matriz - contacte a Sika para más detalles.	
Environment	Interior	Seleccione un ambiente apropiado con base en las condiciones de servicio. Al seleccionar, el factor de reducción ambiental se actualiza automáticamente.	
n <sub>capas</sub> =	6	Número de capas	
f <sub>u</sub> * =	651	MPa	Esfuerzo a tensión último del FRP
ε <sub>u</sub> * =	0.0091	-	Deformación unitaria última del FRP
E <sub>f</sub> =	62354	MPa	Módulo de elasticidad del FRP
t =	1.0160	mm	Espesor de diseño nominal de un tejido FRP
C <sub>c</sub> =	0.95	-	Factor de reducción por exposición ambiental (ACI 440.2R-08, Tabla 9.1): 0.95 para interior, 0.85 para exterior y exposición a ambiente agresivo.
ψ <sub>f</sub> =	0.95	-	Factor de reducción adicional, con base en la recomendación del Comité ACI 440
k <sub>f</sub> =	0.55	-	Factor de eficiencia de la deformación unitaria. Tiene en cuenta fallas prematuras potenciales del FRP debidas a esfuerzos multiaxiales.

Al variar los parámetros del FRP, el diseñador puede examinar varias configuraciones de reforzamiento y llegar a una solución de diseño óptima que satisfaga todas las condiciones.

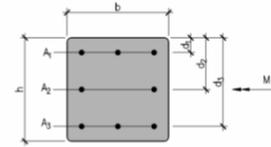


Figura 1 - Sección transversal de la columna a reforzar.

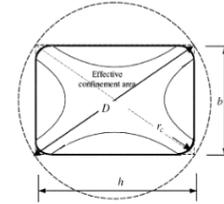
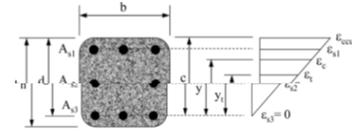
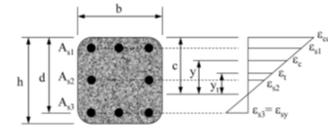


Figura 2 - Sección transversal circular equivalente para formas rectangulares.



(a) Point B



(b) Point C

Figura 3 - Distribuciones de las deformaciones unitarias para los Puntos B y C en el diagrama de interacción simplificado.

Ilustración 4.1.5: Datos de entrada para la columna C1.

Fuente: Autor

En el programa se ingresan los datos específicos de cada columna, incluyendo la geometría de la sección, la información del acero existente en el elemento, las condiciones de carga, las propiedades físicas de los materiales de la sección transversal y se selecciona las propiedades del sistema de refuerzo de fibra de carbono (FRP) que será utilizado. A partir de esto se obtiene la gráfica de momentos y esfuerzos axiales últimos, en donde nos muestra si con las capas de refuerzo ingresadas la columna resistirá las solicitaciones o no.

Para la primera columna (C1), con los datos ingresados, se dibujó la siguiente gráfica:

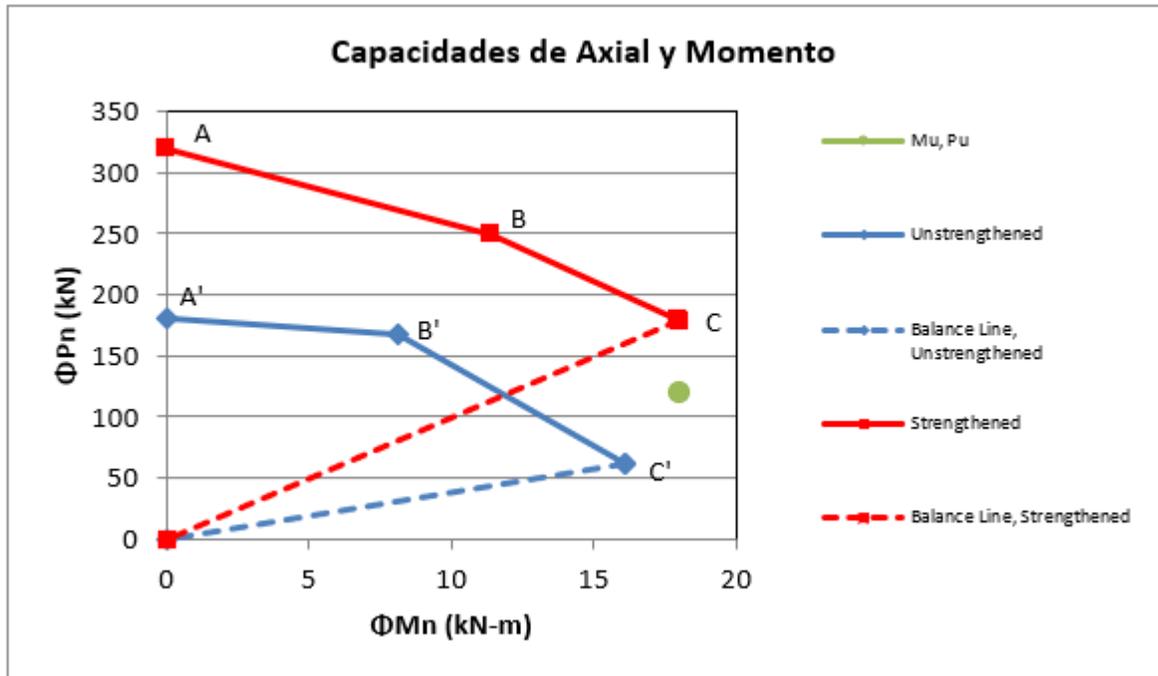


Ilustración 4.1.6: Gráfica  $\mu_u$  y  $P_u$  para la columna C1.  
Fuente: Autor.

Esta ilustración nos indica que la columna C1 si resistirá las solicitaciones con un reforzo de 6 capas de fibra de carbono (FRP).

Este procedimiento se realizó para todas las columnas en cada nivel de la vivienda, siendo estos la planta alta (PA 0-2.7 m), y la buhardilla (2.5-5.4 m), en la siguiente tabla se resume la cantidad de capas de fibra que cada columna requeriría para ser reforzada de manera apropiada para resistir las solicitaciones:

Tabla 13 columnas que necesitan reforzamiento con FRP.

Columnas que requieren reforzamiento con fibra de carbono			
Tramo	Columnas	Dimensión (cm)	Capas de refuerzo FRP
PA (0-2.7 m)	C1	15x25	6
	C2	15x25	6
	C3	15x25	11
	C4	15x25	11
	C5	15x25	6
	C6	15x25	6
	C7	15x25	6
	C8	15x25	6
	C9	15x25	6
	C10	15x25	6
	C11	15x25	6
	C12	15x25	17
BUHARDILLA (2.7-5.4 m)	C1	15x25	6
	C2	15x25	6
	C3	15x25	6
	C4	15x25	6
	C5	15x25	6
	C6	15x25	6
	C7	15x25	6
	C8	15x25	6
	C9	15x25	6
	C10	15x25	6
	C11	15x25	6
	C12	15x25	6
CUB (5.4 - 8.1 m)	C3	15x25	7
	C4	15x25	6
	C5	15x25	6
	C6	15x25	6
	C7	15x25	6
	C12	15x25	6

Fuente: Autor.

## 4.2 Análisis de vigas para reforzamiento con fibra de carbono

Se ha explicado previamente las condiciones en las que se encuentra la vivienda, por lo que es necesario reforzar para que la estructura funcione sin inconvenientes. Se decidió implementar el esfuerzo a flexión con fibra de carbono en las vigas de la vivienda.

Después de introducir los datos de las vigas en el programa computacional, este mostró que no se cumplían las solicitudes de momentos últimos a los cuales estará sometida la estructura al ocurrir un sismo por lo que es muy probable que la estructura colapse, por ello es necesario identificar el refuerzo que requieren a través del programa; en las visitas técnicas de la vivienda pudimos obtener que las dimensiones de las vigas son de 20x20 cm, con 3 varillas de 12 mm. Las fibras de carbono que se utilizarán son de marca SIKA con su refuerzo de platina de fibra de carbono Sika Carbodour S512.

Las platinas Sika Carbodour S512 tienen un ancho de 50 mm, espesor de 1,2 mm y una sección transversal de 60 mm<sup>2</sup>, en la siguiente imagen se observa los datos introducidos en el programa:

### Geometría de la Sección

h =	200	mm
b =	200	mm
b <sub>w</sub> =	200	mm
h <sub>f</sub> =	0	mm
	NO	

Altura de la sección  
 Ancho de la losa o viga rectangular  
 Ancho del alma de la viga T (bw = b para secciones rectangulares, bw < b para secciones en T)  
 Espesor de la losa superior de la viga T (hf = 0 para secciones rectangulares)  
 Está la sección fisurada en el momento de la instalación del FRP? (Cargas en el pasado u otras razones). Introduzca "YES" or "NO". Si "YES" es introducido, los chequeos Mi>McR (línea 214) y Ms>McR (línea 432) no se realizan y la sección es considerada fisurada automáticamente.

### Información del acero existente

A <sub>s</sub> =	339.27	mm <sup>2</sup>
d =	175	mm
A <sub>c</sub> =	339.27	mm <sup>2</sup>
d' =	25	mm
A <sub>p</sub> =	0	mm <sup>2</sup>
d <sub>p</sub> =	175	mm

Area del acero a tracción  
 Profundidad efectiva del acero a tracción  
 Area del acero a compresión (introduzca "0" si no hay acero a compresión)  
 Profundidad efectiva del acero a compresión (entre el valor de d si no hay acero a compresión)  
 Area del acero tensionado adherido\* (introduzca "0" si no hay acero tensionado)  
 Profundidad efectiva del acero tensionado (entre el valor de d si no hay acero tensionado)  
 \* Las aplicaciones no adheridas están por fuera del alcance de este documento

### Información de las cargas

M <sub>D</sub> =	5.5	kN-m
M <sub>i</sub> =	5.5	kN-m
M <sub>L</sub> =	5.5	kN-m
	YES	

Momento total de carga muerta sin mayorar que será resistido por el elemento a reforzar  
 Momento total sin mayorar actuando en el elemento antes del reforzamiento (usualmente el mismo M<sub>D</sub>)  
 Momento total de carga viva sin mayorar (incluida la carga cíclica) que será resistido por el miembro a reforzar  
 Se espera sostener la carga viva? (depósitos y otras aplicaciones similares). Introduzca "YES" o "NO".  
 Si "YES" es introducido se hará el chequeo  $\phi M_n > 1.1M_D + 1.0 M_L$ . Si "NO" es introducido, se hará el chequeo  $\phi M_n > 1.1M_D + 0.75 M_L$ .

### Propiedades de los materiales de la sección

f <sub>y</sub> =	420	MPa
E <sub>s</sub> =	200000	MPa
f <sub>c</sub> =	24	MPa
f <sub>pu</sub> =	1860	MPa
f <sub>py</sub> =	1690	MPa
f <sub>po</sub> =	1138	MPa
E <sub>p</sub> =	196500	MPa

Esfuerzo de fluencia del acero  
 Módulo de elasticidad del acero  
 Esfuerzo a compresión del concreto  
 Esfuerzo último del acero tensionado (el programa solo tiene en cuenta valores de 1720 MPa y 1860 MPa para los torones)  
 Esfuerzo de fluencia del acero tensionado  
 Esfuerzo efectivo en el acero tensionado  
 Módulo de elasticidad del acero tensionado

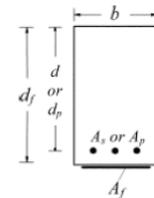


Figura 1 - Variables dimensionales usadas en los cálculos para el reforzamiento a flexión con FRP.

Ilustración 4.2.1 datos de ingreso para el cálculo de refuerzo de vigas.

Fuente: Autor

Una vez que ingresamos todos los datos iniciales para el cálculo, se debe ingresar las propiedades del sistema de Fiber-Reinforced-Polymer (FRP) que se utilizará, en este caso, SIKA CarboDur S512, cuyas propiedades se detallan en la imagen a continuación:

**Propiedades del sistema FRP**

Tipo de FRP	CarboDur S512	Seleccione un sistema FRP SIKA. Al seleccionar, los campos con las propiedades del material respectivas se actualizan automáticamente. Las propiedades del SikaWrap 300C se basan en pruebas con el SikaWrap Hex 117C, que tiene fibras similares y la misma matriz - contacte a Sika para más detalles.
$b_{diseño}$	200.00	NG: bsheet=1 w/ strips! Ancho de diseño nominal de un tejido o platina FRP. Introduzca "0" para platinas FRP
$n_{layers}$	1	Número de capas de tejido (introduzca "1.00" para platinas FRP; solo se permite una capa)
$n_{strips}$	1	Escoja el número de tejidos/platinas FRP colocadas lado a lado
$n_{NSM\_bars}$	-	Número de barras FRP SIKA (introduzca "0" si esta no es una aplicación NSM)
$A_{NSM\_bar}$	0.00	mm <sup>2</sup> Area de sección transversal de una barra FRP SIKA (Introduzca "0" si no es una aplicación NSM)
$f_u$	2800	MPa Esfuerzo a tracción último del FRP
$\epsilon_u$	0.01690	mm/mm Deformación unitaria última de rotura
$E_r$	160000	MPa Módulo de elasticidad del FRP
$t_f$	1.2000	mm Espesor de diseño nominal de un tejido o platina FRP
$b_f$	50.00	mm Ancho de diseño nominal de un tejido o platina FRP
$A_f$	60.0000	mm <sup>2</sup> Area total del FRP
Ambiente	Interior	Seleccione un ambiente apropiado basado en condiciones de servicio. Al seleccionar, se actualizará automáticamente el valor del factor de reducción ambiental
$C_e$	0.95	- Factor de reducción por exposición ambiental (ACI 440.2R-08, Tabla 9.1): 0.95 para interior, 0.85 para exterior y exposición a ambientes agresivos.
$C_{cr}$	0.55	- Esfuerzo de rotura límite (Creep) (ACI 440.2R-08, Tabla 10.1; 0.20 $f_u$ para vidrio, 0.30 $f_u$ para arámdida, 0.55 $f_u$ para carbono)
$\psi_r$	0.85	- Factor de reducción adicional, con base en las recomendaciones del Comité ACI 440

Variando los parámetros del FRP, el diseñador puede examinar varias configuraciones de reforzamiento y llegar a la solución de diseño óptima que satisfaga todas las condiciones.

Ilustración 4.2.2: Propiedades del sistema FRP. Fuente: Autor.

Dentro del ejemplo de las imágenes, se ingresó los datos de la viga V-201 de la vivienda, la cual forma parte del pórtico 1, una vez que están ingresados los datos se procede a la parte del análisis para determinar si requiere reforzamiento o no, el análisis se hace en base a los cumplimientos de los siguientes parámetros:

- Chequear si la sección es adecuada para ser reforzada a flexión.
- Características del material del concreto y el acero.
- Momento de inercia antes y después de la fisura,
- Características del material del acero tensionado.
- Determinar si la sección está inicialmente fisurada antes de la instalación del FRP.
- Determinar las deformaciones unitarias iniciales en la sección transversal.
- Determinar las propiedades de diseño del FRP.
- Cálculo de la posición del eje neutro último, la capacidad a flexión depende de la posición del eje neutro “c”.
- Cálculo y chequeo de la capacidad a flexión en condiciones últimas.
- Determinar las deformaciones unitarias en servicio.
- Chequear los esfuerzos en servicio.

Las siguientes tablas muestran un resumen de los cálculos en donde vamos a determinar si es que esta sección requiere o no un refuerzo con FRP:

Tabla 14 Resumen de cálculo de reforzamiento de vigas con FRP.

$\Phi M_n$ , sin reforzar (kN-m)	21	Momento resistente
$M_u$ (kN-m)	15	Momento último requerido
FRP	NO	Se requiere reforzar con FRP?

Fuente: Autor

Tabla 15 Resumen del reforzamiento a flexión para las vigas con FRP.

$\phi M_n$ , sección reforzada (kN-m)	25	Momento de la sección reforzada con FRP
<b>Mu (kN-m)</b>	15	Momento último requerido
Chequeo de la Sección Reforzada	OK	Verificar que $\phi M_{n,sección\ reforzada} \geq M_u$
Chequeo antes del reforzamiento	OK	Chequeo de la resistencia existente del elemento estructural para satisfacer el ACI 440.2R-08 Sección 9.2, Eq. (9-1): $(\phi M_n)_{existing} \geq 1.1M_D + 0.75M_L$ or $1.1M_D + 1.0M_L$
Chequeo del Esfuerzo de Servicio del Concreto	OK	Chequeo del esfuerzo límite en servicio: $f_{c,s} \leq 0.45f'_c$
Chequeo del Esfuerzo de Servicio del Acero	OK	Chequeo del esfuerzo límite en servicio: $f_{s,s} \leq 0.80f_y$
Chequeo del Esfuerzo de Servicio del Acero Tensionado	N/A	Chequeo del esfuerzo límite en servicio: $f_{p,s} \leq 0.82f_{py}$ or $0.74f_{pu}$
Chequeo del Esfuerzo de Servicio del FRP	OK	Chequeo del esfuerzo límite en servicio: $f_{f,s} \leq \Psi_f f_{fu}$
<b>CHEQUEO TOTAL A FLEXION</b>	<b>OK</b>	

Fuente: Autor

Tabla 16 Resumen de los Parámetros claves en estado último.

<b>Ubicación del Eje Neutro (mm)</b>	46.2	Ver de las líneas 254 a la 385 para la convención de signos.	
<b>Modo de Falla</b>	Falla del FRP		
	<b>Deform. (mm/mm)</b>	<b>Esfuerzo (MPa)</b>	<b>Fuerza (kN)</b>
<b>Fibra Superior a Compresión del Concreto</b>	0.00157	20.26	138
<b>Acero</b>	0.00436	420.00	142
<b>Acero Tensionado</b>	0.00000	0.00	0
<b>FRP</b>	0.00458	733.43	44
<b>Chequeo del Equilibrio de Fuerzas</b>	-	-	0

Fuente: Autor

En el caso de la viga V-201, podemos observar que no requiere reforzamiento con fibra de carbono, debido a que su momento resistente es mayor al momento último requerido. Este análisis se realizó con los 9 pórticos de la estructura del caso, una gran mayoría de vigas no cumplían con las condiciones de que el momento último ( $M_u$ ) sea menor al momento que se produciría adicionando el refuerzo de fibra de carbono, esto quiere decir que este tipo de reforzamiento no soporta las solicitaciones en gran parte de la infraestructura por ende no puede asegurarse que pueda ser habitada. Sin embargo, después de analizar los datos en el software, obtuvimos estos resultados para las vigas que sí cumplían con estas condiciones:

Viga	Pórtico	Longitud (m)	Número FRP	Mu (Kn.m)	$\phi M_n$ (Kn.m)	Comprobación
V-201	1	2,5	1	15	25	CUMPLE
V-202	1	3.10	1	13	24	CUMPLE
V-207	5	5.80	2	17	30	CUMPLE
V-212	7	2,74	1	10	21	CUMPLE
V-301	1	2.5	1	11	24	CUMPLE
V-407	8	3,23	1	15	21	CUMPLE

Para estas vigas, la forma en la que iría el refuerzo se indica en la siguiente imagen:

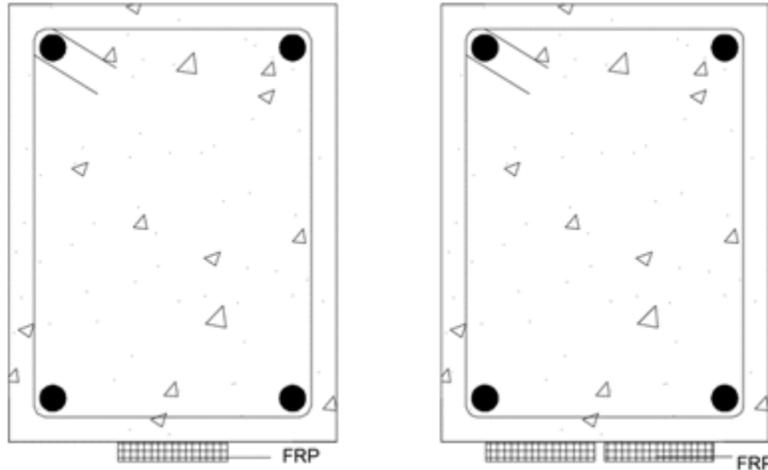


Ilustración 4.2.3 Secciones de vigas reforzadas con FRP.  
Fuente: Autor.

Después de realizar estos análisis de la estructura de la vivienda, podemos comprender de mejor manera el comportamiento de la estructura y los puntos en donde requiere un reforzamiento. Es importante recalcar que en este caso particular, las secciones tanto de las vigas como de las columnas son muy pequeñas para cumplir con el área mínima de sección que se establece para que la fibra de carbono pueda realizar todo el trabajo de reforzamiento, debido a esto, se debe proponer el acompañamiento con otro tipo de reforzamiento estructural.

### 4.3 Propuesta de mitigación

Con los resultados obtenidos de estos análisis, ya es posible sugerir un reforzamiento aplicado específicamente para la estructura, esta propuesta incluye usar reforzamiento de fibra de carbono en las vigas y columnas. Las propuestas como tal son:

- La construcción de una estructura nueva e independiente, en acero laminado y conformado que calce a la edificación existente generando una suerte de un sistema de refuerzo que sostenga tanto a cargas gravitatorias como a acciones sísmicas a la estructura actual. Este pórtico metálico corregirá la deformación de la losa (previamente apuntalada). Es importante que la nueva estructura tenga su propia cimentación ajena a la cimentación existente.



*Ilustración 4.3.1 Estructura metálica de reforzamiento.  
Fuente: Autor*



*Ilustración 4.3.2 Vista frontal de la estructura de reforzamiento*  
*Fuente: Autor..*

Se adjunta un plano del diseño estructural de la estructura metálica de reforzamiento.

- La vinculación de la nueva estructura con la vivienda se realizará mediante pórticos resistentes a momento se ejecutará mediante anclajes estructurales que se soldarán al nuevo sistema.
- El procedimiento da cuenta de un apuntalamiento con sobretensión de gatos mecánicos de encofrado que levantarán a las losas desde los entrepisos bajos hacia arriba, de tal forma que se corrijan en milímetros, las deflexiones existentes.
  
- Posteriormente se instará la viga cargadora y las viguetas metálicas, retirando el apuntalamiento para que se vinculen la estructura existente a la nueva.
- Los elementos arquitectónicos como mamposterías, cielo raso, etc. podrán ser mejorados o reemplazados solo posteriormente al reforzamiento estructural, evaluando el estado de cada elemento no estructural.

#### 4.4 Comparativa de costos de reforzamiento estructural entre FRP y acero

Para la comparativa de costos, se han realizado dos presupuestos en los cuales se plantea la estructura reforzada únicamente con acero y otra reforzada con acero y Fiber-Reinforced-Polymer (FRP) en las partes que lo requieran y donde es posible realizarlo.

Tabla 17 Presupuesto de reforzamiento estructural con acero

PRESUPUESTO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
<b>CIMENTOS</b>					
1,1	Acero de refuerzo $F_y=4200\text{kg/cm}^2$	Kg	257.61	\$ 2.25	579.6225
1,2	Encofrado y desencofrado de zapatas	m <sup>2</sup>	20.4	\$ 12.92	263.568
1,3	Hormigón $f'c=240\text{ kg/cm}^2$	m <sup>3</sup>	3.96	\$ 138.13	546.9948
<b>ESTRUCTURA DE REFORZAMIENTO ACERO</b>					
2,1	Columnas (Perfiles acero)	Kg	1903.56	\$ 2.80	5329.968
2,2	Vigas (Perfiles acero)	Kg	2369.1	\$ 2.80	6633.48
				<b>TOTAL</b>	<b>\$13,353.63</b>

Fuente: Autor.

Para la obtención de costos de reforzamiento con FRP se hizo el cálculo del área y longitud que se requieren para que sean aplicadas en las columnas y vigas respectivas.

Tabla 18 Áreas de reforzamiento FRP en vigas.

Viga	Pórtico	Long. (m)	# Capas FRP	Área FRP (m <sup>2</sup> )	Área total FRP (m <sup>2</sup> )
V-201	1	2,5	1	0.1475	0.1475
V-202	1	3.1	1	0.162	0.162
V-207	5	5.8	2	0.1775	0.355
V-212	7	2,74	1	0.132	0.132
V-301	1	2.5	1	0.123	0.123
V-407	8	3,23	1	0.167	0.167
				<b>TOTAL FRP</b>	<b>1.0865</b>

Fuente: Autor

Tabla 19 Presupuesto de reforzamiento estructural con Fibra de carbono FRP.

<b>PRESUPUESTO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO</b>					
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.Unitario</b>	<b>P.Total</b>
<b>CIMENTOS</b>					
1,1	Acero de refuerzo $F_y=4200\text{kg/cm}^2$	Kg	257.61	\$ 2.25	579.6225
1,2	Encofrado y desencofrado de zapatas	m2	20.4	\$ 12.92	263.568
1,3	Hormigón $f'c=240\text{ kg/cm}^2$	m3	3.96	\$ 138.13	546.9948
<b>ESTRUCTURA DE REFORZAMIENTO ACERO</b>					
2,1	Columnas (Perfiles acero)	Kg	1903.56	\$ 2.80	5329.968
2,2	Vigas (Perfiles acero)	Kg	2369.1	\$ 2.80	6633.48
<b>REFORZAMIENTO FRP</b>					
3,1	Redondeo de esquinas	m	78.2	\$ 9.49	742.118
3,2	Preparación de superficie de hormigón.	m2	15.49	\$ 15.25	236.2225
	Suministro e instalación de mantos de fibra de				
3,3	carbono	m2	17	\$ 168.70	2867.9
3,4	Inyección a presión de epóxido líquido	Kg	12	\$ 124.46	1493.52
				<b>TOTAL</b>	<b>\$18,693.39</b>

Fuente: Autor

<b>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL</b>	
Acero	Acero con FRP
\$13,353.63	\$18,693.39

## CONCLUSIONES

- Es importante recalcar que las afecciones de la vivienda no se podrán corregir en su totalidad debido a que para que esto suceda se tendría que corregir toda la estructura, es un proceso que no es posible, así que se aclara que las propuestas de mitigación indicadas en este informe pretende mitigar un daño a futuro y evitar un colapso parcial de la estructura.
- Por las características no se puede garantizar que a futuro, por cambios de la vía de ingreso o construcciones aledañas, no se puedan presentar fisura en elementos no estructurales.
- La falta de peralte en las vigas para las luces excesivas presentó una deformación considerable en las losas de entre piso, esto causó el agrietamiento y desprendimiento del cielo raso, además de las grietas en paredes.
- Es importante tener en cuenta que la estructura presenta únicamente dos ejes resistentes en la dirección de X, es decir bajo grado de hiperestaticidad como se explicó anteriormente.
- Es necesario construir una estructura metálica soportante como se especificó anteriormente. La tendencia deberá ser siempre liberar peso de las plantas superiores.
- La fibra de carbono a pesar de ser muy resistente y óptima para el reforzamiento estructural, no satisface en este caso las sollicitaciones requeridas de las vigas en su mayor parte.
- El costo final utilizando los mantos de fibra de carbono, solucionando los problemas de grietas con epóxido líquido y el procedimiento respectivo, tiene una diferencia con el costo del reforzamiento únicamente de acero, de un valor de \$5339,76.
- Los mantos de fibra de carbono tienen un valor alto en el mercado, en este caso consideramos que la variación de precios es significativa, se sugiere que se proceda al reforzamiento solamente de acero debido a esto, pero la decisión final queda a discreción del propietario
- Se concluye de la inspección realizada, de la evaluación in situ y de la modelación estructural ejecutada, que el nivel de vulnerabilidad es alto ante acciones sísmicas y o accidentales, pero con la propuesta de mitigación presentada el nivel de vulnerabilidad disminuye, es decir, estaríamos del lado de la seguridad.
- Se concluye que los arreglos realizados actualmente no brindan las debidas garantías estructurales, por el estado, condición de uso, etc. son un maquillaje que oculta la realidad de riesgo existente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las actividades de derrocamiento y liberación sean lo menos invasivas y en el menor tiempo posible.
- Se recomienda derrocar la mampostería considerablemente dañada y donde no se presenten daños mayores se podrá resanar las paredes y acabados arquitectónicos.
- Los trabajos deberán ser realizados por personal calificado con experiencia en remodelación y reforzamiento estructural.
- Los materiales liberados por ningún concepto deberán ser reutilizados en la propuesta de mitigación.
- Los procesos de liberación de elementos no estructurales, deberán realizarse de manera coordinada y planificada, cumpliendo un proceso de corte con amoladora y luego demolición por impacto por tramos.
- Por ningún concepto deberá iniciarse la demolición por impacto sin haberse realizado el corte con amoladora.
- Es necesario realizar el proceso completo de la propuesta de mitigación para evitar problemas a futuro y disminuir la vulnerabilidad de la estructura de la vivienda.
- No es recomendable por ningún concepto proceder con arreglos en los acabados si no se realiza el reforzamiento estructural de la edificación
- Se propone para la edificación en primera instancia el proceso de reforzamiento propuesto como producto del análisis y diseño estructural; y posteriormente se deberá incurrir en los acabados y elementos no estructurales.

## Bibliografía

- Abeiga, S. (2016). *repositorio.ug.edu.ec*. Obtenido de Universidad de Guayaquil:  
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16687/1/ABEIGA\\_NATAN\\_TRABAJO\\_TITULACION\\_ESTRUCTURAS\\_NOVIEMBRE\\_2016.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16687/1/ABEIGA_NATAN_TRABAJO_TITULACION_ESTRUCTURAS_NOVIEMBRE_2016.pdf)
- American Institute of Steel Construction. (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. AISC.
- American Concrete Institute. (2014). *Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Materials Made by Wet Layup for External Strengthening of Concrete and Masonry Structures*. ACI Committee 440. Obtenido de <https://cecollection2.files.wordpress.com/2020/05/440.8-13-specification-for-carbon-and-glass-fiber-reinforced-polymer-frp-materials-made-by-wet-layup.pdf>
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*. ACI Committee 318. Obtenido de <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English>
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. (s.f.). *American Institute of Steel Construction*. Obtenido de AISC: <https://www.aisc.org/>
- Bolufe, P. (2007). Obtenido de INTEREMPRESAS:  
<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/16574-La-fibra-de-carbono-un-material-para-el-siglo-21.html>
- Gómez, M., Sobrino, J., & al, e. (2003). Criterios de diseño para el refuerzo de estructuras con materiales compuestos con fibra de carbono. *Revista de ingeniería*, 85-99.
- Lozano Chaparro, D. (2015). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de [udistrital.edu.co](http://udistrital.edu.co):  
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4972/LozanoChaparroDaniel2015pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maldonado Mora, D., & Durán Fernández, J. (2013). *PUCE*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6069/T-PUCE-6315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moncayo Theurer, M., & Rodríguez, J. (2016). Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras. *vol. 20*, 57-62. Obtenido de Universidad Autónoma de Yucatán.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras. Quito, Ecuador.
- Parrilla Calle, P. (2011). *Universidad Politecnica de Madrid*. Obtenido de UPM:  
[https://oa.upm.es/11105/1/Tesis\\_master\\_Pedro\\_Parrilla\\_Calle.pdf](https://oa.upm.es/11105/1/Tesis_master_Pedro_Parrilla_Calle.pdf)
- Parrilla Calle, P. (2011). *upm.es*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid:  
[https://oa.upm.es/11105/1/Tesis\\_master\\_Pedro\\_Parrilla\\_Calle.pdf](https://oa.upm.es/11105/1/Tesis_master_Pedro_Parrilla_Calle.pdf)

## ANEXOS

## 1.- ESFUERZOS PÉSIMOS DE COLUMNAS, TABIQUES Y MUROS

## 1.1.- Columnas

Resumen de las comprobaciones												
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t-m)	Myy (t-m)	Qx (t)	Qy (t)			
C1	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	4.76	0.37	0.41	-0.53	-0.40	Disp.	-	No cumple
				G, Q	5.96	0.48	0.53	-0.68	-0.52	Q	40.6	Cumple
				G, Q, S	4.69	0.16	0.91	-1.01	-0.21	N,M S.	87.9	Cumple
			Pie	G	5.09	-0.63	-0.91	-0.53	-0.40	Disp.	-	No cumple
				G, Q	6.24	-0.81	-1.17	-0.68	-0.52	Q	55.3	Cumple
				G, Q, S	4.97	-0.35	-1.62	-1.01	-0.20	N,M S.	157.9	No cumple
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	9.56	0.55	0.97	-0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	9.70	0.11	2.11	-1.63	0.10	N,M S.	230.4	No cumple
			Pie	G	9.89	-0.29	-0.54	-0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	9.97	0.36	-1.96	-1.63	0.10	N,M S.	219.5	No cumple
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G	11.01	0.01	0.06	-0.39	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	7.52	0.52	-0.92	-1.02	0.30	Q S.	66.7	Cumple
				G, S	9.00	-0.51	1.01	0.44	-0.37	N,M S.	92.6	Cumple
			Pie	G	11.05	-0.01	-0.04	-0.39	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	9.91	0.58	-1.18	-1.11	0.29	Q S.	73.8	Cumple
				G, Q, S	11.19	0.58	-1.18	-1.08	0.31	N,M S.	108.0	No cumple
	Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	11.19	0.58	-1.18	-1.08	0.31	N,M S.	100.6	No cumple
	C2	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	4.78	0.38	-0.41	0.53	-0.40	Disp.	-
G, Q					5.99	0.48	-0.53	0.68	-0.52	Q	40.2	Cumple
G, Q, S					4.71	0.16	-0.91	1.00	-0.21	N,M S.	87.8	Cumple
Pie				G	5.11	-0.63	0.90	0.53	-0.40	Disp.	-	No cumple
				G, Q	6.27	-0.82	1.16	0.68	-0.52	Q	54.9	Cumple
				G, Q, S	5.00	-0.35	1.61	1.01	-0.20	N,M S.	157.5	No cumple
PA (0 - 2.7 m)		15x25	Cabeza	G	9.58	0.55	-0.97	0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	9.72	0.11	-2.11	1.63	0.10	N,M S.	230.4	No cumple
			Pie	G	9.91	-0.29	0.53	0.60	-0.34	Disp.	-	No cumple
				G, Q, S	10.00	0.36	1.96	1.62	0.10	N,M S.	219.1	No cumple
PB (-0.5 - 0 m)		15x25	Cabeza	G	11.03	0.01	-0.06	0.40	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	7.53	0.52	0.92	1.03	0.31	Q S.	66.8	Cumple
				G, S	9.01	-0.51	-1.01	-0.43	-0.39	N,M S.	92.6	Cumple
			Pie	G	11.06	0.00	0.04	0.40	-0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	9.93	0.59	1.18	1.11	0.30	Q S.	74.1	Cumple
				G, Q, S	11.20	0.59	1.18	1.08	0.32	N,M S.	108.2	No cumple
Cimentación		15x25	Arranque	G, Q, S	11.20	0.59	1.18	1.08	0.32	N,M S.	100.8	No cumple
C3		CUB (5.4 - 8.1 m)	15x25	Cabeza	G	1.30	-0.04	0.17	-0.39	0.09	Disp.	-
	G, Q				1.24	-0.04	0.20	-0.49	0.10	Q	28.0	Cumple
	G, Q, S				1.32	-0.05	0.27	-0.46	0.04	N,M S.	24.4	Cumple
	Pie			G	1.63	0.19	-0.81	-0.39	0.09	Disp.	-	No cumple
				G, Q	1.52	0.21	-1.03	-0.49	0.10	N,M	92.0	Cumple

Resumen de las comprobaciones													
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado	
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t-m)	Myy (t-m)	Qx (t)	Qy (t)				
	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	10.65	-0.16	1.56	-1.25	0.13	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	11.00	-0.79	2.58	-2.03	0.59	N,M S.	302.7	No cumple	
			Pie	G	10.97	0.17	-1.57	-1.25	0.13	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	11.29	0.69	-2.49	-2.03	0.59	N,M S.	293.9	No cumple	
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	20.09	-0.16	1.10	-0.68	0.10	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	21.09	-0.67	2.11	-1.56	0.58	N,M S.	364.9	No cumple	
			Pie	G	20.41	0.09	-0.61	-0.68	0.10	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	21.38	0.79	-1.77	-1.55	0.58	N,M S.	313.6	No cumple	
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G	21.91	0.01	0.03	-0.22	-0.08	Disp.	-	No cumple	
				G, S	15.63	0.45	-0.73	-0.49	0.70	Q S.	23.8	Cumple	
				G, S	17.24	-0.43	0.78	0.16	-0.82	N,M S.	74.5	Cumple	
			Pie	G	21.94	-0.01	-0.02	-0.22	-0.08	Disp.	-	No cumple	
				G, S	12.57	-0.62	0.83	0.21	-0.80	Q S.	24.5	Cumple	
				G, Q, S	22.95	0.61	-0.85	-0.48	0.66	N,M S.	84.7	Cumple	
Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	22.95	0.61	-0.85	-0.48	0.66	N,M S.	79.9	Cumple		
C4	CUB (5.4 - 8.1 m)	15x25	Cabeza	G	1.30	-0.04	-0.17	0.39	0.09	Disp.	-	No cumple	
				G, Q	1.25	-0.04	-0.20	0.50	0.10	Q	27.8	Cumple	
				G, Q, S	1.32	-0.05	-0.27	0.47	0.05	N,M S.	24.3	Cumple	
			Pie	G	1.63	0.19	0.81	0.39	0.09	Disp.	-	No cumple	
				G, Q	1.53	0.22	1.04	0.50	0.10	N,M	92.9	Cumple	
	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	10.81	-0.18	-1.56	1.25	0.14	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	11.15	-0.82	-2.61	2.04	0.60	N,M S.	307.2	No cumple	
			Pie	G	11.14	0.18	1.57	1.25	0.14	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	11.44	0.70	2.49	2.04	0.61	N,M S.	295.8	No cumple	
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	20.23	-0.16	-1.10	0.68	0.10	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	21.23	-0.67	-2.11	1.55	0.59	N,M S.	366.3	No cumple	
			Pie	G	20.56	0.10	0.60	0.68	0.10	Disp.	-	No cumple	
				G, S	19.01	0.78	1.68	1.45	0.57	Q S.	89.5	Cumple	
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G, Q, S	21.52	0.79	1.76	1.55	0.59	N,M S.	314.4	No cumple	
				G	22.05	0.01	-0.04	0.23	-0.09	Disp.	-	No cumple	
				G, S	15.72	0.45	0.73	0.50	0.71	Q S.	24.1	Cumple	
			Pie	G, S	17.37	-0.43	-0.78	-0.15	-0.84	N,M S.	74.7	Cumple	
				G	22.09	-0.01	0.02	0.23	-0.09	Disp.	-	No cumple	
				G, S	12.67	-0.63	-0.82	-0.20	-0.82	Q S.	24.6	Cumple	
	Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	23.10	0.62	0.85	0.49	0.67	N,M S.	80.1	Cumple	
	C5	CUB (5.4 - 8.1 m)	15x20	Cabeza	G	1.02	-0.06	0.12	-0.20	0.10	Disp.	-	No cumple
					G, Q	0.99	-0.07	0.13	-0.25	0.11	Q	19.2	Cumple
G, Q, S					1.00	-0.07	0.20	-0.28	0.09	N,M S.	23.9	Cumple	
Pie				G	1.28	0.18	-0.39	-0.20	0.10	Disp.	-	No cumple	
				G, Q	1.22	0.22	-0.49	-0.25	0.11	Q	25.1	Cumple	
				G, Q, S	1.20	0.16	-0.52	-0.29	0.09	N,M S.	63.5	Cumple	
BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)		15x20	Cabeza	G	5.60	-0.20	0.67	-0.53	0.15	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	5.73	-0.46	1.34	-1.03	0.35	N,M S.	189.8	No cumple	
			Pie	G	5.86	0.18	-0.66	-0.53	0.15	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	5.95	0.41	-1.24	-1.03	0.35	N,M S.	176.6	No cumple	
PA (0 - 2.7 m)		15x20	Cabeza	G	10.14	-0.13	0.44	-0.28	0.08	Disp.	-	No cumple	
				G, Q, S	10.36	-0.39	1.08	-0.82	0.31	N,M S.	182.6	No cumple	

Resumen de las comprobaciones														
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado		
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t-m)	Myy (t-m)	Qx (t)	Qy (t)					
	PB (-0.5 - 0 m)	15x20	Pie	G	10.40	0.08	-0.26	-0.28	0.08	Disp.	-	No cumple		
				G, Q, S	10.59	0.38	-0.98	-0.82	0.31	N,M S.	169.3	No cumple		
			Cabeza	G	11.66	-0.03	0.16	-1.07	0.21	Disp.	-	No cumple		
				G, S	8.59	0.16	0.14	-0.93	1.64	Q S.	70.6	Cumple		
				G, Q, S	10.93	-0.10	0.58	-0.68	-0.84	N,M S.	68.5	Cumple		
			Pie	G	11.69	0.02	-0.10	-1.07	0.21	Disp.	-	No cumple		
				G, S	8.61	0.57	-0.09	-0.93	1.64	Q S.	70.6	Cumple		
				G, Q, S	11.52	0.38	-0.59	-1.29	1.34	N,M S.	78.6	Cumple		
			Cimentación	15x20	Arranque	G, Q, S	11.52	0.38	-0.59	-1.29	1.34	N,M S.	73.9	Cumple
			C6	CUB (5.4 - 8.1 m)	15x20	Cabeza	G	1.05	-0.06	-0.12	0.21	0.09	Disp.	-
G, Q	1.02	-0.06					-0.13	0.26	0.11	Q	19.6	Cumple		
G, Q, S	1.02	-0.06					-0.20	0.29	0.08	N,M S.	23.9	Cumple		
Pie	G	1.31				0.18	0.41	0.21	0.09	Disp.	-	No cumple		
	G, Q	1.25				0.21	0.52	0.26	0.11	Q	26.1	Cumple		
	G, Q, S	1.23				0.16	0.55	0.30	0.09	N,M S.	66.1	Cumple		
BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x20	Cabeza		G	5.93	-0.19	-0.71	0.56	0.14	Disp.	-	No cumple		
				G, Q, S	6.03	-0.46	-1.39	1.07	0.35	N,M S.	197.6	No cumple		
		Pie		G	6.19	0.17	0.69	0.56	0.14	Disp.	-	No cumple		
G, Q, S	6.25			0.41	1.28	1.07	0.35	N,M S.	183.1	No cumple				
PA (0 - 2.7 m)	15x20	Cabeza		G	10.71	-0.12	-0.48	0.30	0.08	Disp.	-	No cumple		
				G, Q, S	10.86	-0.40	-1.10	0.84	0.32	N,M S.	190.6	No cumple		
Pie	G	10.98		0.07	0.27	0.30	0.08	Disp.	-	No cumple				
	G, Q, S	11.08		0.39	0.99	0.84	0.32	N,M S.	174.7	No cumple				
PB (-0.5 - 0 m)	15x20	Cabeza		G	12.24	-0.03	-0.16	1.04	0.21	Disp.	-	No cumple		
				G, S	9.04	0.16	-0.14	0.91	1.68	Q S.	70.4	Cumple		
				G, Q, S	11.58	-0.10	-0.58	0.64	-0.87	N,M S.	67.8	Cumple		
		Pie		G	12.26	0.02	0.10	1.04	0.21	Disp.	-	No cumple		
				G, S	9.07	0.58	0.08	0.91	1.68	Q S.	70.4	Cumple		
				G, Q, S	12.03	0.39	0.59	1.26	1.35	N,M S.	78.7	Cumple		
Cimentación	15x20	Arranque	G, Q, S	12.03	0.39	0.59	1.26	1.35	N,M S.	74.0	Cumple			
C7	CUB (5.4 - 8.1 m)	15x25	Cabeza	G	0.73	-0.05	0.05	-0.08	0.04	Disp.	-	No cumple		
				G, Q	0.77	-0.05	0.06	-0.10	0.03	Q	4.7	Cumple		
				G, Q, S	0.74	-0.05	0.17	-0.19	-0.01	N,M S.	15.1	Cumple		
			Pie	G	1.06	0.05	-0.15	-0.08	0.04	Disp.	-	No cumple		
				G, Q	1.05	0.04	-0.19	-0.10	0.03	Q	7.5	Cumple		
				G, Q, S	1.03	-0.02	-0.34	-0.20	0.01	N,M S.	28.9	Cumple		
	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	2.76	0.13	0.25	-0.19	-0.10	Disp.	-	No cumple		
				G, Q	3.18	0.16	0.32	-0.25	-0.12	Q	16.9	Cumple		
				G, Q, S	3.37	-0.33	0.92	-0.71	0.24	N,M S.	88.3	Cumple		
			Pie	G	3.09	-0.11	-0.24	-0.19	-0.10	Disp.	-	No cumple		
				G, Q, S	2.68	-1.04	-0.25	-0.20	-0.91	Q S.	16.0	Cumple		
				G, Q, S	3.66	0.26	-0.85	-0.71	0.23	N,M S.	81.1	Cumple		
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	4.59	0.03	0.15	-0.10	-0.02	Disp.	-	No cumple		
				G, S	2.50	1.03	0.11	-0.07	-0.95	Q S.	16.3	Cumple		
				G, Q, S	6.13	-0.35	0.87	-0.71	0.34	N,M S.	90.8	Cumple		
			Pie	G	4.92	-0.01	-0.09	-0.10	-0.02	Disp.	-	No cumple		
				G, S	2.71	-1.34	-0.07	-0.07	-0.95	Q S.	16.3	Cumple		
				G, Q, S	6.42	0.49	-0.90	-0.71	0.34	N,M S.	96.8	Cumple		

Resumen de las comprobaciones															
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado			
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)						
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G	5.77	0.02	0.03	-0.17	-0.15	Disp.	-	No cumple			
				G, Q, S	2.98	-0.22	0.37	0.82	-1.26	N,M S.	34.6	Cumple			
			Pie	G	5.80	-0.01	-0.02	-0.17	-0.15	Disp.	-	No cumple			
	G, Q, S	7.94		0.52	-0.60	-1.13	1.00	N,M S.	59.5	Cumple					
Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	7.94	0.52	-0.60	-1.13	1.00	N,M S.	55.6	Cumple				
C8	CUB (5.4 - 8.1 m)	15x25	Cabeza	G	0.76	-0.04	-0.06	0.11	0.03	Disp.	-	No cumple			
				G, Q	0.78	-0.04	-0.07	0.14	0.02	Q	7.0	Cumple			
				G, Q, S	0.73	-0.04	-0.18	0.22	-0.02	N,M S.	15.6	Cumple			
			Pie	G	1.09	0.03	0.22	0.11	0.03	Disp.	-	No cumple			
				G, Q	1.06	0.01	0.28	0.14	0.02	Q	10.7	Cumple			
				G, Q, S	1.03	-0.03	0.40	0.23	0.00	N,M S.	35.1	Cumple			
	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G	3.78	0.15	-0.37	0.29	-0.11	Disp.	-	No cumple			
				G, Q	4.47	0.19	-0.48	0.38	-0.14	Q	25.8	Cumple			
				G, Q, S	4.23	-0.33	-1.04	0.79	0.23	N,M S.	101.3	No cumple			
			Pie	G	4.11	-0.13	0.36	0.29	-0.11	Disp.	-	No cumple			
				G, Q	4.75	-0.17	0.46	0.38	-0.14	Q	24.9	Cumple			
				G, Q, S	4.52	0.26	0.95	0.79	0.24	N,M S.	92.2	Cumple			
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G	6.55	0.04	-0.24	0.15	-0.02	Disp.	-	No cumple			
				G, S	3.76	1.07	-0.18	0.12	-0.98	Q S.	12.9	Cumple			
				G, Q, S	7.71	-0.36	-0.93	0.75	0.34	N,M S.	101.8	No cumple			
			Pie	G	6.87	-0.02	0.13	0.15	-0.02	Disp.	-	No cumple			
				G, Q, S	6.15	-1.38	0.16	0.17	-0.99	Q S.	13.1	Cumple			
				G, Q, S	8.00	0.50	0.93	0.74	0.34	N,M S.	104.1	No cumple			
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G	7.78	0.02	-0.03	0.21	-0.14	Disp.	-	No cumple			
				G, Q, S	5.51	-0.23	-0.42	-0.49	-1.27	N,M S.	39.4	Cumple			
			Pie	G	7.81	-0.01	0.02	0.21	-0.14	Disp.	-	No cumple			
				G, Q, S	9.40	0.53	0.58	0.87	1.03	N,M S.	58.0	Cumple			
				Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	9.40	0.53	0.58	0.87	1.03	N,M S.	54.3	Cumple
							G	0.98	-0.09	0.04	-0.05	0.09	Disp.	-	No cumple
C9	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G, Q, S	1.28	-0.46	0.03	-0.03	0.38	Q S.	6.5	Cumple			
				G, Q, S	1.08	-0.05	0.24	-0.24	0.04	N,M S.	21.0	Cumple			
				G, Q, S	1.31	0.12	-0.08	-0.05	0.09	Disp.	-	No cumple			
			Pie	G, Q, S	1.56	0.50	-0.04	-0.03	0.38	Q S.	6.6	Cumple			
				G, Q, S	1.36	0.05	-0.36	-0.24	0.04	N,M S.	31.9	Cumple			
				G, Q, S	2.49	-0.13	0.07	-0.05	0.08	Disp.	-	No cumple			
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Cabeza	G, S	3.14	-0.78	0.02	-0.01	0.80	Q S.	13.6	Cumple			
				G, Q, S	3.47	-0.31	0.58	-0.50	0.29	N,M S.	57.6	Cumple			
				G, Q, S	2.81	0.08	-0.04	-0.05	0.08	Disp.	-	No cumple			
			Pie	G, S	2.82	1.18	0.00	0.00	0.77	Q S.	13.2	Cumple			
				G, Q, S	3.75	0.42	-0.68	-0.50	0.29	N,M S.	68.8	Cumple			
				G, Q, S	3.44	-0.04	0.03	-0.23	0.21	Disp.	-	No cumple			
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G, Q, S	4.88	0.26	-0.24	-0.93	0.75	Q S.	14.7	Cumple			
				G, Q, S	1.64	-0.33	0.30	0.51	-0.37	N,M S.	30.7	Cumple			
				G, Q, S	3.47	0.01	-0.02	-0.23	0.21	Disp.	-	No cumple			
			Pie	G, Q, S	4.90	0.46	-0.46	-0.92	0.76	N,M S.	46.8	Cumple			
				Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	4.90	0.46	-0.46	-0.92	0.76	N,M S.	43.7	Cumple
							G	1.35	-0.12	-0.07	0.08	0.11	Disp.	-	No cumple
	C10	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	15x25	Cabeza	G, Q, S	1.66	-0.51	-0.06	0.06	0.42	Q S.	7.2	Cumple		

Resumen de las comprobaciones												
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t-m)	Myy (t-m)	Qx (t)	Qy (t)			
	PA (0 - 2.7 m)	15x25	Pie	G, Q, S	1.41	-0.08	-0.26	0.26	0.07	N,M S.	23.8	Cumple
				G	1.68	0.16	0.13	0.08	0.11	Disp.	-	No cumple
				G, Q	1.98	0.21	0.16	0.10	0.14	Q	8.3	Cumple
		15x25	Cabeza	G, Q, S	1.69	0.10	0.39	0.26	0.07	N,M S.	35.6	Cumple
				G	3.19	-0.16	-0.12	0.08	0.10	Disp.	-	No cumple
				G, S	3.09	-0.80	-0.02	0.00	0.81	Q S.	13.9	Cumple
			Pie	G, Q, S	4.00	-0.35	-0.61	0.52	0.32	N,M S.	61.7	Cumple
				G	3.52	0.10	0.07	0.08	0.10	Disp.	-	No cumple
				G, S	3.30	1.22	-0.02	0.00	0.81	Q S.	13.8	Cumple
	PB (-0.5 - 0 m)	15x25	Cabeza	G, Q, S	4.28	0.45	0.69	0.52	0.32	N,M S.	71.2	Cumple
				G	4.21	-0.03	-0.05	0.33	0.17	Disp.	-	No cumple
				G, Q	4.94	-0.03	-0.06	0.36	0.16	Q	14.7	Cumple
		Pie	G, Q, S	2.71	-0.33	-0.35	-0.19	-0.43	N,M S.	34.9	Cumple	
			G	4.24	0.01	0.03	0.33	0.17	Disp.	-	No cumple	
			G, Q	4.97	0.01	0.03	0.36	0.16	Q	14.7	Cumple	
	Cimentación	15x25	Arranque	G, Q, S	5.36	0.46	0.45	0.80	0.74	N,M S.	45.9	Cumple
	C11	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	20x15	Cabeza	G, Q, S	5.36	0.46	0.45	0.80	0.74	N,M S.	42.9
G					2.89	-0.05	0.03	-0.04	0.05	Disp.	-	No cumple
G, S					2.44	-0.04	0.33	-0.35	0.04	Q S.	7.5	Cumple
20x15			Pie	G, Q, S	3.05	-0.20	0.02	-0.03	0.22	N,M S.	26.8	Cumple
				G	3.15	0.09	-0.06	-0.04	0.05	Disp.	-	No cumple
				G, S	2.67	0.07	-0.55	-0.35	0.04	Q S.	7.5	Cumple
			Cabeza	G, Q, S	3.27	0.36	-0.05	-0.03	0.22	N,M S.	45.3	Cumple
				G	5.92	-0.09	0.05	-0.03	0.06	Disp.	-	No cumple
				G, S	3.67	-0.07	0.89	-0.75	0.05	Q S.	57.2	Cumple
PA (0 - 2.7 m)		20x15	Cabeza	G, Q, S	6.53	-0.50	0.04	-0.02	0.40	N,M S.	72.5	Cumple
				G	6.19	0.06	-0.03	-0.03	0.06	Disp.	-	No cumple
				G, S	3.84	0.05	-1.00	-0.75	0.05	Q S.	58.4	Cumple
		Pie	G, Q, S	6.76	0.50	-0.02	-0.02	0.40	N,M S.	73.4	Cumple	
			G	7.20	-0.05	0.01	-0.09	0.32	Disp.	-	No cumple	
			G, S	4.36	-0.03	-0.32	-1.36	0.24	Q S.	56.6	Cumple	
PB (-0.5 - 0 m)		20x15	Cabeza	G, Q, S	5.99	-0.22	0.01	-0.10	-0.15	N,M S.	25.3	Cumple
				G	7.23	0.03	-0.01	-0.09	0.32	Disp.	-	No cumple
	G, S			4.38	0.03	-0.65	-1.35	0.24	Q S.	75.5	Cumple	
	Pie	G, Q, S	6.74	0.04	-0.65	-1.37	0.33	N,M S.	37.0	Cumple		
		G	6.74	0.04	-0.65	-1.37	0.33	N,M S.	35.3	Cumple		
		Cimentación	20x15	Arranque	G, Q, S	6.74	0.04	-0.65	-1.37	0.33	N,M S.	35.3
C12	CUB (5.4 - 8.1 m)	20x15	Cabeza	G	0.57	-0.04	0.02	-0.04	0.08	Disp.	-	No cumple
				G, Q	0.43	-0.05	0.03	-0.05	0.10	Q	7.2	Cumple
				G, Q, S	0.44	-0.04	0.22	-0.26	0.07	N,M S.	14.3	Cumple
		20x15	Pie	G	0.83	0.15	-0.08	-0.04	0.08	Disp.	-	No cumple
				G, Q	0.65	0.19	-0.10	-0.05	0.10	Q	10.0	Cumple
				G, Q, S	0.67	0.15	-0.43	-0.25	0.07	N,M S.	34.3	Cumple
			Cabeza	G	12.72	-0.23	0.15	-0.12	0.19	Disp.	-	No cumple
				G, S	7.98	-0.17	1.28	-1.00	0.13	Q S.	73.7	Cumple
				G, Q, S	12.40	-0.71	0.13	-0.11	0.56	N,M S.	132.3	No cumple
	BUHARDILLA (2.7 - 5.4 m)	20x15	Pie	G	12.98	0.23	-0.15	-0.12	0.19	Disp.	-	No cumple
				G, S	8.15	0.16	-1.23	-1.00	0.13	Q S.	72.2	Cumple
				G, Q, S	12.63	0.69	-0.13	-0.11	0.56	N,M S.	130.5	No cumple

Resumen de las comprobaciones												
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Esfuerzos pésimos						Pésima	Aprov. (%)	Estado
				Naturaleza	N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)			
	PA (0 - 2.7 m)	20x15	Cabeza	G	25.05	-0.17	0.10	-0.06	0.10	Disp.	-	No cumple
				G, S	15.64	-0.12	1.30	-1.05	0.08	Q S.	32.4	Cumple
				G, Q	31.87	-0.22	0.13	-0.08	0.14	N,M	> 1000.0	No cumple
			Pie	G	25.31	0.09	-0.06	-0.06	0.10	Disp.	-	No cumple
				G, S	15.81	0.07	-1.32	-1.05	0.08	Q S.	32.3	Cumple
				G, Q	32.09	0.12	-0.07	-0.08	0.14	N,M	> 1000.0	No cumple
	PB (-0.5 - 0 m)	20x15	Cabeza	G	26.26	0.08	0.01	-0.05	-0.55	Disp.	-	No cumple
				G, S	16.23	0.06	-0.42	-1.75	-0.32	Q S.	54.5	Cumple
				G, Q	33.16	0.10	0.01	-0.04	-0.66	N,M	59.4	Cumple
			Pie	G	26.29	-0.05	0.00	-0.05	-0.55	Disp.	-	No cumple
				G, S	16.25	-0.02	-0.85	-1.74	-0.32	Q S.	54.3	Cumple
				G, Q, S	26.51	-0.07	0.85	1.67	-0.57	N,M S.	69.9	Cumple
Cimentación	20x15	Arranque	G, Q, S	26.51	-0.07	0.85	1.67	-0.57	N,M S.	67.7	Cumple	

*Notas:*  
 Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras  
 Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)  
 N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)  
 Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)  
 N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

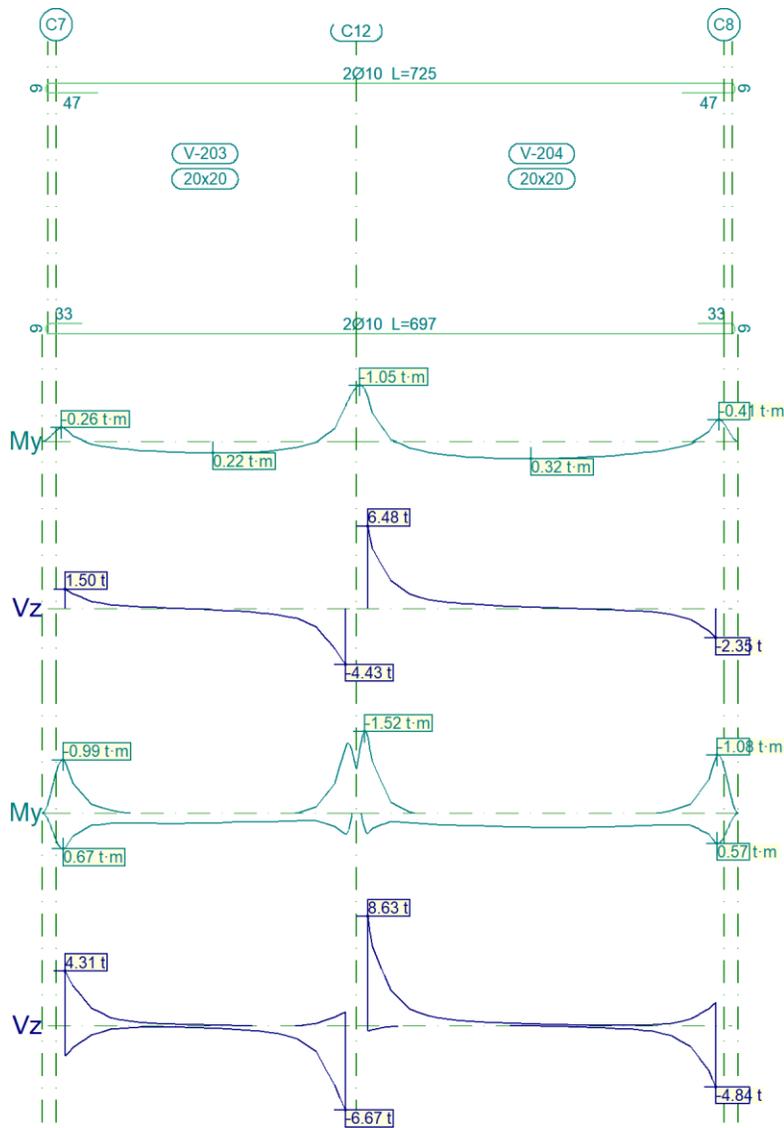
## Listado de esfuerzos y armado de vigas

### 1.1.- Pórtico 1

Pórtico 1			Tramo: V-201			Tramo: V-202		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.12	--	-0.26	-0.35	--	-0.21
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	0.11	0.12	0.08	0.14	0.19	0.18
	x	[m]	0.82	1.07	1.74	0.95	1.70	2.12
	Cortante mín.	[t]	--	-0.25	-1.05	--	-0.13	-0.85
	x	[m]	--	1.65	2.50	--	2.04	3.10
	Cortante máx.	[t]	0.59	0.07	--	1.40	0.23	--
	x	[m]	0.00	0.90	--	0.00	1.04	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	-0.07
	x	[m]	--	--	--	--	--	3.04
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	0.06	--	--
	x	[m]	--	--	--	0.00	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.71	--	-0.76	-0.83	--	-0.74
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	0.55	0.14	0.43	0.39	0.19	0.47
	x	[m]	0.00	0.90	2.50	0.00	2.04	3.10
	Cortante mín.	[t]	-0.95	-0.49	-2.11	-0.55	-0.30	-1.90
	x	[m]	0.00	1.65	2.50	0.00	2.04	3.10

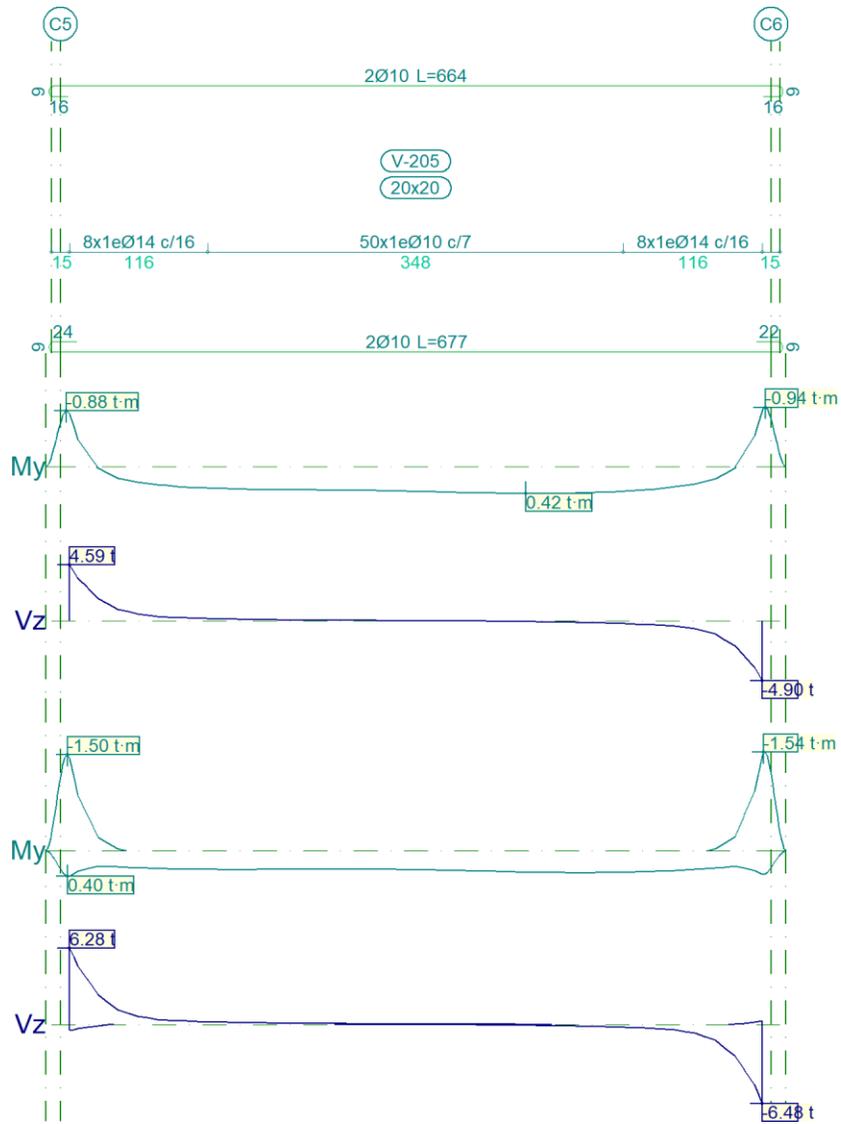
Pórtico 1			Tramo: V-201			Tramo: V-202		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
	Cortante máx.	[t]	1.70	0.33	0.76	2.35	0.38	0.81
	x	[m]	0.00	0.90	2.50	0.00	1.04	3.10
	Torsor mín.	[t]	-0.13	--	-0.08	-0.09	--	-0.21
	x	[m]	0.00	--	2.40	0.00	--	3.04
	Torsor máx.	[t]	0.18	--	0.06	0.16	--	0.12
	x	[m]	0.00	--	2.40	0.00	--	3.04

1.2.- Pórtico 2



Pórtico 2			Tramo: V-203			Tramo: V-204		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.24</b>	--	<b>-0.66</b>	<b>-0.83</b>	--	<b>-0.38</b>
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.19</b>	<b>0.22</b>	<b>0.19</b>	<b>0.29</b>	<b>0.32</b>	<b>0.27</b>
	x	[m]	0.82	1.32	1.74	0.95	1.45	2.12
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.30</b>	<b>-4.43</b>	--	<b>-0.09</b>	<b>-2.35</b>
	x	[m]	--	1.65	2.50	--	2.04	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>1.50</b>	<b>0.02</b>	--	<b>6.48</b>	<b>0.26</b>	--
	x	[m]	0.00	0.90	--	0.00	1.04	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.09</b>	--	--	--
	x	[m]	--	--	2.40	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	<b>0.22</b>	--	--
	x	[m]	--	--	--	0.00	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.95</b>	--	<b>-1.23</b>	<b>-1.43</b>	--	<b>-1.03</b>
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.65</b>	<b>0.20</b>	<b>0.40</b>	<b>0.37</b>	<b>0.27</b>	<b>0.55</b>
	x	[m]	0.00	0.99	2.50	0.00	1.70	3.10
	Cortante mín.	[t]	<b>-2.40</b>	<b>-0.38</b>	<b>-6.67</b>	<b>-0.44</b>	<b>-0.15</b>	<b>-4.84</b>
	x	[m]	0.00	1.65	2.50	0.00	2.04	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>4.31</b>	<b>0.14</b>	<b>1.07</b>	<b>8.63</b>	<b>0.29</b>	<b>1.86</b>
	x	[m]	0.00	0.90	2.50	0.00	1.04	3.10
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.12</b>	--	<b>-0.14</b>	--	--	<b>-0.18</b>
	x	[m]	0.00	--	2.45	--	--	3.04
	Torsor máx.	[t]	<b>0.17</b>	--	--	<b>0.31</b>	--	<b>0.14</b>
	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	3.04

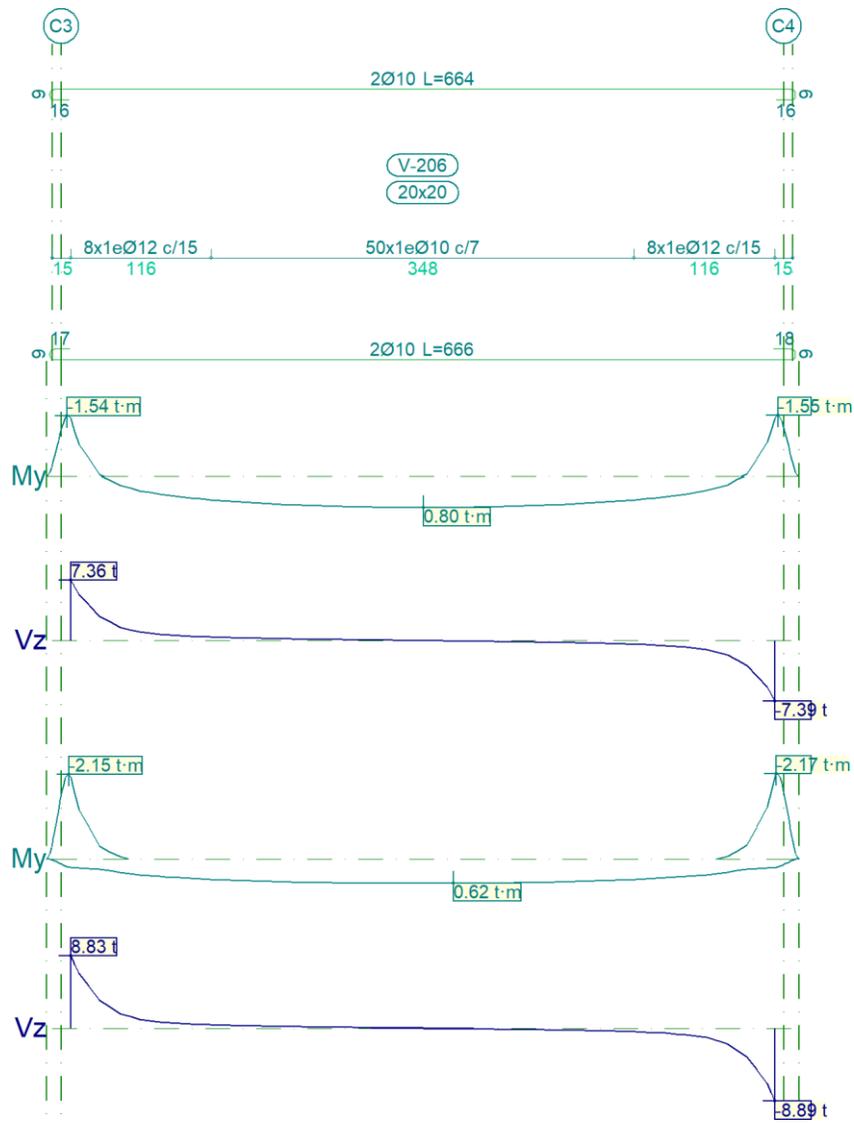
1.3.- Pórtico 3



Pórtico 3			Tramo: V-205		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.83	--	-0.88
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.36	0.42	0.42
	x	[m]	1.90	3.82	3.90
	Cortante mín.	[t]	--	-0.05	-4.90
	x	[m]	--	3.82	5.80
	Cortante máx.	[t]	4.59	0.07	--
	x	[m]	0.00	1.99	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	-0.12

Pórtico 3			Tramo: V-205		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	5.74
	<b>Torsor máx.</b>	[t]	<b>0.12</b>	--	--
	x	[m]	0.00	--	--
	<b>Momento mín.</b>	[t·m]	<b>-1.45</b>	--	<b>-1.49</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	<b>Momento máx.</b>	[t·m]	<b>0.40</b>	<b>0.34</b>	<b>0.37</b>
	x	[m]	0.00	3.82	5.80
	<b>Cortante mín.</b>	[t]	<b>-0.48</b>	<b>-0.07</b>	<b>-6.48</b>
	x	[m]	0.00	3.82	5.80
	<b>Cortante máx.</b>	[t]	<b>6.28</b>	<b>0.09</b>	<b>0.28</b>
	x	[m]	0.00	1.99	5.80
	<b>Torsor mín.</b>	[t]	<b>-0.08</b>	--	<b>-0.25</b>
	x	[m]	0.00	--	5.74
	<b>Torsor máx.</b>	[t]	<b>0.23</b>	--	<b>0.10</b>
x	[m]	0.00	--	5.74	

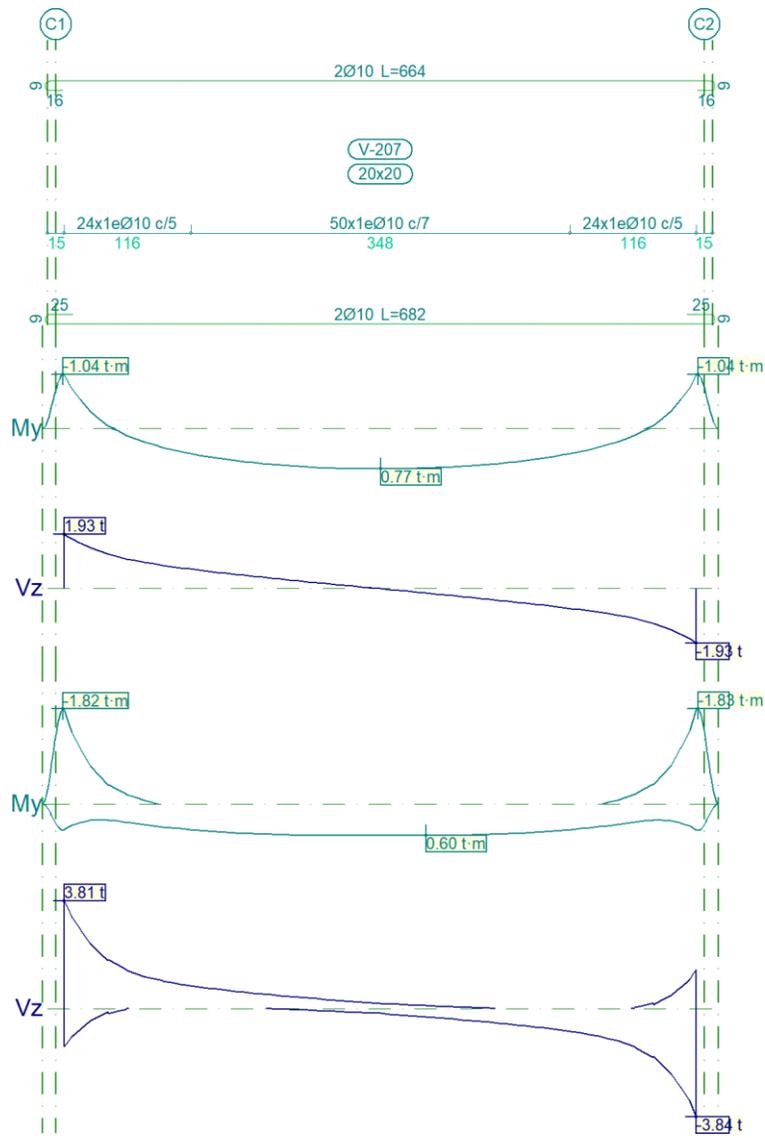
1.4.- Pórtico 4



Pórtico 4			Tramo: V-206		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
			Momento mín.	[t·m]	-1.47
x	[m]		0.00	--	5.80
Momento máx.	[t·m]		0.74	0.80	0.74
x	[m]		1.90	2.90	3.90
Cortante mín.	[t]		--	-0.18	-7.39
x	[m]		--	3.82	5.80
Cortante máx.	[t]		7.36	0.18	--
x	[m]		0.00	1.99	--
Torsor mín.	[t]		--	--	--

Pórtico 4			Tramo: V-206		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-2.07</b>	--	<b>-2.09</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.60</b>	<b>0.62</b>	<b>0.60</b>
	x	[m]	1.90	3.15	3.90
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.18</b>	<b>-8.89</b>
	x	[m]	--	3.82	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>8.83</b>	<b>0.18</b>	--
	x	[m]	0.00	1.99	--
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.12</b>	--	<b>-0.13</b>
	x	[m]	0.00	--	5.74
	Torsor máx.	[t]	<b>0.12</b>	--	<b>0.13</b>
x	[m]	0.00	--	5.74	

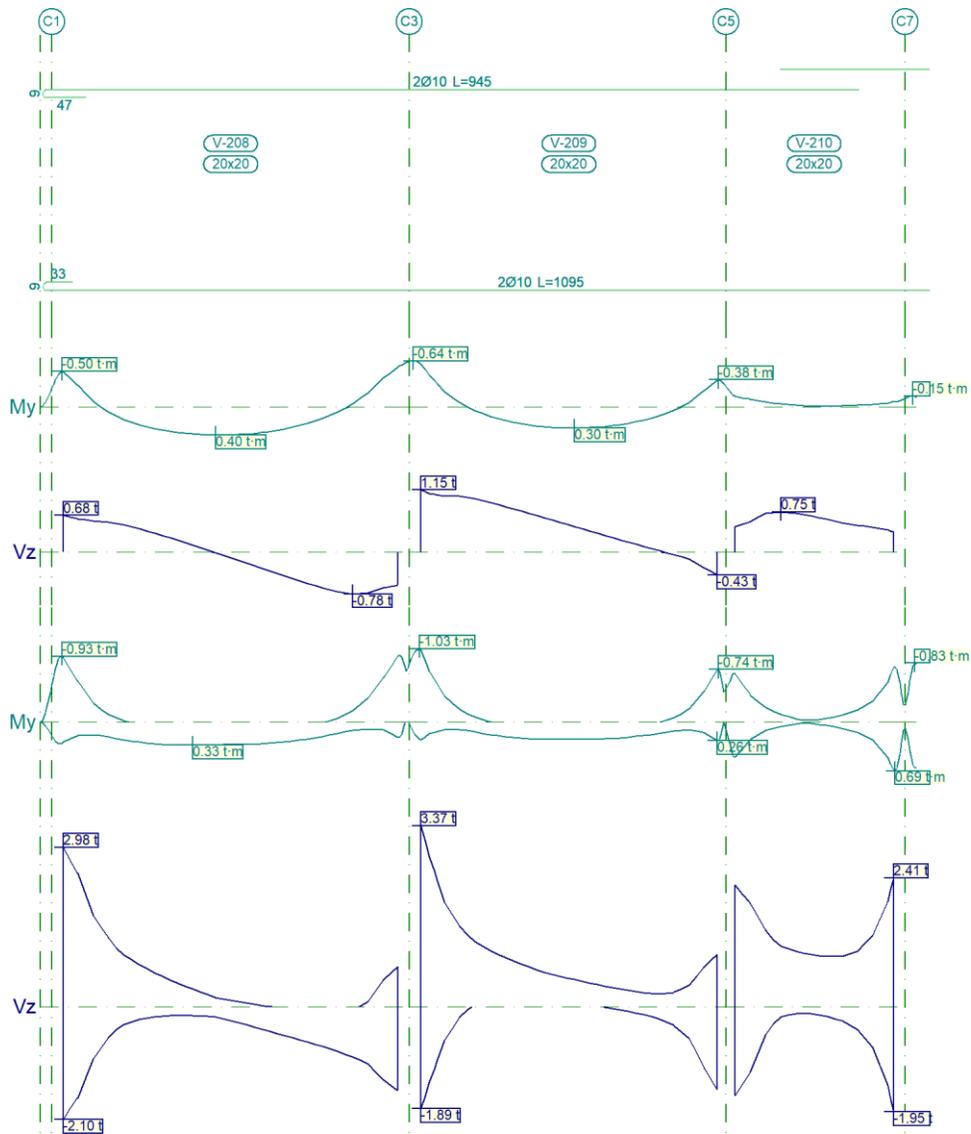
1.5.- Pórtico 5



Pórtico 5			Tramo: V-207		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-1.03	--	-1.04
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.68	0.77	0.68
	x	[m]	1.90	2.90	3.90
	Cortante mín.	[t]	--	-0.34	-1.93
	x	[m]	--	3.82	5.80
	Cortante máx.	[t]	1.93	0.34	--
	x	[m]	0.00	1.99	--
	Torsor mín.	[t]	-0.22	--	--

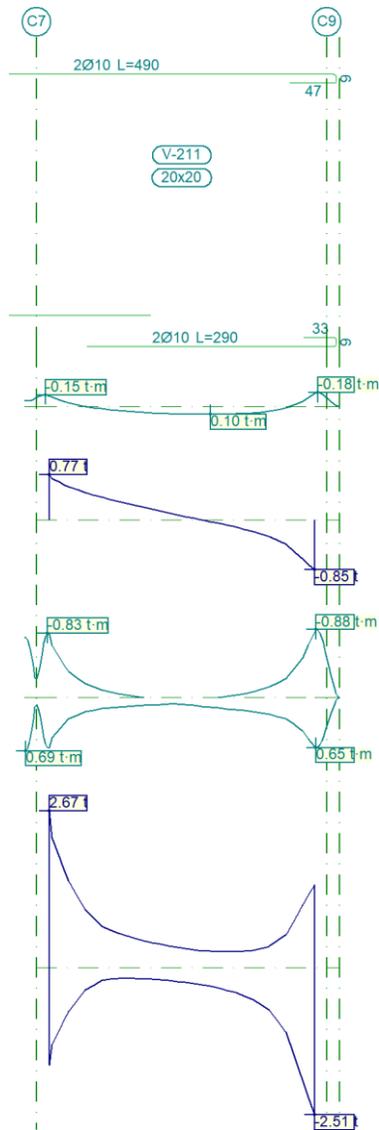
Pórtico 5			Tramo: V-207		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	0.00	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.23</b>
	x	[m]	--	--	5.74
	Momento mín.	[t·m]	<b>-1.80</b>	--	<b>-1.81</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.58</b>	<b>0.60</b>	<b>0.58</b>
	x	[m]	1.90	3.32	3.90
	Cortante mín.	[t]	<b>-1.35</b>	<b>-0.46</b>	<b>-3.84</b>
	x	[m]	0.00	3.82	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>3.81</b>	<b>0.46</b>	<b>1.38</b>
	x	[m]	0.00	1.99	5.80
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.26</b>	--	--
	x	[m]	0.07	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.27</b>
x	[m]	--	--	5.74	

1.6.- Pórtico 6



Pórtico 6			Tramo: V-208			Tramo: V-209			Tramo: V-210		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.49	--	-0.56	-0.60	--	-0.37	-0.15	--	-0.07
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	0.35	0.40	0.29	0.22	0.30	0.25	--	--	--
	x	[m]	1.16	1.66	2.49	1.01	1.67	2.17	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.44	-0.78	--	--	-0.43	--	--	--
	x	[m]	--	2.41	3.16	--	--	3.23	--	--	--
	Cortante máx.	[t]	0.68	0.22	--	1.15	0.76	0.23	0.75	0.74	0.55
	x	[m]	0.00	1.24	--	0.00	1.09	2.17	0.50	0.58	1.17
	Torsor mín.	[t]	--	--	-0.19	--	--	-0.19	--	--	-0.11

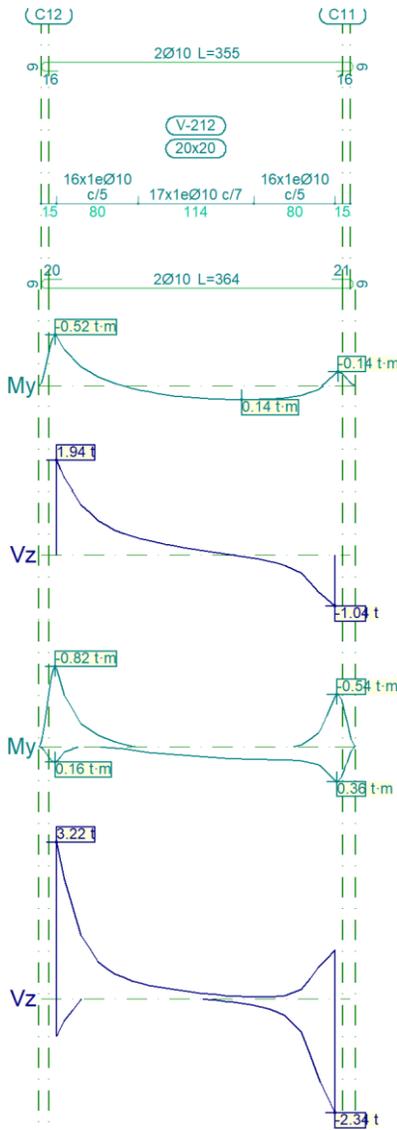
Pórtico 6			Tramo: V-208			Tramo: V-209			Tramo: V-210		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	3.49	--	--	3.09	--	--	1.67
	Torsor máx.	[t]	<b>0.23</b>	--	--	<b>0.25</b>	--	--	--	--	--
	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.90</b>	--	<b>-0.93</b>	<b>-1.01</b>	--	<b>-0.74</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.77</b>
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	0.58	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.32</b>	<b>0.33</b>	<b>0.27</b>	<b>0.25</b>	<b>0.24</b>	<b>0.26</b>	<b>0.49</b>	<b>0.07</b>	<b>0.67</b>
	x	[m]	1.16	1.41	2.49	0.00	1.76	3.23	0.00	1.08	1.73
	Cortante mín.	[t]	<b>-2.10</b>	<b>-0.53</b>	<b>-1.56</b>	<b>-1.89</b>	<b>-0.03</b>	<b>-1.55</b>	<b>-1.65</b>	<b>-0.22</b>	<b>-1.95</b>
	x	[m]	0.00	2.41	3.65	0.00	2.09	3.23	0.00	1.08	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>2.98</b>	<b>0.45</b>	<b>0.76</b>	<b>3.37</b>	<b>0.80</b>	<b>0.98</b>	<b>2.27</b>	<b>1.08</b>	<b>2.41</b>
	x	[m]	0.00	1.24	3.65	0.00	1.09	3.23	0.00	0.58	1.73
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.28</b>	--	--	<b>-0.25</b>	<b>-0.06</b>	--	<b>-0.26</b>
	x	[m]	--	--	3.49	--	--	3.23	0.00	--	1.67
	Torsor máx.	[t]	<b>0.32</b>	--	--	<b>0.31</b>	--	--	<b>0.09</b>	--	<b>0.12</b>
x	[m]	0.16	--	--	0.00	--	--	0.00	--	1.67	



Pórtico 6			Tramo: V-211		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.13</b>	--	<b>-0.17</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
	x	[m]	0.86	1.61	1.77
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.06</b>	<b>-0.85</b>
	x	[m]	--	1.69	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>0.77</b>	<b>0.21</b>	--
	x	[m]	0.00	0.94	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--

Pórtico 6			Tramo: V-211		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.81</b>	--	<b>-0.85</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.64</b>	<b>0.13</b>	<b>0.63</b>
	x	[m]	0.00	1.69	2.64
	Cortante mín.	[t]	<b>-1.68</b>	<b>-0.35</b>	<b>-2.51</b>
	x	[m]	0.00	1.69	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>2.67</b>	<b>0.46</b>	<b>1.41</b>
	x	[m]	0.00	0.94	2.64
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.18</b>	--	<b>-0.16</b>
	x	[m]	0.00	--	2.52
	Torsor máx.	[t]	<b>0.22</b>	--	<b>0.12</b>
	x	[m]	0.00	--	2.52

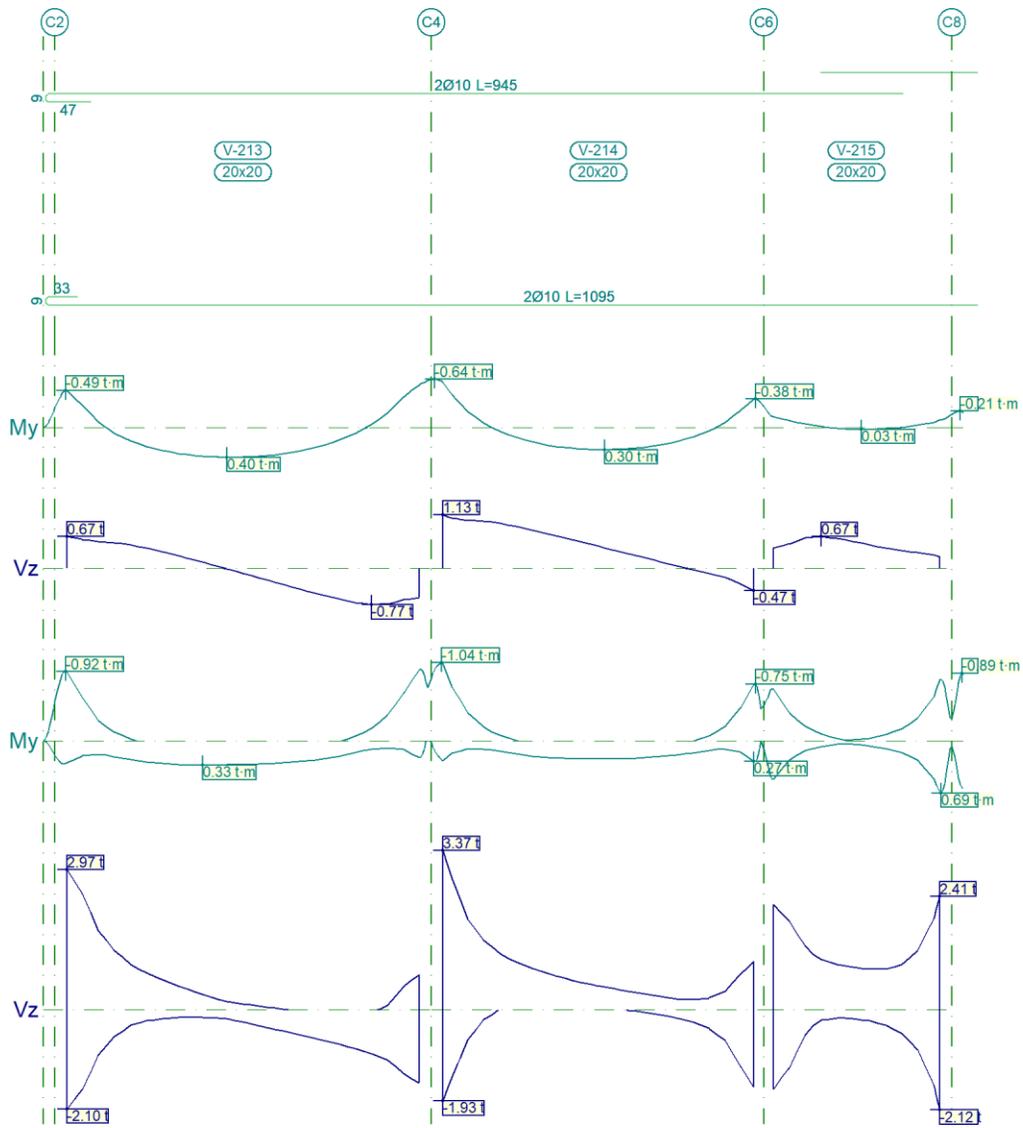
1.7.- Pórtico 7



Pórtico 7			Tramo: V-212		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.51	--	-0.13
	x	[m]	0.00	--	2.74
	Momento máx.	[t·m]	0.06	0.14	0.14
	x	[m]	0.91	1.82	1.91
	Cortante mín.	[t]	--	-0.02	-1.04
	x	[m]	--	1.82	2.74
	Cortante máx.	[t]	1.94	0.26	--
	x	[m]	0.00	0.99	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	

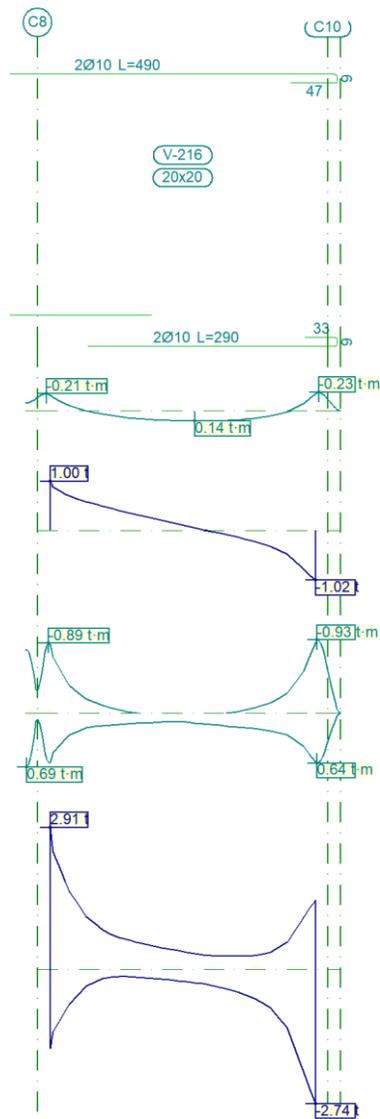
Pórtico 7			Tramo: V-212		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.80</b>	--	<b>-0.52</b>
	x	[m]	0.00	--	2.74
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.16</b>	<b>0.13</b>	<b>0.35</b>
	x	[m]	0.00	1.82	2.74
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.76</b>	<b>-0.08</b>	<b>-2.34</b>
	x	[m]	0.00	1.82	2.74
	Cortante máx.	[t]	<b>3.22</b>	<b>0.25</b>	<b>1.01</b>
	x	[m]	0.00	0.99	2.74
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.12</b>	--	<b>-0.08</b>
	x	[m]	0.00	--	2.57
	Torsor máx.	[t]	<b>0.12</b>	--	<b>0.08</b>
x	[m]	0.00	--	2.57	

1.8.- Pórtico 8



Pórtico 8			Tramo: V-213			Tramo: V-214			Tramo: V-215		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.48	--	-0.56	-0.59	--	-0.37	-0.14	--	-0.10
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	0.35	0.40	0.29	0.22	0.30	0.25	--	--	--
	x	[m]	1.16	1.66	2.49	1.01	1.67	2.17	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.44	-0.77	--	--	-0.47	--	--	--
	x	[m]	--	2.41	3.16	--	--	3.23	--	--	--
	Cortante máx.	[t]	0.67	0.22	--	1.13	0.73	0.18	0.67	0.65	0.43
	x	[m]	0.00	1.24	--	0.00	1.09	2.17	0.50	0.58	1.17
	Torsor mín.	[t]	-0.22	--	--	-0.25	--	--	--	--	--

Pórtico 8			Tramo: V-213			Tramo: V-214			Tramo: V-215		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.19</b>	--	--	<b>0.18</b>	--	--	<b>0.14</b>
	x	[m]	--	--	3.49	--	--	3.09	--	--	1.67
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.91</b>	--	<b>-0.94</b>	<b>-1.02</b>	--	<b>-0.75</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.81</b>
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	1.08	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.32</b>	<b>0.33</b>	<b>0.27</b>	<b>0.26</b>	<b>0.24</b>	<b>0.27</b>	<b>0.51</b>	<b>0.09</b>	<b>0.68</b>
	x	[m]	1.16	1.41	2.49	0.00	1.76	3.23	0.00	1.08	1.73
	Cortante mín.	[t]	<b>-2.10</b>	<b>-0.53</b>	<b>-1.55</b>	<b>-1.93</b>	<b>-0.05</b>	<b>-1.64</b>	<b>-1.68</b>	<b>-0.28</b>	<b>-2.12</b>
	x	[m]	0.00	2.41	3.65	0.00	2.09	3.23	0.00	1.08	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>2.97</b>	<b>0.45</b>	<b>0.74</b>	<b>3.37</b>	<b>0.77</b>	<b>1.02</b>	<b>2.23</b>	<b>1.02</b>	<b>2.41</b>
	x	[m]	0.00	1.24	3.65	0.00	1.09	3.23	0.00	0.58	1.73
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.31</b>	--	--	<b>-0.30</b>	--	--	<b>-0.09</b>	--	<b>-0.10</b>
	x	[m]	0.16	--	--	0.00	--	--	0.00	--	1.67
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.27</b>	--	--	<b>0.25</b>	--	--	<b>0.27</b>
x	[m]	--	--	3.49	--	--	3.23	--	--	1.67	

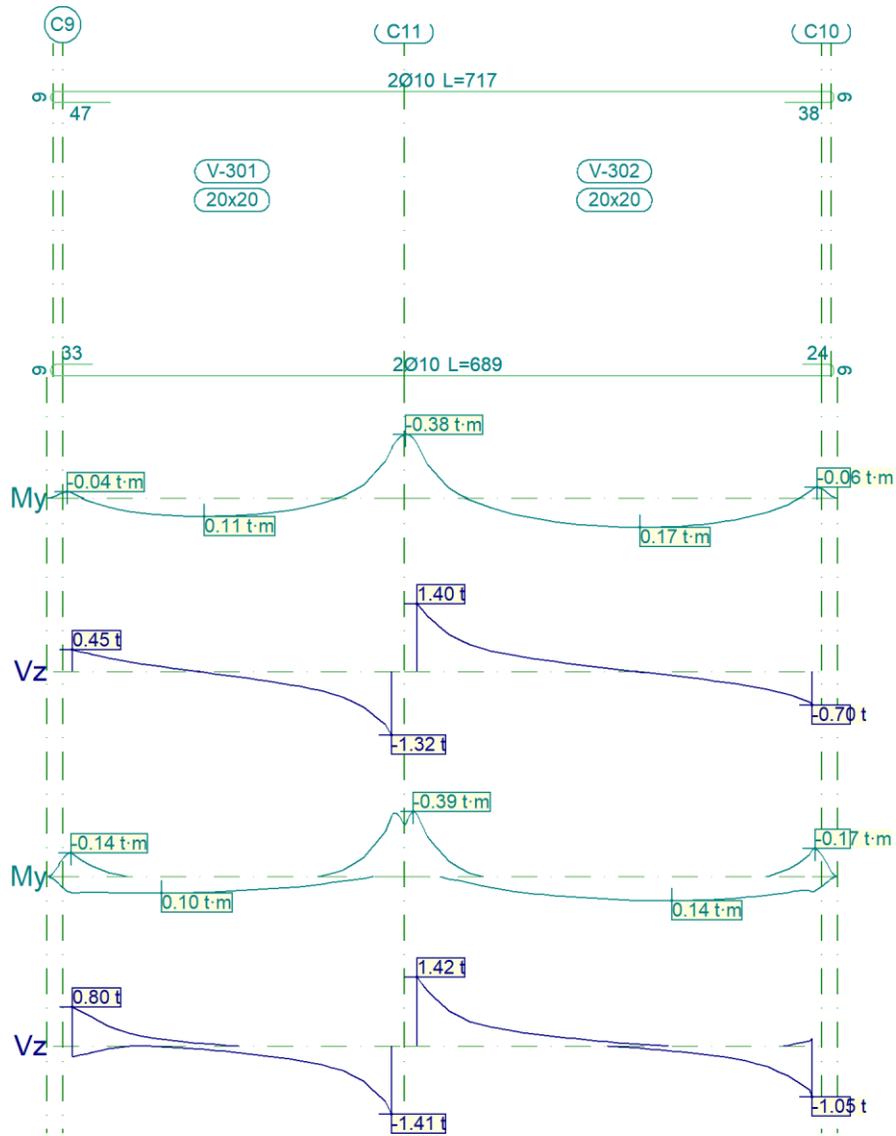


Pórtico 8			Tramo: V-216		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.19</b>	--	<b>-0.22</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.10</b>	<b>0.14</b>	<b>0.13</b>
	x	[m]	0.86	1.44	1.77
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.06</b>	<b>-1.02</b>
	x	[m]	--	1.69	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>1.00</b>	<b>0.28</b>	--
	x	[m]	0.00	0.94	--
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.08</b>	--	--
	x	[m]	0.00	--	--

Pórtico 8			Tramo: V-216		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.87</b>	--	<b>-0.91</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.63</b>	<b>0.16</b>	<b>0.62</b>
	x	[m]	0.00	1.69	2.64
	Cortante mín.	[t]	<b>-1.62</b>	<b>-0.36</b>	<b>-2.74</b>
	x	[m]	0.00	1.69	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>2.91</b>	<b>0.52</b>	<b>1.42</b>
	x	[m]	0.00	0.94	2.64
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.24</b>	--	<b>-0.10</b>
	x	[m]	0.00	--	2.52
	Torsor máx.	[t]	<b>0.14</b>	--	<b>0.17</b>
	x	[m]	0.00	--	2.52

## 2.- BUHARDILLA

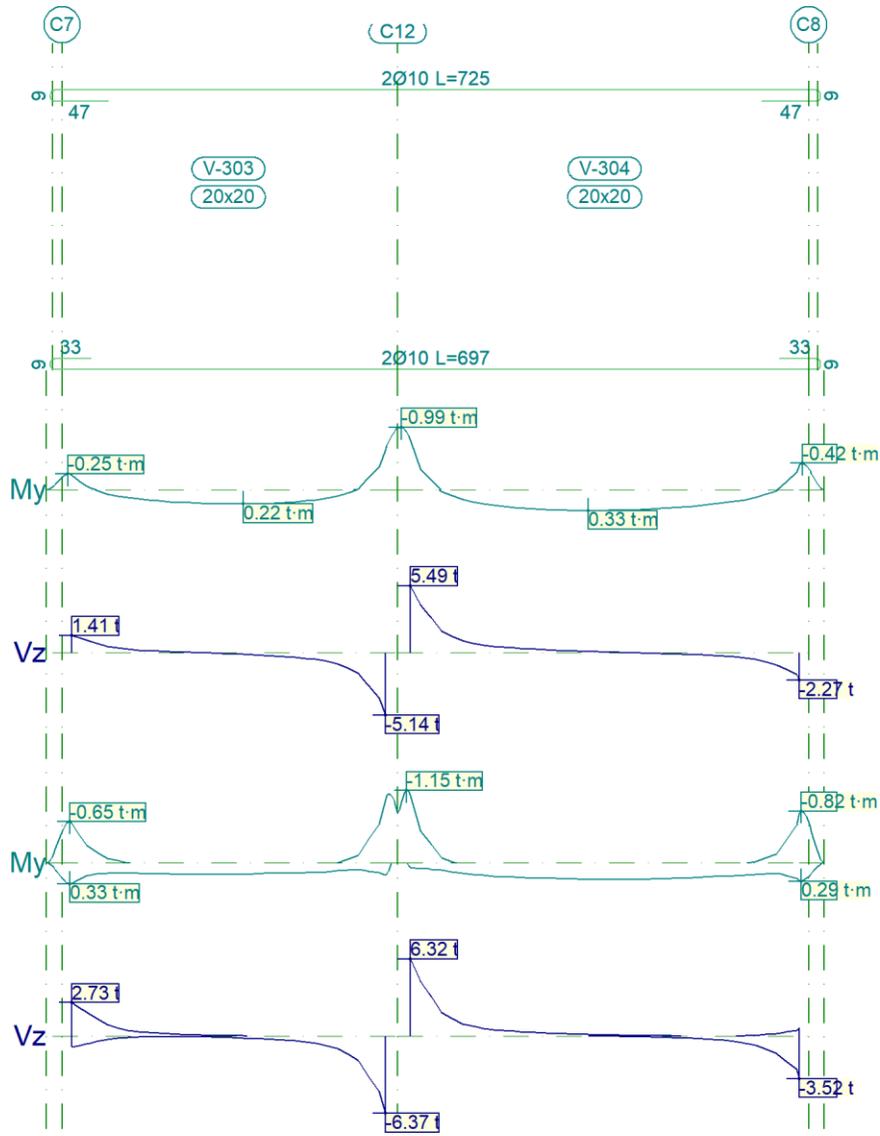
2.1.- Pórtico 1



Pórtico 1			Tramo: V-301			Tramo: V-302		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	--	--	-0.30	-0.32	--	--
	x	[m]	--	--	2.50	0.00	--	--
	Momento máx.	[t·m]	0.10	0.11	0.07	0.13	0.17	0.17
	x	[m]	0.78	1.03	1.70	1.00	1.75	2.08
	Cortante mín.	[t]	--	-0.23	-1.32	--	-0.08	-0.70
	x	[m]	--	1.62	2.50	--	2.00	3.10
Cortante máx.	[t]	0.45	0.04	--	1.40	0.21	--	
x	[m]	0.00	0.87	--	0.00	1.08	--	

Pórtico 1			Tramo: V-301			Tramo: V-302		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.14</b>	--	<b>-0.36</b>	<b>-0.37</b>	--	<b>-0.16</b>
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.11</b>	<b>0.14</b>	<b>0.14</b>
	x	[m]	0.70	0.87	1.70	1.00	2.00	2.08
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.22</b>	<b>-0.24</b>	<b>-1.41</b>	--	<b>-0.10</b>	<b>-1.05</b>
	x	[m]	0.00	1.62	2.50	--	2.00	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>0.80</b>	<b>0.09</b>	--	<b>1.42</b>	<b>0.20</b>	<b>0.15</b>
	x	[m]	0.00	0.87	--	0.00	1.08	3.10
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	
x	[m]	--	--	--	--	--	--	

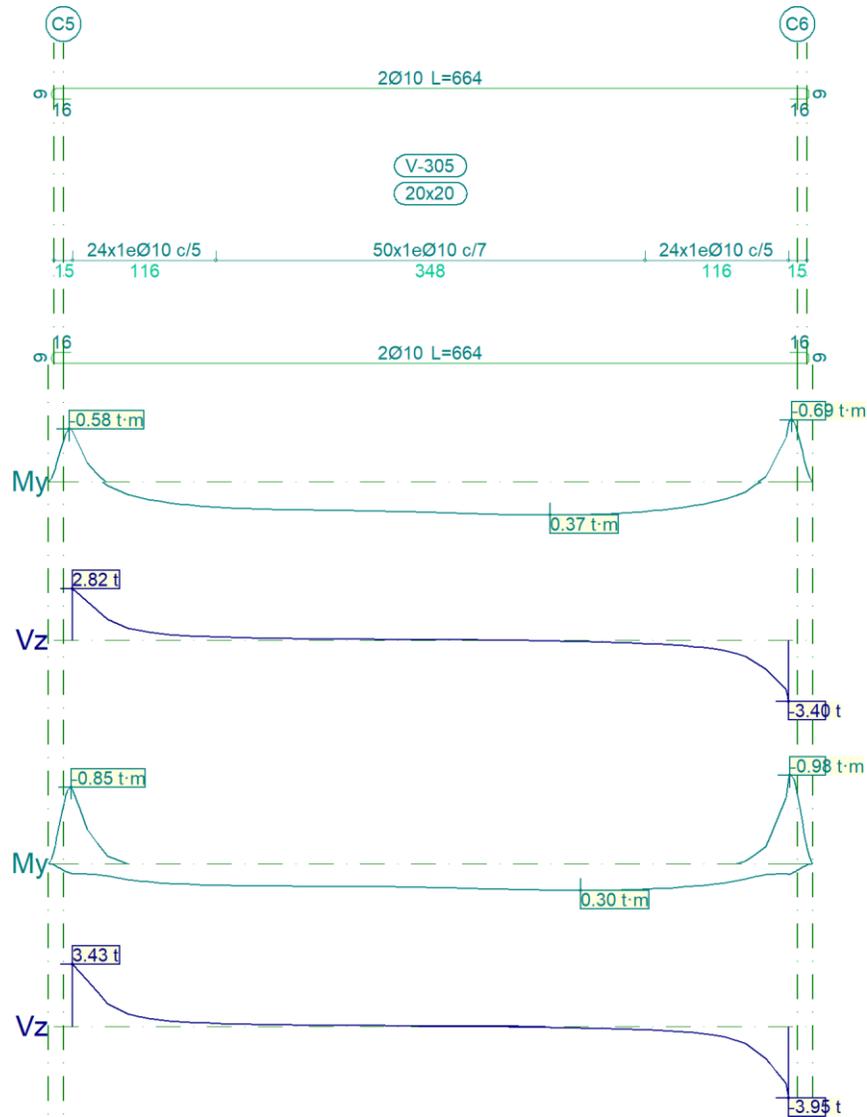
2.2.- Pórtico 2



Pórtico 2			Tramo: V-303			Tramo: V-304		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.24	--	-0.64	-0.79	--	-0.40
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	0.18	0.22	0.20	0.30	0.33	0.28
	x	[m]	0.78	1.37	1.70	1.00	1.42	2.08
	Cortante mín.	[t]	--	-0.26	-5.14	--	-0.08	-2.27
	x	[m]	--	1.62	2.50	--	2.00	3.10
	Cortante máx.	[t]	1.41	0.05	--	5.49	0.23	--
	x	[m]	0.00	0.87	--	0.00	1.08	--
Torsor mín.	[t]	--	--	-0.17	--	--	-0.08	

Pórtico 2			Tramo: V-303			Tramo: V-304		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	2.45	--	--	3.08
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	<b>0.12</b>	--	--
	x	[m]	--	--	--	0.00	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.63</b>	--	<b>-1.00</b>	<b>-1.07</b>	--	<b>-0.79</b>
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.32</b>	<b>0.18</b>	<b>0.20</b>	<b>0.24</b>	<b>0.26</b>	<b>0.29</b>
	x	[m]	0.00	1.12	2.50	1.00	1.58	3.10
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.93</b>	<b>-0.29</b>	<b>-6.37</b>	--	<b>-0.12</b>	<b>-3.52</b>
	x	[m]	0.00	1.62	2.50	--	2.00	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>2.73</b>	<b>0.13</b>	--	<b>6.32</b>	<b>0.24</b>	<b>0.63</b>
	x	[m]	0.00	0.87	--	0.00	1.08	3.10
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.19</b>	--	--	<b>-0.22</b>
	x	[m]	--	--	2.50	--	--	3.08
	Torsor máx.	[t]	<b>0.09</b>	--	--	<b>0.14</b>	--	<b>0.11</b>
x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	3.08	

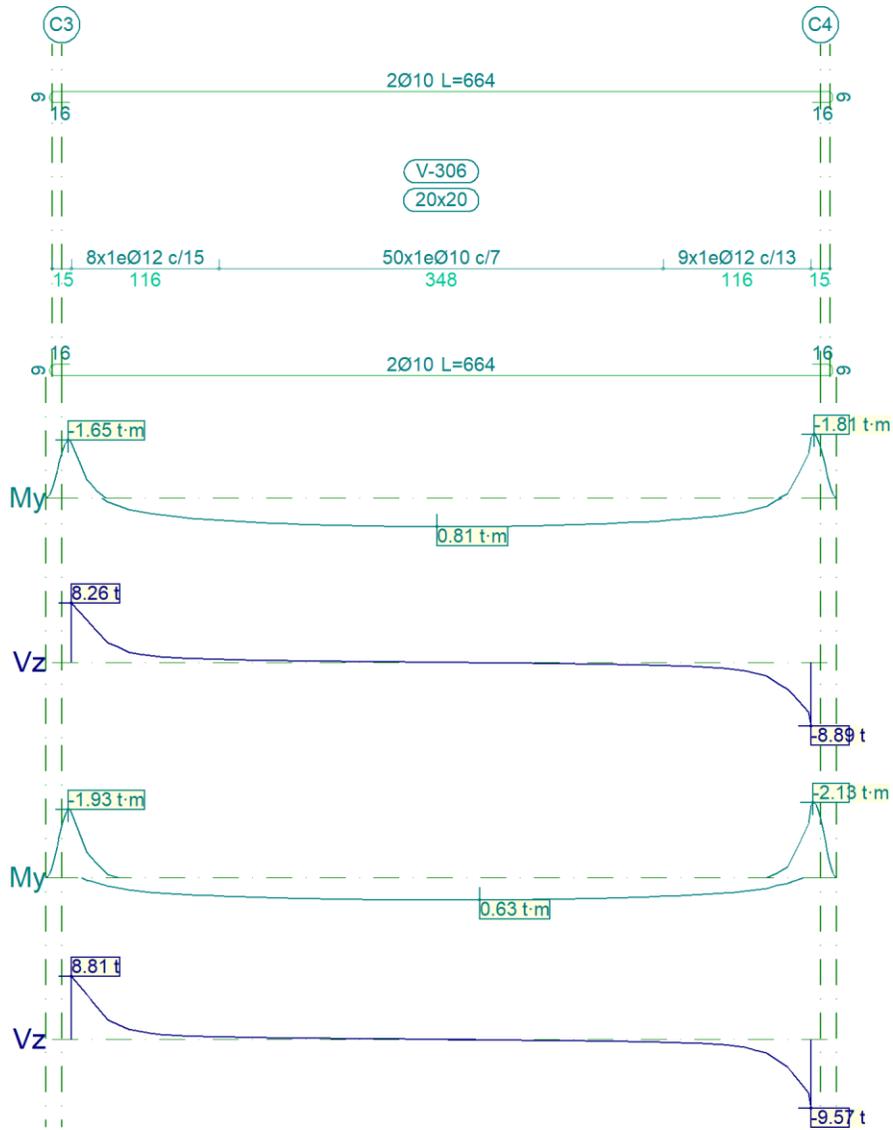
2.3.- Pórtico 3



Pórtico 3			Tramo: V-305		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.56	--	-0.65
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.32	0.37	0.37
	x	[m]	1.87	3.87	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.05	-3.40
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	2.82	0.07	--
	x	[m]	0.00	1.95	--
Torsor mín.	[t]	--	--	-0.11	

Pórtico 3			Tramo: V-305		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	5.78
	Torsor máx.	[t]	<b>0.07</b>	--	--
	x	[m]	0.00	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.82</b>	--	<b>-0.95</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.25</b>	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>
	x	[m]	1.87	3.87	4.12
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.06</b>	<b>-3.95</b>
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>3.43</b>	<b>0.07</b>	--
	x	[m]	0.00	1.95	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.22</b>
	x	[m]	--	--	5.78
	Torsor máx.	[t]	<b>0.10</b>	--	<b>0.08</b>
x	[m]	0.06	--	5.78	

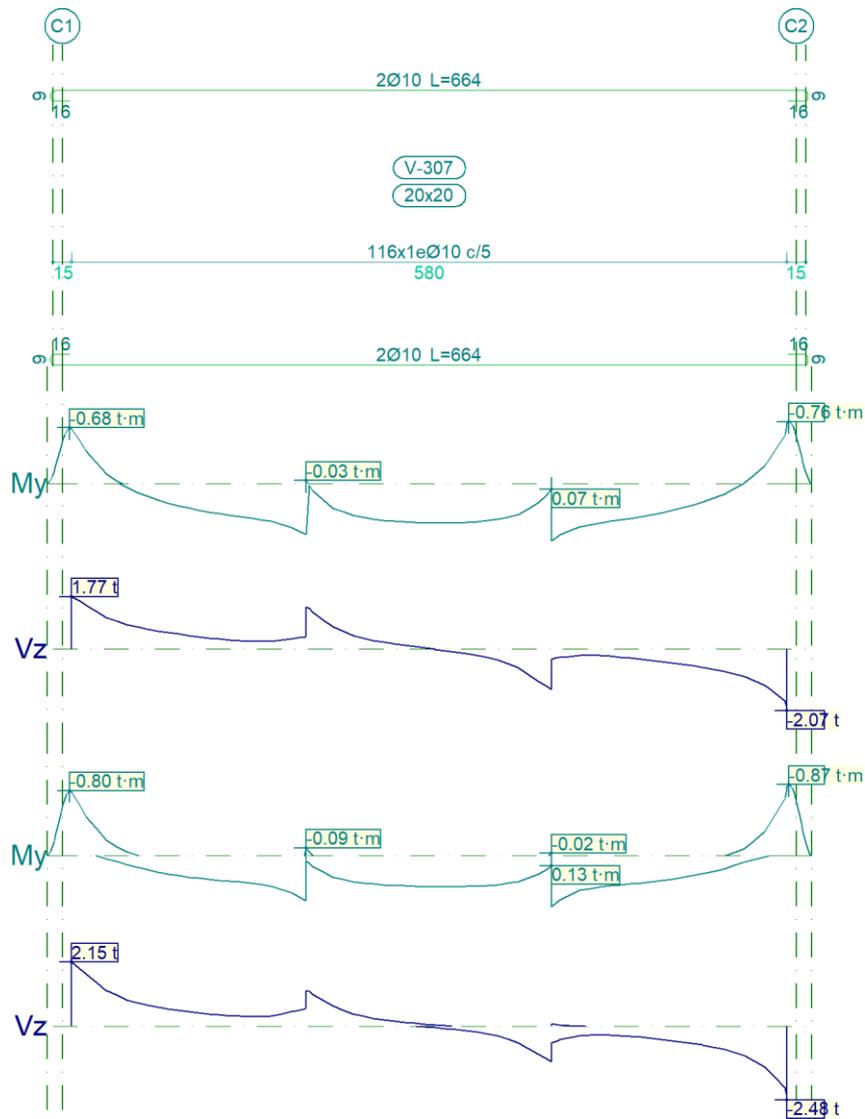
2.4.- Pórtico 4



Pórtico 4			Tramo: V-306		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-1.56	--	-1.71
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.75	0.81	0.76
	x	[m]	1.87	2.87	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.18	-8.89
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	8.26	0.18	--
	x	[m]	0.00	1.95	--
Torsor mín.	[t]	--	--	-0.07	

Pórtico 4			Tramo: V-306		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	5.78
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-1.85</b>	--	<b>-2.04</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.59</b>	<b>0.63</b>	<b>0.60</b>
	x	[m]	1.87	3.20	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.16</b>	<b>-9.57</b>
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>8.81</b>	<b>0.17</b>	--
	x	[m]	0.00	1.95	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.21</b>
	x	[m]	--	--	5.78
	Torsor máx.	[t]	<b>0.08</b>	--	<b>0.12</b>
x	[m]	0.00	--	5.78	

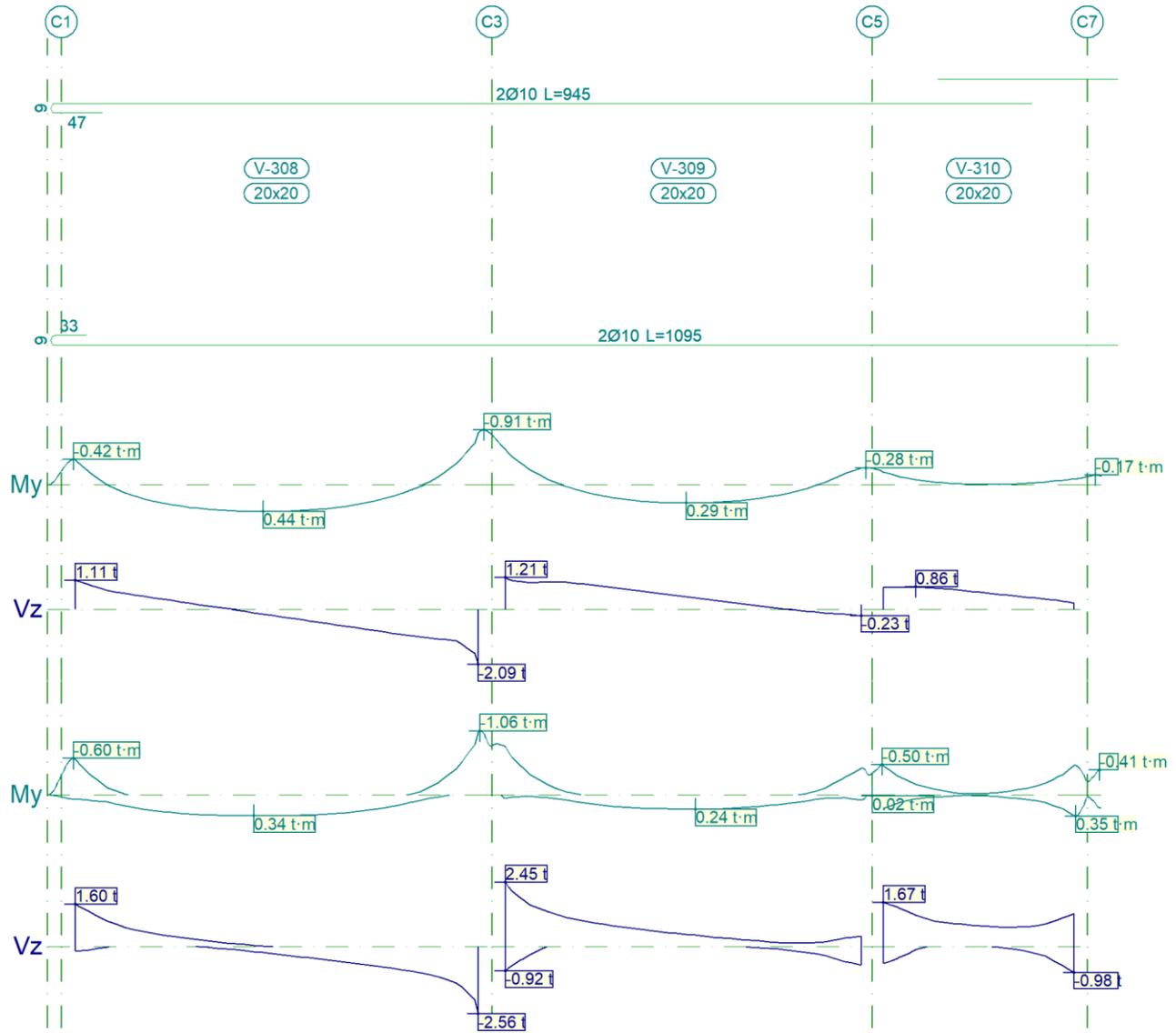
2.5.- Pórtico 5



Pórtico 5			Tramo: V-307		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.67	--	-0.74
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.63	0.49	0.71
	x	[m]	1.90	2.95	3.89
	Cortante mín.	[t]	--	-1.22	-2.07
	x	[m]	--	3.84	5.80
	Cortante máx.	[t]	1.77	1.24	--
	x	[m]	0.00	1.95	--
Torsor mín.	[t]	-0.12	--	--	

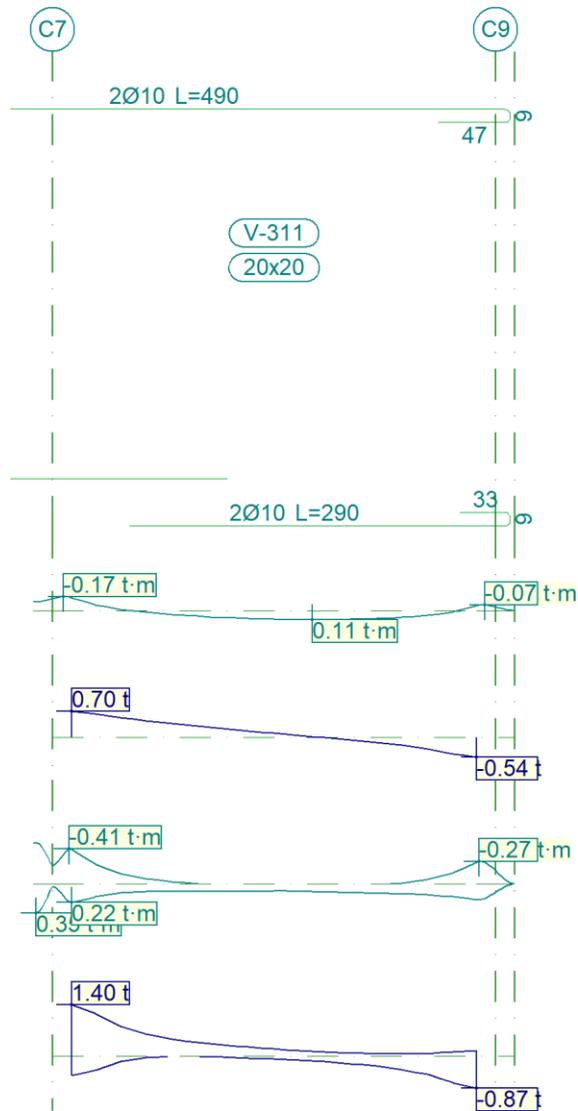
Pórtico 5			Tramo: V-307		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	0.00	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.24</b>
	x	[m]	--	--	5.78
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.78</b>	--	<b>-0.85</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.56</b>	<b>0.38</b>	<b>0.63</b>
	x	[m]	1.90	2.95	3.89
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-1.07</b>	<b>-2.48</b>
	x	[m]	--	3.84	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>2.15</b>	<b>1.07</b>	<b>0.07</b>
	x	[m]	0.00	1.95	3.89
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.13</b>	<b>-0.07</b>	<b>-0.07</b>
	x	[m]	0.00	3.78	3.89
	Torsor máx.	[t]	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.26</b>
x	[m]	1.90	1.95	5.78	

2.6.- Pórtico 6



Pórtico 6			Tramo: V-308			Tramo: V-309			Tramo: V-310		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.41	--	-0.86	-0.59	--	-0.28	-0.22	--	-0.11
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	0.40	0.44	0.35	0.23	0.29	0.24	--	--	--
	x	[m]	1.20	1.70	2.45	1.05	1.64	2.22	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.58	-2.09	--	--	-0.23	--	--	--
	x	[m]	--	2.37	3.65	--	--	3.23	--	--	--
Cortante máx.	[t]	1.11	0.09	--	1.21	0.75	0.18	0.86	0.77	0.51	
x	[m]	0.00	1.29	--	0.00	1.14	2.22	0.30	0.63	1.21	

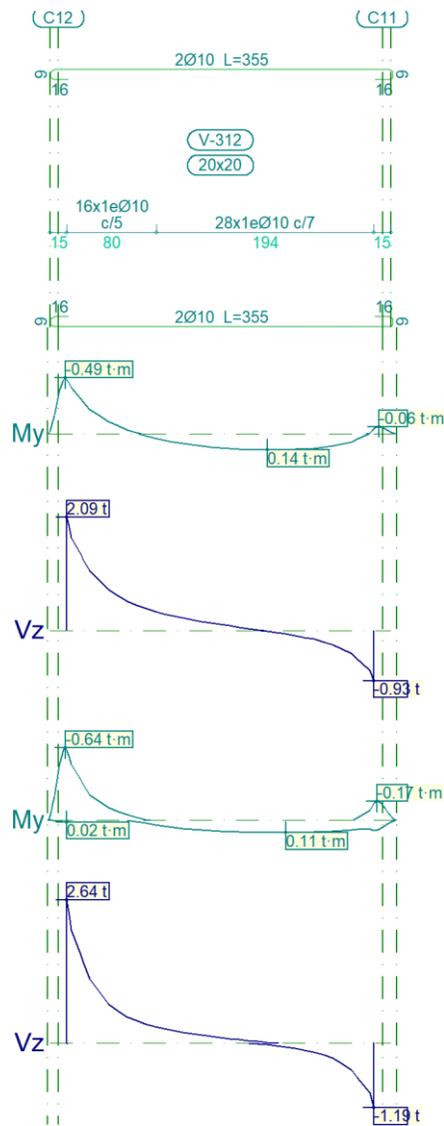
Pórtico 6			Tramo: V-308			Tramo: V-309			Tramo: V-310		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.62</b>	--	--	<b>-0.13</b>	--	--	<b>-0.10</b>
	x	[m]	--	--	3.62	--	--	3.05	--	--	1.63
	Torsor máx.	[t]	<b>0.19</b>	--	--	<b>0.39</b>	--	--	--	--	--
	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.59</b>	--	<b>-1.03</b>	<b>-0.79</b>	--	<b>-0.44</b>	<b>-0.49</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.49</b>
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	1.13	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.33</b>	<b>0.34</b>	<b>0.29</b>	<b>0.20</b>	<b>0.24</b>	<b>0.20</b>	<b>0.22</b>	--	<b>0.34</b>
	x	[m]	1.20	1.62	2.45	1.05	1.72	2.22	0.00	--	1.73
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.18</b>	<b>-0.55</b>	<b>-2.56</b>	<b>-0.92</b>	--	<b>-0.70</b>	<b>-0.64</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.98</b>
	x	[m]	0.00	2.37	3.65	0.00	--	3.23	0.00	1.13	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>1.60</b>	<b>0.18</b>	--	<b>2.45</b>	<b>0.70</b>	<b>0.39</b>	<b>1.67</b>	<b>0.89</b>	<b>1.25</b>
	x	[m]	0.00	1.29	--	0.00	1.14	3.23	0.00	0.63	1.73
	Torsor mín.	[t]	--	--	<b>-0.70</b>	--	--	<b>-0.15</b>	--	--	<b>-0.16</b>
	x	[m]	--	--	3.62	--	--	3.05	--	--	1.63
Torsor máx.	[t]	<b>0.18</b>	--	--	<b>0.41</b>	--	--	<b>0.06</b>	--	--	
x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	0.00	--	--	



Pórtico 6			Tramo: V-311		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.15	--	--
	x	[m]	0.00	--	--
	Momento máx.	[t·m]	0.07	0.11	0.11
	x	[m]	0.82	1.57	1.82
	Cortante mín.	[t]	--	-0.04	-0.54
	x	[m]	--	1.74	2.64
	Cortante máx.	[t]	0.70	0.27	--
	x	[m]	0.00	0.90	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--

Pórtico 6			Tramo: V-311		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.41</b>	--	<b>-0.26</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.22</b>	<b>0.10</b>	<b>0.19</b>
	x	[m]	0.00	1.74	2.64
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.51</b>	<b>-0.17</b>	<b>-0.87</b>
	x	[m]	0.00	1.74	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>1.40</b>	<b>0.35</b>	<b>0.16</b>
	x	[m]	0.00	0.90	2.64
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--

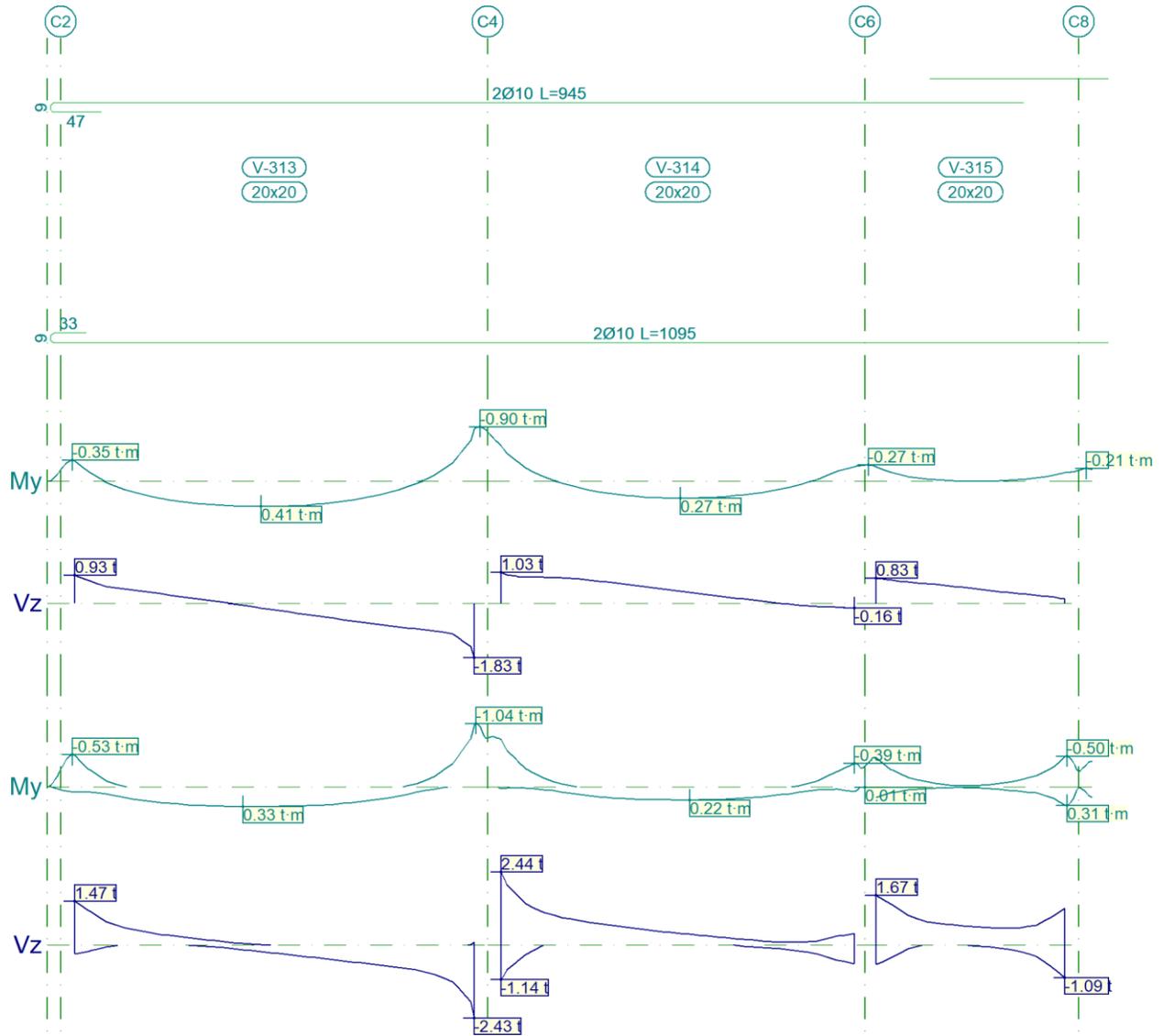
2.7.- Pórtico 7



Pórtico 7			Tramo: V-312		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.48	--	--
	x	[m]	0.00	--	--
	Momento máx.	[t·m]	--	0.14	0.14
	x	[m]	--	1.79	1.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.01	-0.93
	x	[m]	--	1.79	2.74
	Cortante máx.	[t]	2.09	0.27	--
	x	[m]	0.00	0.95	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	

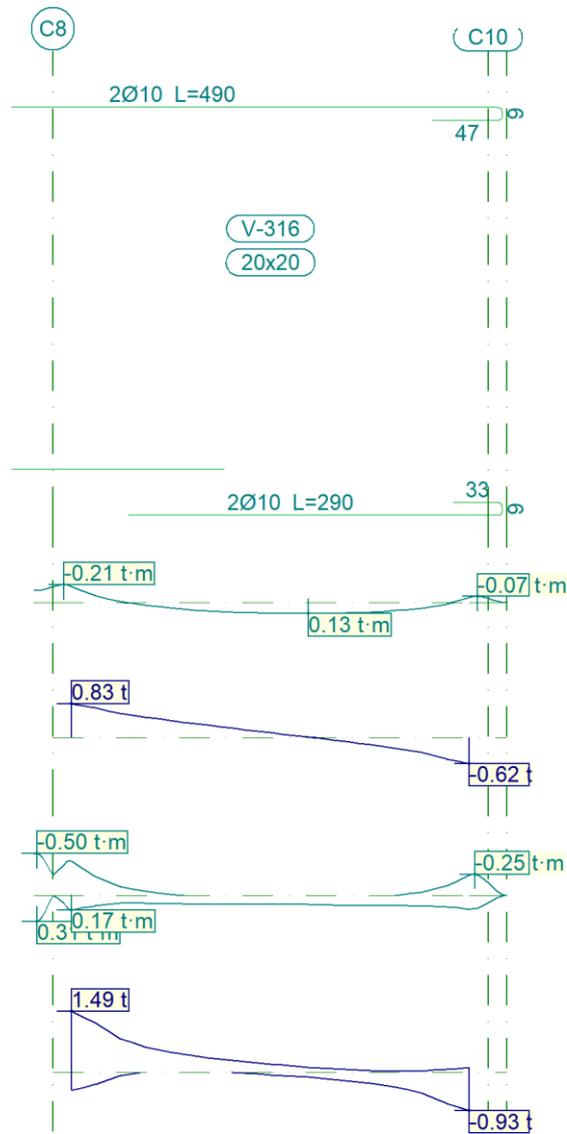
Pórtico 7			Tramo: V-312		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.62</b>	--	<b>-0.15</b>
	x	[m]	0.00	--	2.74
	Momento máx.	[t·m]	--	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>
	x	[m]	--	1.79	1.95
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.01</b>	<b>-0.03</b>	<b>-1.19</b>
	x	[m]	0.00	1.79	2.74
	Cortante máx.	[t]	<b>2.64</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>
	x	[m]	0.00	0.95	2.74
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.11</b>	--	--
	x	[m]	0.00	--	--
	Torsor máx.	[t]	<b>0.14</b>	--	--
x	[m]	0.00	--	--	

2.8.- Pórtico 8



Pórtico 8			Tramo: V-313			Tramo: V-314			Tramo: V-315		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.34	--	-0.87	-0.59	--	-0.25	-0.24	--	-0.14
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	0.38	0.41	0.33	0.21	0.27	0.22	--	--	--
	x	[m]	1.20	1.70	2.45	1.05	1.64	2.22	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.50	-1.83	--	--	-0.16	--	--	--
	x	[m]	--	2.37	3.65	--	--	3.23	--	--	--
	Cortante máx.	[t]	0.93	0.06	--	1.03	0.64	0.14	0.83	0.60	0.36
	x	[m]	0.00	1.29	--	0.00	1.14	2.22	0.00	0.63	1.21
Torsor mín.	[t]	-0.15	--	--	-0.29	--	--	--	--	--	

Pórtico 8			Tramo: V-313			Tramo: V-314			Tramo: V-315		
Sección			20x20			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.48</b>	--	--	<b>0.11</b>	--	--	<b>0.10</b>
	x	[m]	--	--	3.62	--	--	3.05	--	--	1.63
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.52</b>	--	<b>-1.02</b>	<b>-0.78</b>	--	<b>-0.39</b>	<b>-0.48</b>	--	<b>-0.50</b>
	x	[m]	0.00	--	3.65	0.00	--	3.23	0.00	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.31</b>	<b>0.33</b>	<b>0.27</b>	<b>0.19</b>	<b>0.22</b>	<b>0.18</b>	<b>0.18</b>	--	<b>0.30</b>
	x	[m]	1.20	1.54	2.45	1.05	1.72	2.22	0.00	--	1.73
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.28</b>	<b>-0.48</b>	<b>-2.43</b>	<b>-1.14</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.61</b>	<b>-0.63</b>	<b>-0.09</b>	<b>-1.09</b>
	x	[m]	0.00	2.37	3.65	0.00	2.14	3.23	0.00	1.13	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>1.47</b>	<b>0.15</b>	<b>0.09</b>	<b>2.44</b>	<b>0.60</b>	<b>0.39</b>	<b>1.67</b>	<b>0.71</b>	<b>1.24</b>
	x	[m]	0.00	1.29	3.65	0.00	1.14	3.23	0.00	0.63	1.73
	Torsor mín.	[t]	<b>-0.15</b>	--	--	<b>-0.32</b>	--	--	--	--	--
	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	<b>0.55</b>	--	--	<b>0.13</b>	--	--	<b>0.14</b>
x	[m]	--	--	3.62	--	--	3.05	--	--	1.63	

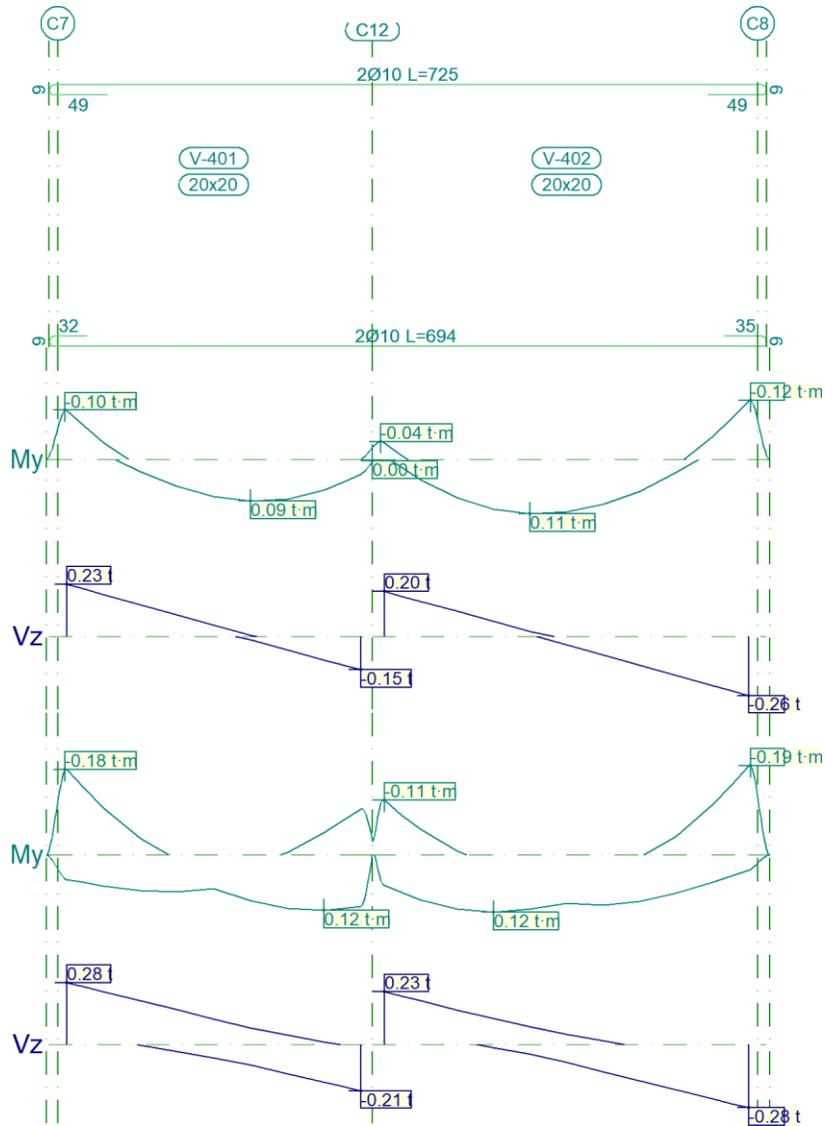


Pórtico 8			Tramo: V-316		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.19</b>	--	<b>-0.06</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.09</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>
	x	[m]	0.82	1.57	1.82
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.05</b>	<b>-0.62</b>
	x	[m]	--	1.74	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>0.83</b>	<b>0.31</b>	--
	x	[m]	0.00	0.90	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--

Pórtico 8			Tramo: V-316		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.42</b>	--	<b>-0.24</b>
	x	[m]	0.00	--	2.64
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.17</b>	<b>0.12</b>	<b>0.17</b>
	x	[m]	0.00	1.74	2.64
	Cortante mín.	[t]	<b>-0.44</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.93</b>
	x	[m]	0.00	1.74	2.64
	Cortante máx.	[t]	<b>1.49</b>	<b>0.36</b>	<b>0.12</b>
	x	[m]	0.00	0.90	2.64
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--

### 3.- CUB

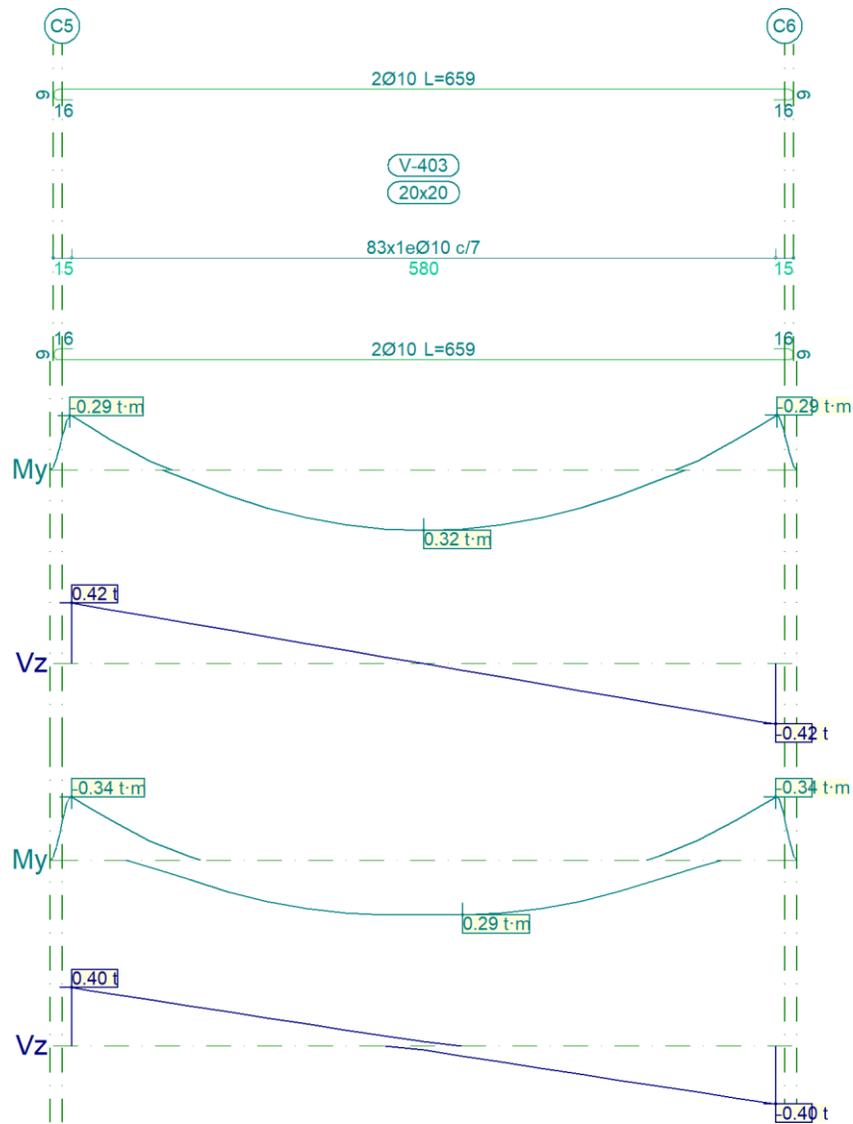
3.1.- Pórtico 2



Pórtico 2			Tramo: V-401			Tramo: V-402		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.10</b>	--	--	--	--	<b>-0.12</b>
	x	[m]	0.00	--	--	--	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	--	<b>0.09</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>	<b>0.07</b>
	x	[m]	--	1.56	1.88	0.93	1.24	2.17
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.01</b>	<b>-0.15</b>	--	<b>-0.08</b>	<b>-0.26</b>
	x	[m]	--	1.56	2.50	--	1.86	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>0.23</b>	<b>0.10</b>	--	<b>0.20</b>	<b>0.02</b>	--
	x	[m]	0.00	0.94	--	0.00	1.24	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	

Pórtico 2			Tramo: V-401			Tramo: V-402		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.18</b>	--	<b>-0.10</b>	<b>-0.11</b>	--	<b>-0.19</b>
	x	[m]	0.00	--	2.50	0.00	--	3.10
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>
	x	[m]	0.63	1.56	2.19	0.93	1.24	2.17
	Cortante mín.	[t]	<b>0.00</b>	<b>-0.09</b>	<b>-0.21</b>	<b>-0.01</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.28</b>
	x	[m]	0.63	1.56	2.50	0.93	1.86	3.10
	Cortante máx.	[t]	<b>0.28</b>	<b>0.16</b>	<b>0.04</b>	<b>0.23</b>	<b>0.08</b>	--
	x	[m]	0.00	0.94	1.88	0.00	1.24	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--
x	[m]	--	--	--	--	--	--	

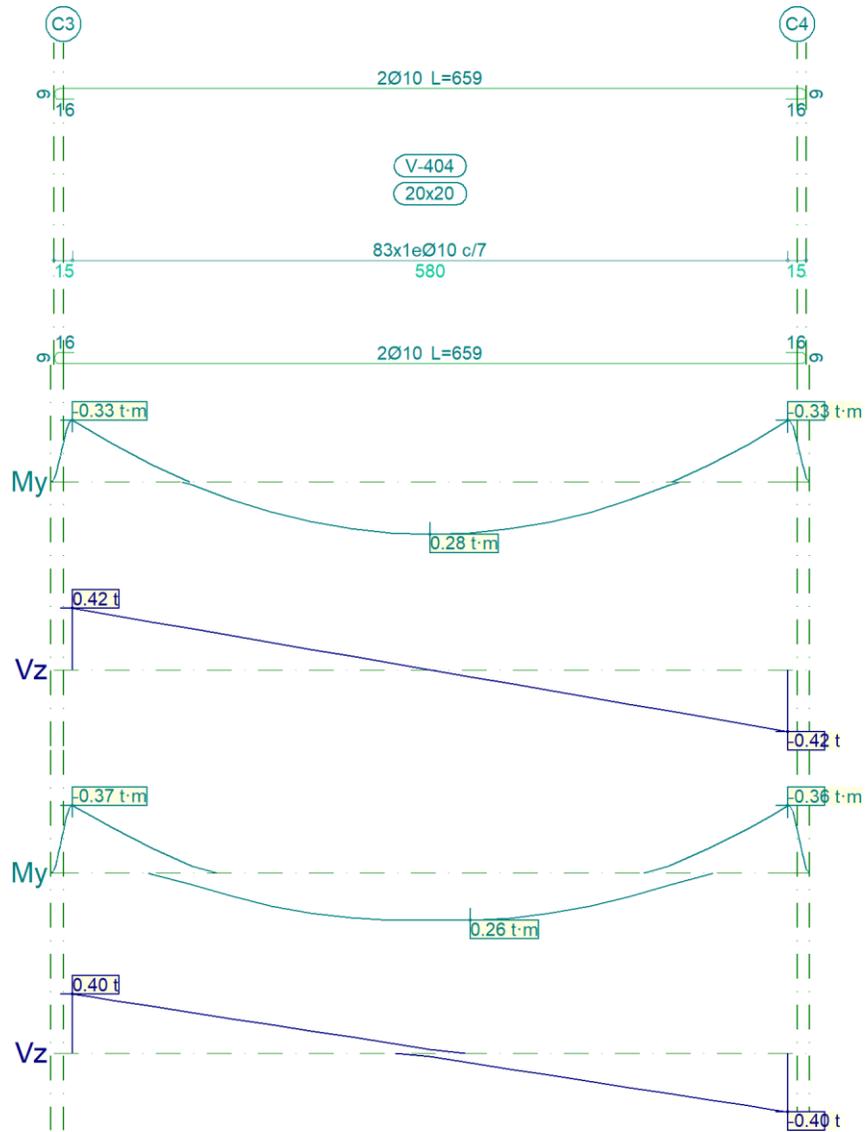
3.2.- Pórtico 3



Pórtico 3			Tramo: V-403		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.29	--	-0.29
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.26	0.32	0.26
	x	[m]	1.93	2.90	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.14	-0.42
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	0.42	0.14	--
	x	[m]	0.00	1.93	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	

Pórtico 3			Tramo: V-403		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.34</b>	--	<b>-0.34</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.26</b>	<b>0.29</b>	<b>0.26</b>
	x	[m]	1.93	3.22	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.15</b>	<b>-0.40</b>
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>0.40</b>	<b>0.15</b>	--
	x	[m]	0.00	1.93	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
x	[m]	--	--	--	

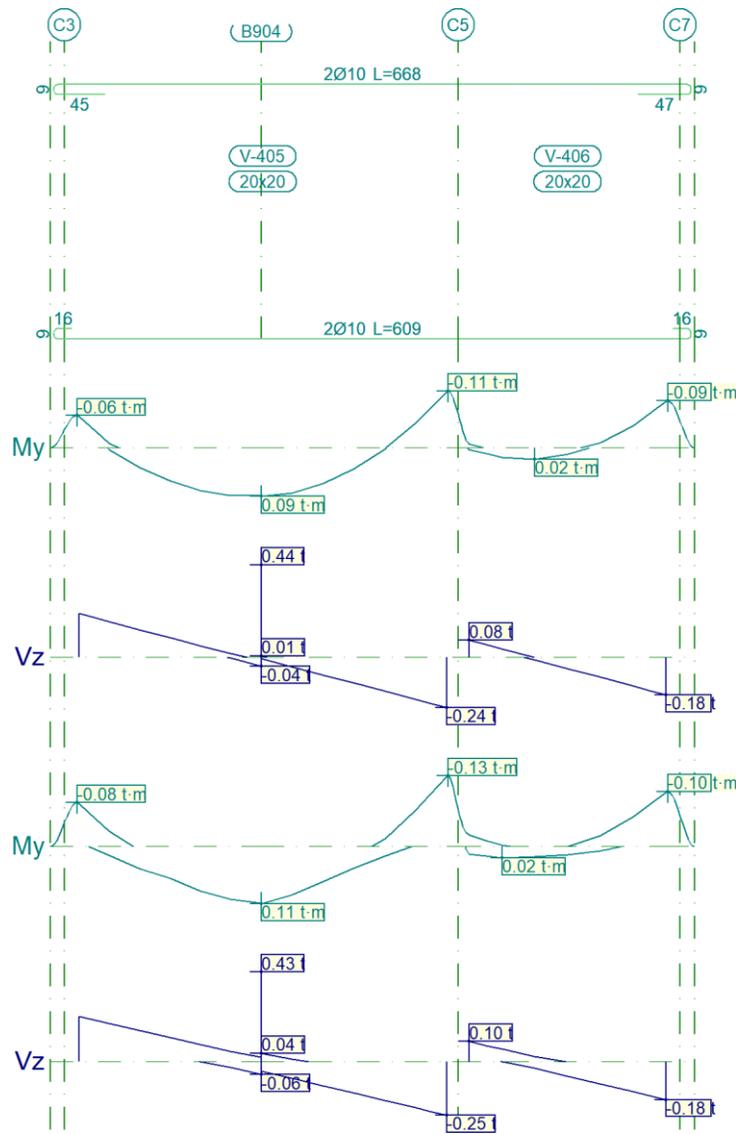
3.3.- Pórtico 4



Pórtico 4			Tramo: V-404		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.33	--	-0.33
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	0.22	0.28	0.22
	x	[m]	1.93	2.90	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.14	-0.42
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	0.42	0.14	--
	x	[m]	0.00	1.93	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	

Pórtico 4			Tramo: V-404		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.37</b>	--	<b>-0.36</b>
	x	[m]	0.00	--	5.80
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.22</b>	<b>0.26</b>	<b>0.22</b>
	x	[m]	1.93	3.22	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.15</b>	<b>-0.40</b>
	x	[m]	--	3.87	5.80
	Cortante máx.	[t]	<b>0.40</b>	<b>0.15</b>	--
	x	[m]	0.00	1.93	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
x	[m]	--	--	--	

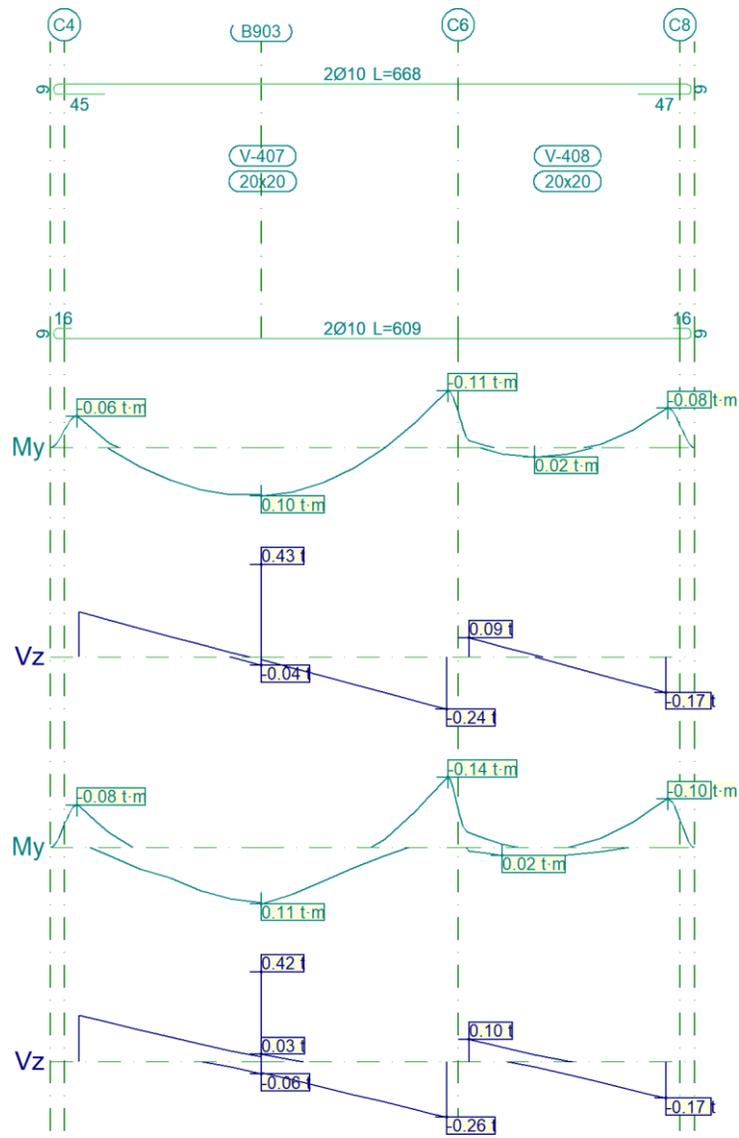
3.4.- Pórtico 6



Pórtico 6			Tramo: V-405			Tramo: V-406		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.06	--	-0.11	--	--	-0.09
	x	[m]	0.00	--	3.23	--	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	0.08	0.09	--	--	--	--
	x	[m]	1.07	1.60	--	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.08	-0.24	-0.01	-0.09	-0.18
	x	[m]	--	2.14	3.23	0.58	1.15	1.73
	Cortante máx.	[t]	0.21	0.44	--	0.08	--	--
	x	[m]	0.00	1.60	--	0.00	--	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	

Pórtico 6			Tramo: V-405			Tramo: V-406		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	<b>0.26</b>	--	--	--	--
	x	[m]	--	1.60	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.08</b>	--	<b>-0.13</b>	--	--	<b>-0.10</b>
	x	[m]	0.00	--	3.23	--	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.08</b>	<b>0.11</b>	--	--	--	--
	x	[m]	1.07	1.60	--	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	<b>0.00</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.10</b>	<b>-0.18</b>
	x	[m]	1.07	2.14	3.23	0.58	1.15	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>0.22</b>	<b>0.43</b>	--	<b>0.10</b>	<b>0.02</b>	--
	x	[m]	0.00	1.60	--	0.00	0.58	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	<b>0.25</b>	--	--	--	--
x	[m]	--	1.60	--	--	--	--	

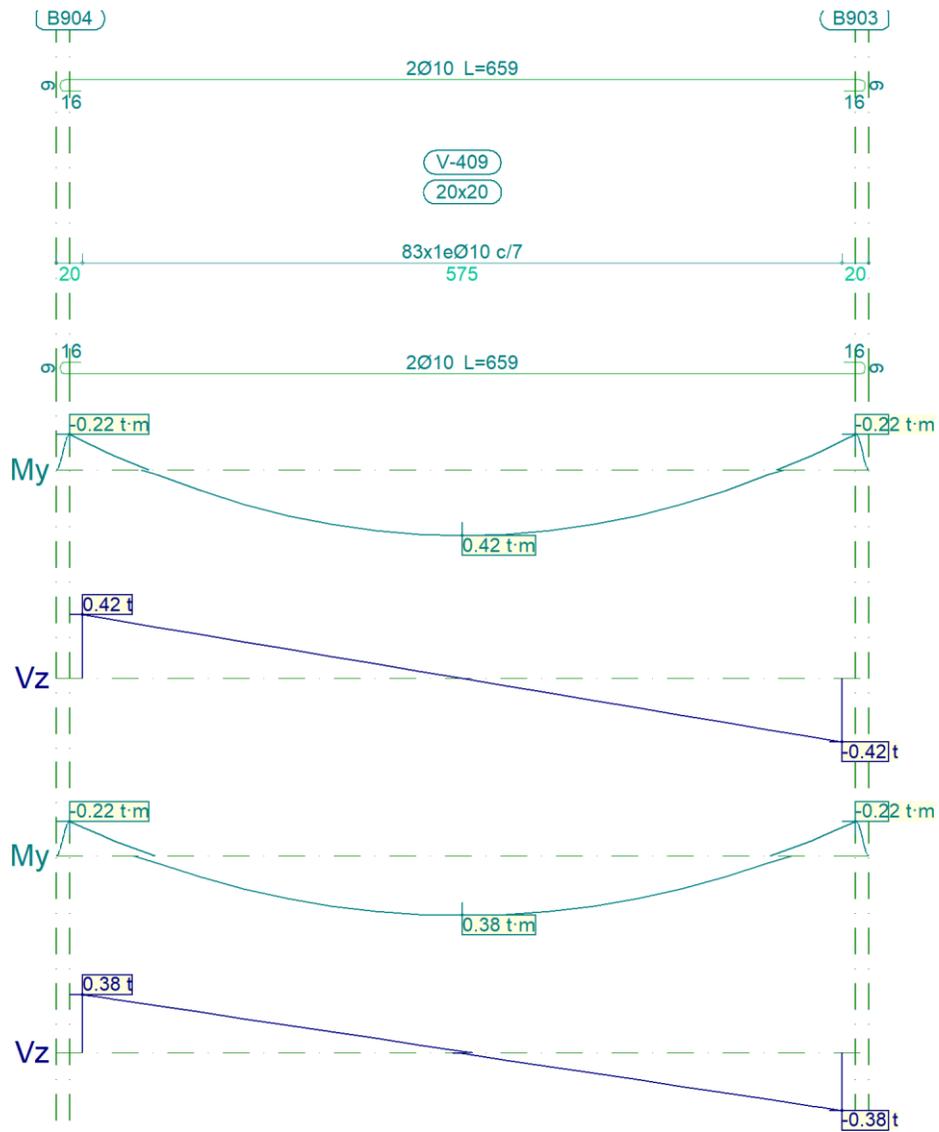
3.5.- Pórtico 8



Pórtico 8			Tramo: V-407			Tramo: V-408		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t-m]	-0.06	--	-0.11	--	--	-0.08
	x	[m]	0.00	--	3.23	--	--	1.73
	Momento máx.	[t-m]	0.08	0.10	--	--	--	--
	x	[m]	1.07	1.60	--	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	-0.09	-0.24	--	-0.08	-0.17
	x	[m]	--	2.14	3.23	--	1.15	1.73
	Cortante máx.	[t]	0.21	0.43	--	0.09	0.01	--
	x	[m]	0.00	1.60	--	0.00	0.58	--
Torsor mín.	[t]	--	-0.26	--	--	--	--	

Pórtico 8			Tramo: V-407			Tramo: V-408		
Sección			20x20			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	1.60	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.08</b>	--	<b>-0.14</b>	--	--	<b>-0.09</b>
	x	[m]	0.00	--	3.23	--	--	1.73
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	--	--	--	--
	x	[m]	1.07	1.60	--	--	--	--
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.12</b>	<b>-0.26</b>	<b>-0.02</b>	<b>-0.10</b>	<b>-0.17</b>
	x	[m]	--	2.14	3.23	0.58	1.15	1.73
	Cortante máx.	[t]	<b>0.22</b>	<b>0.42</b>	--	<b>0.10</b>	<b>0.03</b>	--
	x	[m]	0.00	1.60	--	0.00	0.58	--
	Torsor mín.	[t]	--	<b>-0.25</b>	--	--	--	--
	x	[m]	--	1.60	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--
x	[m]	--	--	--	--	--	--	

3.6.- Pórtico 9



Pórtico 9			Tramo: V-409		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.18	--	-0.18
	x	[m]	0.00	--	5.75
	Momento máx.	[t·m]	0.35	0.42	0.35
	x	[m]	1.88	2.88	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	-0.10	-0.42
	x	[m]	--	3.54	5.75
	Cortante máx.	[t]	0.42	0.10	--
	x	[m]	0.00	2.21	--
Torsor mín.	[t]	--	--	--	

Pórtico 9			Tramo: V-409		
Sección			20x20		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones sísmicas	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Momento mín.	[t·m]	<b>-0.18</b>	--	<b>-0.18</b>
	x	[m]	0.00	--	5.75
	Momento máx.	[t·m]	<b>0.32</b>	<b>0.38</b>	<b>0.32</b>
	x	[m]	1.88	2.88	3.87
	Cortante mín.	[t]	--	<b>-0.09</b>	<b>-0.38</b>
	x	[m]	--	3.54	5.75
	Cortante máx.	[t]	<b>0.38</b>	<b>0.09</b>	--
	x	[m]	0.00	2.21	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
x	[m]	--	--	--	