

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ADECUACIÓN DE UNA ESTRUCTURA MODELO DE ACERO, CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:
Contreras Betancourt, Karen Alexandra.

Zorrilla Borges, Erick Ismael.

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ADECUACIÓN DE UNA ESTRUCTURA MODELO DE ACERO, CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José M. Velásquez.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Contreras Betancourt, Karen Alexandra.

Zorrilla Borges, Erick Ismael.

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2007

DEDICATORIA

Este es un triunfo que quiero dedicar a muchísimas personas, que han servido de apoyo y de ejemplo para mí, entre ellas:

A mi mami, por ser el mejor ejemplo que he tenido de constancia, fortaleza y perseverancia, gracias por enseñarme, que todo en la vida es posible mientras se haga con amor, y por apoyarme en mis decisiones, confiando en mí antes que nada. Te amo mamita.

A mi papá, por enseñarme que todos los días se aprende algo nuevo, y que nunca es tarde, cuando de aprender se trata. Te quiero mucho.

A mi hermana, por ser una persona tan alegre y entusiasta. Aunque no lo creas alegras mi vida desde hace dieciséis años, con tus locuras y ocurrencias. Eres muy importante para mí. Te quiero mucho.

A mis abuelos (Hugo y Ofelia) y tíos (Ángel y Carlos) por ser como padres para mí durante la infancia, enseñarme valores, cuidar de mí y darme siempre buenos consejos. Gracias por ser mis máximos consentidores. Los adoro.

A mis primos-hermanos, Mariangel y Carlos Alberto, por ser mis compañeros durante mi infancia, y ser ejemplo de esfuerzo y dedicación. También a los primos más pequeños, por alegrar mis días de estudio durante mucho tiempo.

A mi compañero de tesis, mejor amigo y amor Erick, por confiar en mí y en mis capacidades más que yo misma, por saber controlar los

momentos en los que perdía el norte y por enseñarme que con esfuerzo todo es posible. Gracias por ser como eres. Te amo muchísimo!!

A mis amigos de la universidad, que saben darle una mano a las personas sin ningún interés. Quedan pocas personas así y ustedes son una de ellas; y por hacer divertidos los momentos más terribles. Deseo que logren todas sus metas.

A Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí y alcanzar la primera de todas mis metas, junto a las personas que más quiero y admiro.

Karen A. Contreras B.

DEDICATORIA

A ustedes les debo mi vida, mis triunfos, mis sueños, mis ilusiones y todo... A ustedes que han sido siempre amigos incondicionales y que han llenado mi vida de momentos especiales.

A mi hermanito Alejandro, por ser mi alegría y la de toda la familia. Porque con inteligencia y cariño, me ha enseñado a dar el valor justo a los pequeños momentos de la vida. Gracias por hacerme reír a cada instante con tus ocurrencias y locuras. ¡Te quiero mucho hermanito!.

A mi hermano Gonzalo, por ser todo un ejemplo de dedicación, responsabilidad y excelencia. Has sido mi amigo desde que nací y así será siempre. Gracias por ayudarme a superar los obstáculos siendo mi profesor y mi apoyo. Gracias Colega.

A mi Madre, ejemplo de amor incondicional. Una persona especial capaz de desprender bondad y cariño sin esperar nada a cambio. Por ser la madre mas bella del mundo. Te amo muchísimo Mami.

A ti Papá, el gran maestro de la vida. De ti he aprendido todo lo que sé. Por ser un claro ejemplo de perseverancia en la vida, por apoyarme siempre, por inculcarme la excelencia como valor primordial, por estar conmigo en todo momento. Frases como "cualquier cosa que hagas, debes hacerla lo mejor posible", hablan de lo que día a día intento poner en práctica. Por ser un excelente amigo, te quiero muchísimo.

A mi mejor amiga y novia Karen Contreras, porque ha sido mi compañera incondicional de estudios y mi motivación personal. Flaca, sin

tu empeño, sin tu organización y tu inteligencia este trabajo no habría sido posible, te amo muchísimo.

A todos mis amigos y compañeros de la universidad, quienes han contribuido a formarme como Ingeniero y lo más importante, como persona. Porque con ustedes he vivido los buenos y malos momentos. Karina, Jolly, Erick, Deisy, Rocío, Omar, Hy, Verónica, Miguel, Héctor (Primo), Veruska, Alkis y a todos, les deseo suerte y el mejor de los éxitos porque se lo merecen.

Erick J. Zorrilla B.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, por ser nuestra casa desde hace un tiempo, y por darnos la oportunidad de formar parte de los nuevos ingenieros de esta magna casa de estudios.

Al Ingeniero José Manuel Velásquez, por ser el guía de nuestro Trabajo Especial de Grado y por estar siempre dispuesto a colaborar con nosotros, como profesor y como tutor.

Al Ingeniero Alfredo Layrisse, por su completa disposición y apoyo permanente, por transmitirnos sus conocimientos y enseñarnos a utilizar las herramientas básicas para el desarrollo de éste trabajo.

Al Profesor Juan José Tejón, por guiarnos en la fase inicial del presente trabajo de investigación y por facilitarnos gran parte de la información necesaria en el mismo. Gracias profesor por su apoyo y paciencia.

A la Profesora María Eugenia Korody, por estar siempre dispuesta a atendernos y aclarar nuestras dudas, y por indicarnos nuestros errores y la forma de corregirlos. Gracias profesora por su ayuda y por confiar siempre en nosotros como personas y como ingenieros.

Al Profesor e Ingeniero Antonio Güell, por ofrecernos su ayuda en una etapa de nuestro trabajo y por brindarnos sus amplios conocimientos en la materia. Gracias profesor.

A los compañeros e Ingenieros Luis Reigadas y José Alfredo Reyes,
por trasmitirnos las ideas y experiencias en la elaboración de sus Trabajos
de Grado.

Contreras B., Karen A.

Zorrilla B., Erick I.

**ADECUACIÓN DE UNA ESTRUCTURA MODELO DE ACERO,
CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD.**

Tutor: Prof. José Manuel Velásquez.

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2007. 157 Págs.**

Palabras Claves: Acero, estructura, estabilidad, adecuación.

El objetivo de este Trabajo Especial de Grado es evaluar la estructura de acero, de una vivienda unifamiliar de tres plantas, cuya construcción se inició en el año 1998, y fue detenida por problemas con la empresa constructora. Dicho análisis es realizado con el objetivo de contribuir a la línea de investigación de Adecuación Estructural que ha venido desarrollando el Departamento de Ingeniería Estructural, donde se han evaluado las condiciones en las cuales se encuentran las estructuras de los edificios que conforman la Ciudad Universitaria de Caracas.

El desarrollo metodológico del presente Trabajo Especial de Grado, se realizó de acuerdo a varias etapas: la primera etapa corresponde a la recopilación de los datos de la edificación e identificación de los daños actuales. En la segunda etapa se llevó a cabo el recálculo de la estructura existente, utilizando un (1) programa de cálculo estructural llamado STAAD.Pro 2004. En esta parte del trabajo se encuentran los análisis realizados para la determinación de las deficiencias de la edificación, además de las verificaciones manuales realizadas con base en la Norma COVENIN 1618-98. Por último, se tiene la fase de diseño de los refuerzos y la verificación del cumplimiento de las normas, por parte de la estructura reforzada. Del análisis realizado se obtuvo que los parámetros evaluados con el programa de cálculo, entre la estructura original y la reforzada, presentaron grandes diferencias, siendo notorio, que tanto las derivas como la flecha de la estructura inicial no se encontraban dentro de los valores permitidos por la Norma COVENIN 1756-01; especialmente la deriva en la dirección horizontal más débil de la estructura, donde las columnas, orientadas en la misma dirección, presentan su menor inercia. Por otra parte, a través de las estructuras con refuerzos de prueba, se pudo determinar la eficiencia de cada tipo de arriostramiento para mejorar las fallas existentes. Sin embargo, de las revisiones se obtuvo que algunos miembros aún presentaban deficiencias, que debían ser tratadas por separado para alcanzar la estabilidad deseada. Finalmente, se plantearon dos opciones de adecuación y por último, se seleccionó la más conveniente desde el punto de vista de costos y funcionalidad.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
---------------------	----------

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.

I.1. Planteamiento del Problema	4
I.2. Objetivos	8
I.2.1. Objetivo general	8
I.2.2. Objetivos específicos	8
I.3. Aportes	9
I.4. Alcances y Limitaciones	11
I.5. Método. Etapas de la Investigación	12
I.5.1. Etapa 1. Recopilación de información geométrica	12
I.5.2. Etapa 2. Descripción de la estructura	13
I.5.3. Etapa 3. Proyecto de Adecuación de la estructura de acero	14
I.5.4. Etapa 4. Evaluación del refuerzo de la estructura	15
I.5.5. Etapa 5. Análisis de la estructura reforzada	15

CAPÍTULO II. ESTRUCTURA ORIGINAL.

II.1. Datos de la Edificación	16
II.1.1. Descripción de la edificación	16
II.1.2. Información Geométrica. Estado actual de la edificación	18
II.1.3. Características de los elementos estructurales	22
II.2. Descripción general del Área	24
II.3. Adecuación de la Estructura Original	26

II.3.1.Método de Análisis Estructural	26
II.3.2. Modelos analizados	27
II.3.3. Cargas consideradas	27
II.3.4. Combinaciones de carga	28
II.3.5. Espectros de diseño y respuesta	29
II.4. Resultados y Análisis de la Estructura Original	31
II.4.1. Deriva	32
II.4.2. Flecha	34
II.4.3. Miembros Deficientes	37
II.4.4. Revisión de la Estructura Original a través de la Norma COVENIN 1618-98	38

CAPÍTULO III. ESTRUCTURA REFORZADA.

III.1.Las Estructuras de Acero y sus refuerzos	49
III.1.1. Tipos de Refuerzo	49
III.2.Resultados y Análisis de las Estructuras Reforzadas	53
III.2.1. Estructuras con Refuerzos de Prueba	53
III.2.1.1. Estructura Reforzada con Diagonales Concéntricas	54
III.2.1.2. Estructura reforzada con Cruces de San Andrés	59
III.2.1.3. Estructura reforzada con Cartelas	64
III.2.1.4. Estructura con refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna	69
III.2.2. Estructuras con Refuerzos Definitivos	74
III.2.2.1. Estructura con Combinaciones de Refuerzos - Opción 1	74

III.2.2.2. Estructura con Combinaciones de Refuerzos - Opción 2	100
III.3. Comparación y Selección de la Estructura Reforzada.	120
III.3.1. Comparación de acuerdo a la funcionalidad.	120
III.3.2. Comparación de acuerdo a los Costos.	121
III.3.3. Selección Final.	123
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS	128
APÉNDICES	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 – Minuta para la recopilación de datos.	13
Tabla II.2 – Datos empleados en la elaboración del Espectro.	29
Tabla II.3 – Cálculo de la deriva en la estructura original en direcciones X y Z.	33
Tabla II.4 – Cálculo de la flecha en la estructura original para Vigas de Carga y Correas.	36
Tabla II.5 – Tabla Parcial de los Miembros Deficientes presentes en la Estructura Original.	38
Tabla II.6 – Revisión de las Correas de la estructura original.	44
Tabla II.7 – Revisión de las Vigas de la estructura original.	45
Tabla II.8 – Revisión de las Columnas de la estructura original.	46
Tabla III.9 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Diagonales en las direcciones X y Z.	56
Tabla III.10 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Diagonales para Correas y Vigas de Carga.	57
Tabla III.11 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Cruces de San Andrés en las direcciones X y Z.	62
Tabla III.12 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Cruces de San Andrés para Correas y Vigas de Carga.	63
Tabla III.13 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Cartelas en las direcciones X y Z.	66
Tabla III.14 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Cartelas para Correas y Vigas de Carga.	67
Tabla III.15 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con diagonales en las conexiones viga-columna, en las direcciones X y Z.	71
Tabla III.16 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con	

diagonales en las conexiones viga-columna, para Correas y Vigas de Carga.	73
Tabla III.17 – Cálculo de la Deriva de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1, en las direcciones X y Z.	85
Tabla III.18 – Cálculo de la flecha en la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1, para Correas y Vigas de Carga.	86
Tabla III.19 – Revisión de las Correas de Entrepiso de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.	89
Tabla III.20 – Revisión de las Correas de Techo de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.	90
Tabla III.21 – Revisión de las Vigas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.	93
Tabla III.22 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.	94
Tabla III.23 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1, bajo acción combinada.	97
Tabla III.24 – Cálculo de la Deriva de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, en las direcciones X y Z.	108
Tabla III.25 – Cálculo de la flecha en la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, para Correas y Vigas de Carga.	109
Tabla III.26 – Revisión de las Correas de Entrepiso de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.	111
Tabla III.27 – Revisión de las Correas de Techo de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.	112
Tabla III.28 – Revisión de las Vigas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.	114

Tabla III.29 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.	116
Tabla III.30 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con M_y máximo.	117
Tabla III.31 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con M_z máximo.	118
Tabla III.32 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con N_u máximo.	119
Tabla III.33 – Cálculo de costos de materiales de la Opción 1.	122
Tabla III.34 – Cálculo de costos de materiales de la Opción 2.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 – Ubicación de la Estructura	5
Figura I.2 – Isometría del Proyecto 1	6
Figura I.3 – Isometría del Proyecto 2	7
Figura II.4 – Foto Antigua del Estado de la Estructura	16
Figura II.5 – Foto Estado Actual de la Estructura	17
Figura II.6 – Pórticos en la dirección z.	18
Figura II.7 – Pórticos en la dirección x.	19
Figura II.8 – Plano de Fundaciones	19
Figura II.9 – Planta Arquitectónica del Piso 2 de la vivienda	20
Figura II.10 – Planta Arquitectónica del Piso 1 de la vivienda	21
Figura II.11 – Planta Arquitectónica del Sótano de la vivienda	21
Figura II.12 – Detalle de los elementos que conforman la estructura	23
Figura II.13 – Ubicación del Municipio El Hatillo	24
Figura II.14 – Espectro de Diseño. Modelo de Estudio	30
Figura II.15 – Estructura original modelada en STAAD.Pro 2004	31
Figura II.16 – Vista lateral estructura original modelada en STAAD.Pro 2004	32
Figura II.17 – Numeración de los elementos de la Estructura Original	35
Figura III.18 – Pórticos con arriostramientos concéntricos	50
Figura III.19 – Pórticos con arriostramientos excéntricos	52
Figura III.20 – Disposición de las diagonales en la estructura original.	54
Figura III.21 – Miembros de la estructura reforzada con diagonales, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.	58
Figura III.22 – Disposición de las Cruces de San Andrés en la estructura original.	59
Figura III.23 – Miembros de la estructura reforzada con Cruces de	

San Andrés, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.	61
Figura III.24 – Refuerzo tipo Cartela.	64
Figura III.25 – Disposición de las Cartelas en la estructura original.	65
Figura III.26 – Miembros de la estructura reforzada con cartelas, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.	68
Figura III.27 – Refuerzo diagonal en conexión viga-columna.	69
Figura III.28 – Disposición de los refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna de la estructura original.	70
Figura III.29 – Miembros de la estructura reforzada con diagonales en las conexiones viga-columna, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.	72
Figura III.30 – Refuerzo con diagonal y horizontal.	75
Figura III.31 – Refuerzo de las columnas frontales, con plancha de acero.	76
Figura III.32 – Acción mixta-Opción 1	76
Figura III.33 – Angulo en techo para contrarrestar la torsión.	77
Figura III.34 – Arriostramiento del Pórtico A-Opción 1.	78
Figura III.35 – Arriostramiento del Pórtico B-Opción 1.	79
Figura III.36 – Arriostramiento del Pórtico C-Opción 1.	79
Figura III.37 – Arriostramiento del Pórtico D-Opción 1.	80
Figura III.38 – Vista de Planta - Disposición de las correas de techo -Opción 1.	80
Figura III.39 – Numeración de miembros. Pórtico A - Opción 1.	82
Figura III.40 – Numeración de miembros. Pórtico B - Opción 1.	82
Figura III.41 – Numeración de miembros. Pórtico C - Opción 1.	83
Figura III.42 – Numeración de miembros. Pórtico D - Opción 1.	83
Figura III.43 – Numeración de miembros. Correas Piso 1 - Opción 1.	84

Figura III.44 – Numeración de miembros. Correas Piso 2	
- Opción 1.	84
Figura III.45 – Numeración de miembros. Correas Planta Techo	
- Opción 1.	84
Figura III.46 – Acción mixta-Opción 2	100
Figura III.47 – Refuerzo de las columnas con perfil tipo Canal.	101
Figura III.48 – Esquema del refuerzo tipo Cartela-Opción 2.	101
Figura III.49 – Arriostramiento del Pórtico A-Opción 2.	102
Figura III.50 – Arriostramiento del Pórtico B-Opción 2.	102
Figura III.51 – Arriostramiento del Pórtico C-Opción 2.	103
Figura III.52 – Arriostramiento del Pórtico D-Opción 2.	103
Figura III.53 – Numeración de miembros. Pórtico A - Opción 2.	105
Figura III.54 – Numeración de miembros. Pórtico B - Opción 2.	105
Figura III.55 – Numeración de miembros. Pórtico C - Opción 2.	106
Figura III.56 – Numeración de miembros. Pórtico D - Opción 2.	106
Figura III.57 – Numeración de miembros. Correas Piso 1 -	
Opción 2.	107
Figura III.58 – Numeración de miembros. Correas Piso 2	
- Opción 2.	107
Figura III.59 – Numeración de miembros. Correas Planta Techo	
- Opción 2.	107

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se presenta la metodología empleada para realizar la adecuación a la normativa vigente, de la estructura de una vivienda unifamiliar, la cual se encuentra en etapa de construcción. La finalidad principal del mismo, es la de ampliar la línea de investigación que dirige el Departamento de Ingeniería Estructural de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Central de Venezuela, sobre “Patología, Restauración, Reparación, Adecuación y Rehabilitación de Obras Civiles”. La mencionada Línea de Investigación, ha sido dirigida, primordialmente, a la adecuación de las estructuras pertenecientes al conjunto de edificaciones que conforman la Ciudad Universitaria de Caracas. Las mismas son estructuras de concreto armado, principalmente. Con la finalidad de aportar un nuevo valor agregado a esta línea de investigación, el presente Trabajo Especial de Grado introduce una nueva variable al estudio, "Las estructuras de acero". En Tres (3) capítulos se describe el proceso desarrollado para cumplir el objetivo principal.

La vivienda a estudiar tiene aproximadamente 196 m² de área de construcción, distribuidos en tres plantas, desarrollada en acero, básicamente perfiles IPN140, IPN180, IPN80 e IPN100, para: columnas, vigas de carga, correas de techo y correas de entrepiso, respectivamente; conexiones soldadas, y losas de tableros en techo y entrepiso.

En el capítulo I, llamado *Fundamentos de la Investigación*, se plantea la situación a estudiar, los objetivos de la investigación, los aportes, los alcances y limitaciones establecidas. Por último se describe la metodología desarrollada para alcanzar los objetivos planteados, especificando el

levantamiento de la estructura, la toma de mediciones y el protocolo de recálculo desarrollado.

El capítulo llamado *Estructura Original* o segundo capítulo, se divide en tres partes principales. En la primera parte se presenta una descripción de la edificación en estudio, conjuntamente con los aspectos más importantes de Información Planimétrica, como por ejemplo, las características principales de los elementos que conforman la estructura. En una segunda parte, se presenta una breve descripción de la zona en la cual se encuentra ubicada la estructura modelo, así como también información de interés para dicha evaluación, seguido del método de análisis aplicado, las cargas consideradas y sus combinaciones, además del espectro de diseño de la estructura, y los valores empleados en su cálculo. Por último, se tienen los resultados y análisis obtenidos de la evaluación realizada a la estructura original, la cual consta de cuatro partes específicas, entre las cuales se encuentran: verificación de la deriva, verificación de las deflexiones, miembros deficientes determinados a través del programa STAAD.Pro 2004 y revisión manual realizada con base en los capítulos detallados en la Norma COVENIN 1618-98.

En el tercer y último capítulo, llamado *Estructura Reforzada*, se presenta inicialmente un breve resumen de los tipos de arriostramientos contemplados en la norma antes mencionada. Posteriormente, se presentan una serie de refuerzos de prueba aplicados a la estructura, lo cual permitió verificar su funcionalidad. Finalmente, se muestran mediante tablas los resultados obtenidos de la aplicación de refuerzos combinados a la estructura original, de acuerdo a los aspectos analizados anteriormente en la estructura modelo, como lo son la deriva, las deflexiones, etc.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.**I.1. Planteamiento del Problema**

Actualmente es común encontrar estructuras de acero para la construcción de diversos tipos de edificaciones, pues aportan ciertas ventajas en comparación con las estructuras de concreto armado; por ejemplo, menor tiempo de construcción, alta resistencia por unidad de peso, facilidad de ampliación por medio de métodos sencillos, mayor uniformidad, ya que las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como en el concreto armado. Además, las estructuras de acero tienen la capacidad de soportar grandes deformaciones antes de producirse la falla y, adicionalmente, debido a las propiedades del material, están en capacidad de resistir esfuerzos elevados.

Es importante señalar que las estructuras de acero, como cualquier estructura, deben estar diseñadas para soportar las cargas mínimas determinadas por las normas COVENIN, según el uso de la edificación. Pero, no toda estructura ha sido construida con un diseño tal, que permita soportar el efecto de cargas gravitacionales, sísmicas o una combinación de ellas; debido a que se diseñaron sobre la base de normativas que hoy en día se encuentran obsoletas, o bien porque fueron mal construidas. En vista de esta situación, resulta imprescindible analizar su respuesta ante los eventos mencionados y plantear soluciones estructurales que permitan disminuir su vulnerabilidad.

Con base en esta problemática surgen las siguientes interrogantes:
¿Cuáles son las condiciones mínimas que deberían cumplir las estructuras

para garantizar su correcto funcionamiento, según las Normas COVENIN? Con base en esto, ¿Existirá algún tipo de deficiencia en las estructuras evaluadas? ¿Cuáles son? ¿Tendrán soluciones de Ingeniería económicamente factibles? ¿Cuáles son?

Para contestar estas interrogantes se elige como base del análisis una estructura unifamiliar de acero ubicada en el sector Corralito del Municipio El Hatillo, Estado Miranda, Venezuela (ver Figura I.1). Esta selección tiene base en la proliferación del uso de estructuras de acero para la construcción de viviendas, sobre todo hacia la Zona Sureste de Caracas, la cual ha tenido un gran desarrollo urbanístico en los últimos años, de la misma manera que ha ocurrido en las zonas adyacentes a la ciudad capital y, además por ser ésta una zona montañosa posee terrenos con grandes pendientes donde resulta más conveniente construir con este tipo de estructuras, por ser más livianas y versátiles. Además de las razones geográficas y demográficas antes planteadas, existe una razón importante por la cual la estructura fue escogida. Esta edificación responde a unas características comunes dentro del campo de las viviendas unifamiliares.



Figura I.1 – Ubicación de la estructura. Fuente: www.une.edu.ve/hatillo/ubicacion.htm

Las características de la vivienda a estudiar son:

- Un área de construcción de, aproximadamente 196 m², distribuidos en tres plantas.
- Perfiles tipo IPN140, IPN180, IPN80 e IPN100, para: columnas, vigas de carga, correas de techo y correas de entrepiso, respectivamente.
- Conexiones soldadas.
- Losa de taberones en techo y entrepisos.

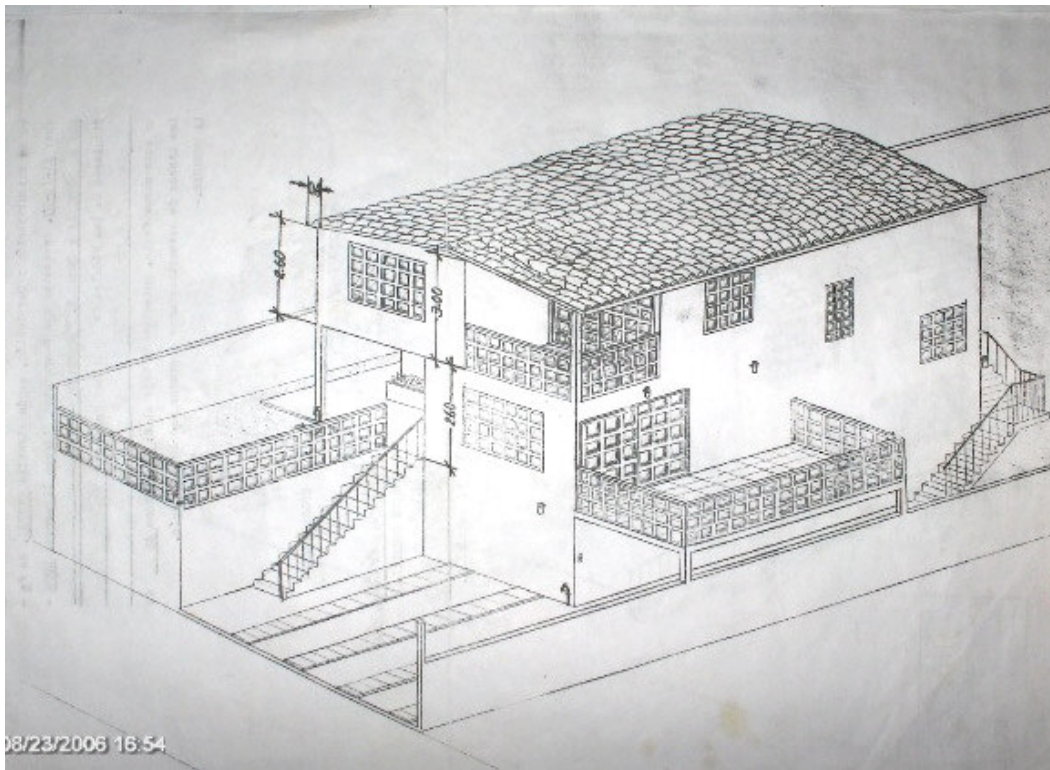


Figura I.2 – Isometría del Proyecto 1.

Debido a problemas con la empresa constructora, se detuvo la obra en Octubre del año 1998, un año después de su inicio, llegando a colocar únicamente los perfiles que conforman la estructura, sin soldarlos. Es decir, la estructura se encuentra, en términos coloquiales, “punteada”.

Además, del total de tabelones a colocar en la estructura, solo se encuentran colocados algunos en el entrepiso. No se dispone de los cálculos estructurales, por lo cual el uso de los perfiles antes mencionados generan sospechas con relación a su estabilidad y funcionalidad.

Con la finalidad de encontrar las posibles deficiencias y, en caso de hallarlas, adecuar la estructura existente de tal manera que cumpla con las normas vigentes, es necesario realizar una evaluación detallada de la estructura, tomando en cuenta los perfiles empleados y el diseño espacial de la vivienda, con la finalidad de reducir su vulnerabilidad ante el efecto de cargas gravitacionales, sísmicas o combinación de ellas.

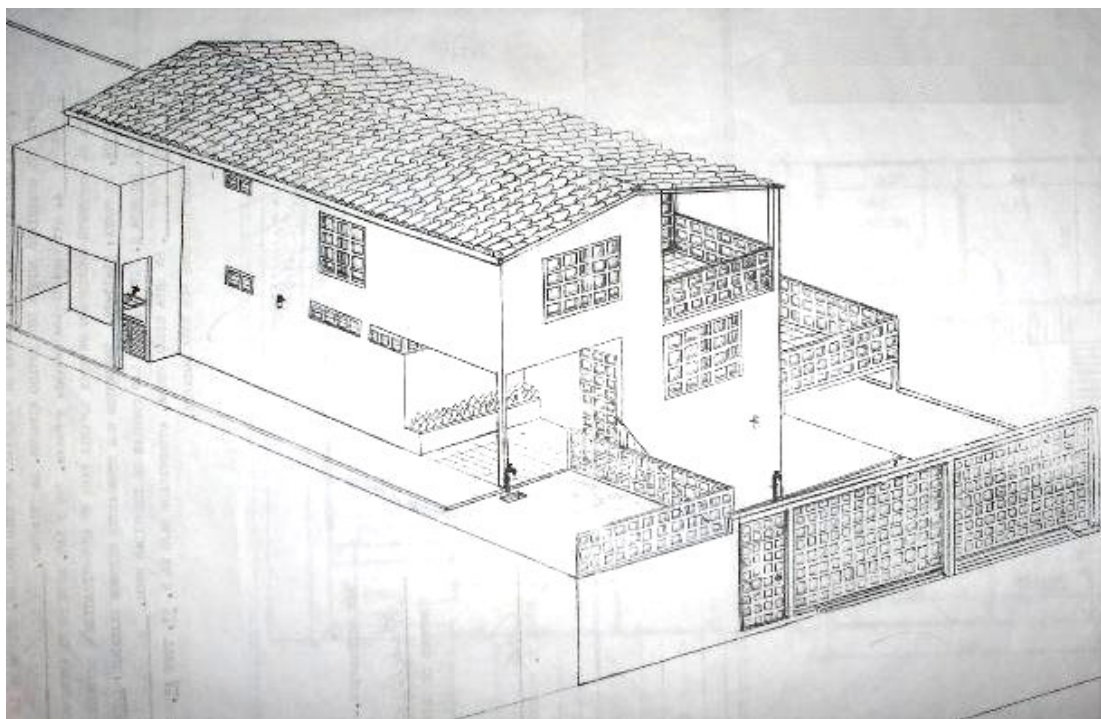


Figura I.3 – Isometría del Proyecto 2.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo General

Adecuar una estructura de acero existente, con problemas de estabilidad, a la normativa vigente, para reducir su vulnerabilidad ante el efecto de cargas gravitacionales, sísmicas o combinación de ellas.

I.2.2. Objetivos Específicos

- 1- Analizar la estructura existente, con base en la normativa vigente.
- 2- Determinar los refuerzos necesarios para la adecuación de la estructura.
- 3- Verificar el cumplimiento de las normas, por parte de la estructura reforzada.

I.3. Aportes

La Ciudad Universitaria de Caracas, como también es llamada la Universidad Central de Venezuela, fue construida alrededor de los años 50, sobre la base de las normas vigentes para el momento. Sin embargo, las normas, con el transcurrir de los años, han sufrido modificaciones cuya finalidad ha sido optimizar el comportamiento de las estructuras. Debido a que la universidad fue designada “Patrimonio Mundial de la Humanidad”, se hizo necesario llevar a cabo un estudio de sus edificios, el cual permita determinar si los mismos, se adaptan o no a la normativa vigente. El Departamento de Ingeniería Estructural, de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Central de Venezuela se ha encargado de realizar dichos estudios, promoviendo así una línea de investigación dirigida al campo de la “Patología, Restauración, Reparación, Adecuación y Rehabilitación de Obras Civiles”. Este trabajo tiene como finalidad incluir en la línea de investigación, la adecuación de otras estructuras de acero que presenten vulnerabilidad y, además, no cuenten con el calificativo de “Patrimoniales”; caso en el que no se ha profundizado, porque la mayoría de las edificaciones analizadas (incluyendo los edificios de la Ciudad Universitaria) son de concreto armado.

Por otra parte, es de gran importancia para aquellas viviendas cuya resistencia estructural sea deficiente y sus parámetros normativos no sean cumplidos; éstas podrán encontrar en este estudio una alternativa factible desde el punto de vista estructural y económico para superar su ineficiencia. Además, al plantear soluciones que permitan reducir la vulnerabilidad en este tipo de viviendas, se brindará mayor seguridad y tranquilidad a las familias que allí habiten. Es importante señalar que, estructuras que no cumplan con los parámetros normativos, generarán a

corto, mediano y largo plazo, costos elevados para su mantenimiento. Tal podría ser el caso de las deflexiones en vigas, las cuales, si son de gran magnitud originan agrietamiento en las paredes y otros miembros no estructurales, como marcos, puertas, etc. Al hacer que las estructuras cumplan con la normativa, podrán evitarse estos daños e incluso otros mayores. Así mismo, en aquellas edificaciones en las cuales se desea cambiar el uso para darle una funcionalidad que implique mayores cargas, representa un gran aporte, ya que podrán encontrar en éste estudio una solución rápida y factible, para la remodelación de la estructura en cuestión.

Una de las ramas laborales más importantes, dentro de campo de la Ingeniería Civil, es la Patología de la Construcción. El profesional que se dedica a esta rama, es el encargado de estudiar estructuras construidas, de las cuales se presumen deficiencias o fallas; por ésta razón entre los aportes personales del estudio a desarrollar; tenemos que permite incursionar en el campo de la patología de la construcción de estructuras de acero. Además, de ampliar los conocimientos referentes a las estructuras de éste tipo, los cuales facilitarán el análisis de proyectos similares en el ámbito laboral o personal.

I.4. Alcances y Limitaciones

El alcance del estudio que se desea realizar se limitará a la adecuación de estructuras de acero tipo unifamiliar, de tal manera que cumpla con las normas vigentes; específicamente las Normas venezolanas COVENIN: “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones” 2002-88, “Edificaciones Sismorresistentes” 1756-01 y “Estructuras de acero para edificaciones. Método de los Estados Límites” 1618-98, complementando dicha información con las normas americanas “Specification for Structural Steel Buildings” , American Institute of Steel Construction, AISC 360-05, aplicando un protocolo de recálculo, con la ayuda de un (1) programa de computadora llamado STAAD.Pro 2004 , con el cual se busca resaltar las posibles deficiencias que puedan presentarse en la estructura.

El estudio estará limitado a una edificación de tres plantas, en perfiles de acero unidos a través de conexiones soldadas, y losas de tableros en techo y entrepisos. Para efectos de análisis se tomarán en cuenta la acción de cargas de tipo gravitacional, sísmica y las combinaciones normativas que de ellas derivan sin llegar a establecer los detalles de las conexiones entre ellos. El método a seguir para el diseño de los miembros será el de los Estados Límites planteado en la Norma COVENIN 1618-98.

Por otra parte, la adecuación contará con la etapa de refuerzos, en la cual se plantearán diversas soluciones, con base en las diagonales concéntricas y /o excéntricas, de tipo V, V invertida, cruz de “ San Andrés”, verificando finalmente si la estructura reforzada cumple con los criterios normativos vigentes en la actualidad.

I.5. Método. Etapas de la Investigación.

El presente método se encuentra dirigido a alcanzar un objetivo particular; la presentación de una propuesta de adecuación estructural para una estructura de acero con problemas de estabilidad, lo cual lo ubica en un nivel de investigación comprensivo, con características proyectivas. Con base en el fundamento teórico, se plantea a continuación el procedimiento a seguir para llevar a cabo la adecuación de la estructura seleccionada.

Para dicho análisis es necesario seguir una serie de pasos: La recolección de la información necesaria relacionada con la estructura original (planos originales de la estructura, información de la zona, estado actual de la misma, etc), el análisis de toda la información obtenida del recálculo de la estructura, la determinación de las deficiencias y sus posibles refuerzos.

La metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación se divide en cinco (5) etapas, que se desarrollaron de la manera descrita a continuación:

I.5.1. Etapa 1: Recopilación de Información Geométrica.

- ✓ Levantamiento geométrico de la estructura.

En esta etapa de carácter descriptivo, se hizo necesario realizar una visita a la estructura. En dicha visita se contó con un croquis de la estructura e instrumentos básicos de medición, como cinta métrica y vernier, con la finalidad de registrar las dimensiones exactas de los perfiles, incluyendo altura, ancho y espesor de los mismos, y además la separación entre columnas, correas y vigas de

carga (ver Tabla I.1). La realización de un registro fotográfico, fue un apoyo adicional que permitió ubicar visualmente las características antes mencionadas y aspectos relevantes, como los empalmes entre los distintos miembros y el estado general de la estructura.

Tabla I.1. Minuta para la recopilación de datos.

Características del Perfil					
Miembro	Altura	Espesor del ala	Ancho del ala	Longitud	Obs.

- ✓ Búsqueda de información relacionada con los planos originales de la estructura y de los datos de la zona.

En esta etapa se recaudó la información referente a los planos para el momento de la construcción de la estructura seleccionada como base de estudio. Esta información fue obtenida de los dueños de la obra y de la Alcaldía del Municipio El Hatillo, con el objetivo de recopilar los datos necesarios para aplicar el protocolo de recálculo estructural. Por otra parte, se obtuvo el contrato de la construcción, la cual permitió verificar si las características obtenidas del levantamiento, cumplían con las especificaciones realizadas por los contratantes.

I.5.2. Etapa 2: Descripción de la Estructura.

- ✓ **Descripción del estado actual de la estructura en estudio.**

La construcción de la estructura se inició hace 8 años (1998) y tiene aproximadamente 7 años desde que se detuvo la obra. Dada

esta situación se hizo necesario realizar una inspección visual a la misma, para poder señalar los deterioros que han sufrido los perfiles producto de la acción del viento, la lluvia y del transcurso del tiempo, siendo necesario realizar una visita la edificación para describir su situación actual.

I.5.3. Etapa 3: Proyecto de adecuación de la Estructura de Acero.

En ésta etapa, se llevó a cabo la adecuación de la estructura existente, utilizando como guía el protocolo establecido por el Departamento de Ingeniería Estructural, de la Universidad Central de Venezuela, con base a las Normas COVENIN 1618-98 y 1756-01. Es importante señalar que el análisis se realizó sin modificar la arquitectura, el tipo de techo, el tipo de entresijos ni la disposición de los elementos que conforman la estructura, con la finalidad de cumplir con el objetivo inicial de la investigación.

El programa de computadora empleado, STAAD.Pro 2004, permitió modelar y desarrollar el análisis estructural de la edificación en estudio, utilizando ciertas herramientas que el mismo ofrece. Para el modelo se establecieron cargas de tipo gravitacionales, sísmicas y las combinaciones que dicta la norma COVENIN 1618-98 en la Sección 10.3, con la finalidad de establecer, las posibles deficiencias en los miembros de la estructura; en cuanto a aspectos como la deriva y la flecha. Dado que el objetivo de este trabajo es adecuar la estructura a la Norma COVENIN vigente y que el programa STAAD.Pro 2004 emplea la Norma Americana AISC para la revisión, se debió establecer una comparación entre ambas

normas, con la finalidad de verificar la compatibilidad de los cálculos. De ella se obtuvo que ambas normas establecen iguales fórmulas, parámetros y procedimientos para el cálculo de elementos a flexión, compresión y a solicitaciones combinadas, por lo tanto, fue posible verificar que el uso del programa STAAD.Pro 2004 es adecuado para encontrar los miembros deficientes en la estructura.

I.5.4. Etapa 4 : Evaluación del refuerzo de la estructura.

En esta etapa se verificaron los resultados obtenidos en el recálculo de la estructura original con las especificaciones de las normas actuales (COVENIN 1756-2001, COVENIN 2002-1988 y COVENIN 1618-1998), en cuanto a aspectos como la flecha, la deriva y pandeo local.

Una vez localizados los puntos de la estructura que presentan deficiencias, se procedió a seleccionar el tipo de refuerzo más adecuado para estabilizarla, con base en los factores establecidos en la norma.

I.5.5. Etapa 5 : Análisis de la estructura reforzada.

Los pasos a seguir para el cálculo de la estructura reforzada, son los mismos que se emplearon en el cálculo de la estructura existente (Etapa 3). De esta manera, el tercer objetivo fue cubierto, dando por culminado el proceso planteado para alcanzar el objetivo general del trabajo de investigación.

CAPÍTULO II. ESTRUCTURA ORIGINAL.

II.1. Datos de la Edificación

II.1.1. Descripción de la Edificación

La edificación seleccionada para el estudio, corresponde a una estructura unifamiliar de acero, ubicada en el sector Corralito del Municipio El Hatillo. Dicha construcción se detuvo cuando ésta contaba sólo con los perfiles para columnas, vigas y correas, unidos por medio de escasos puntos de soldadura, que otorgan la resistencia necesaria para la etapa de construcción inicial, llamada conexión punteada; además de algunos tabelones colocados en ciertas zonas, como se observa en la Figura II.4. Es importante señalar que no se realizaron estudios geotécnicos del terreno antes de iniciar las labores, por lo tanto no se conoce la profundidad a la cual esta la roca, ni la forma espectral del suelo, por lo que se asumirán aquellos aspectos necesarios para calcular el espectro de diseño.



Figura II.4 - Foto Antigua del Estado de la Estructura.



Figura II.5 - Foto Estado Actual de la Estructura.

Dicha estructura pertenece al Grupo B2, descrito en la Norma COVENIN 1756-01, como edificaciones de uso público o privado, de baja ocupación, como viviendas. Por otra parte, la clasificación del tipo de estructura señalada en la misma norma, indica que pertenece a las estructuras Tipo I, por ser un sistema constituido principalmente por pórticos. Por otra parte, pertenece al Tipo Tr señalado en la Norma COVENIN 1618-98, ya que sus conexiones son totalmente restringidas. Este tipo de construcción se designa comúnmente como "estructuración con conexiones rígidas" (pórtico rígido o continuo), pues durante las deformaciones de la estructura las conexiones deben tener la suficiente rigidez para mantener inalterados los ángulos originales entre sus miembros. Finalmente, se puede decir que en la inspección visual realizada a la estructura, se apreció cierto grado de corrosión, que puede ser recuperable, mediante lijado y aplicación de fondo anticorrosivo.

II.1.2. Información Geométrica. Estado actual de la Edificación.

De la recopilación de datos elaborada en la fase anterior, se obtuvo información de gran importancia para la elaboración del análisis estructural y para la verificación de las especificaciones de los perfiles. Además, se obtuvieron planos estructurales de la edificación (ver Figuras II.6, II.7 y II.8).

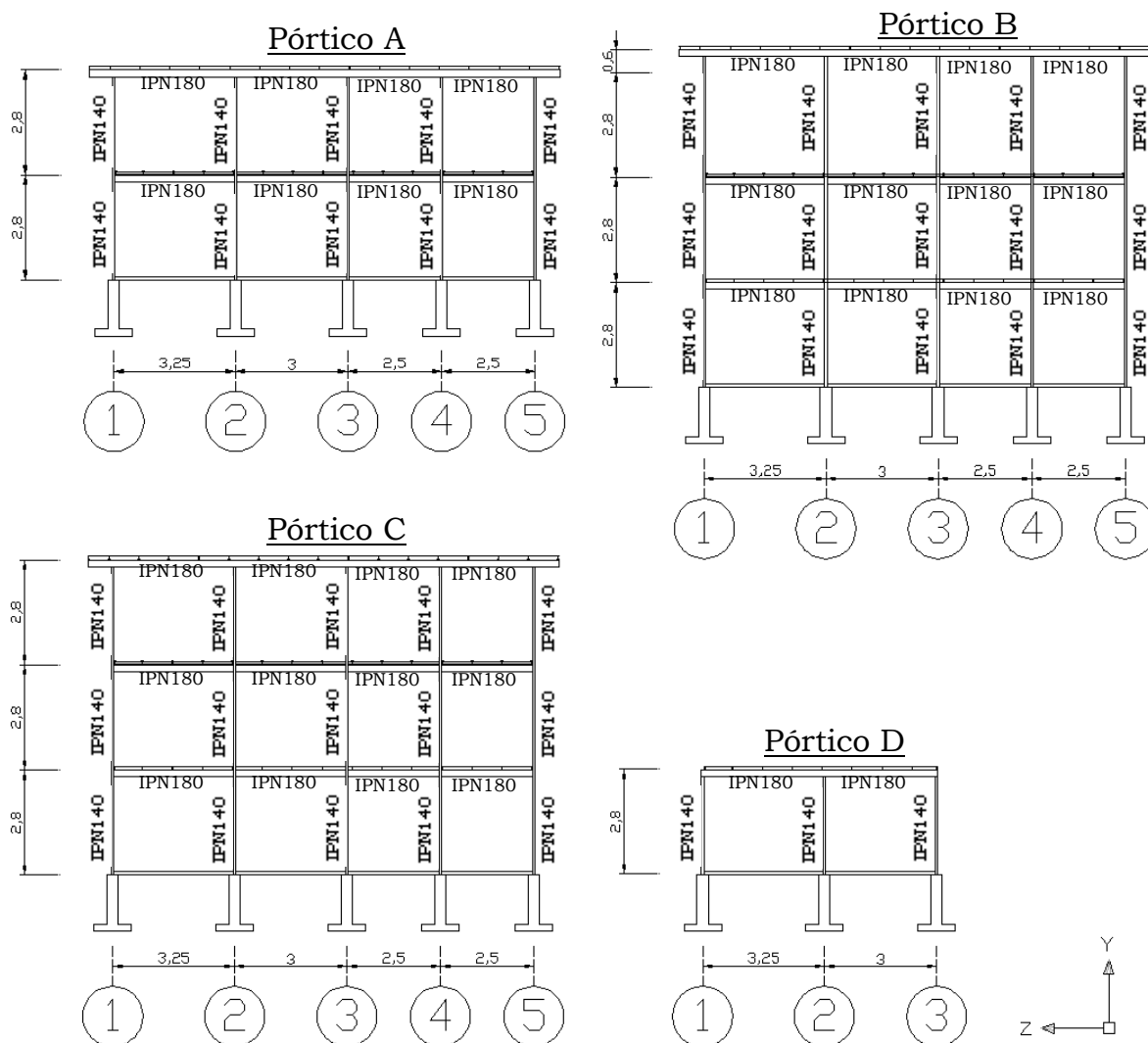


Figura II.6 – Pórticos en la dirección z.

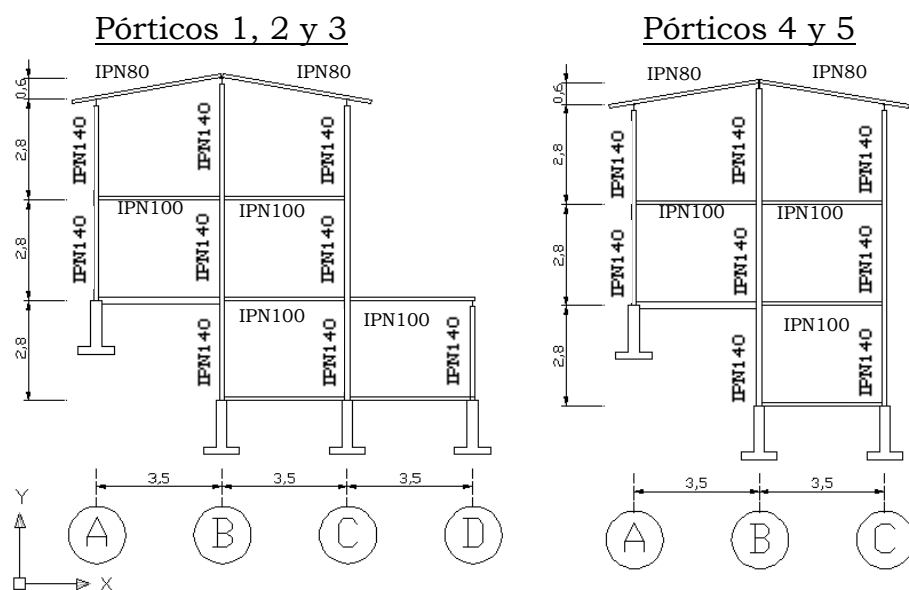


Figura II.7 – Pórticos en la dirección x.

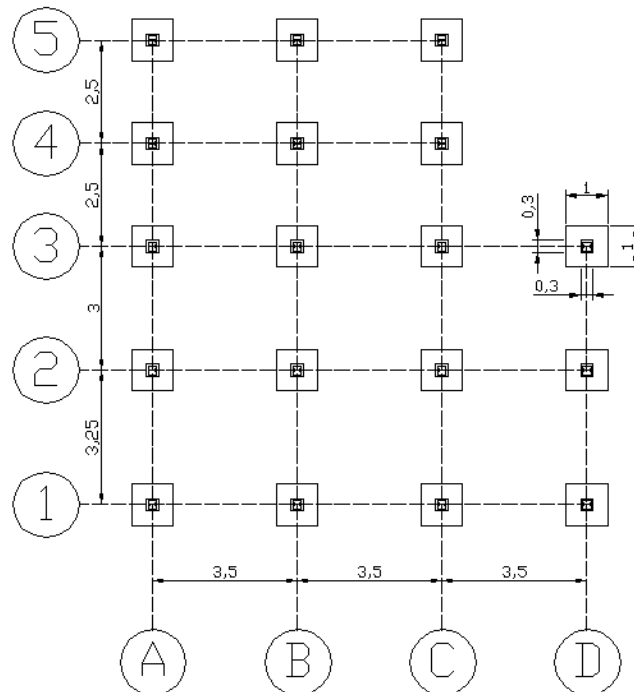


Figura II.8 – Plano de Fundaciones.

Adicionalmente, se obtuvo los planos arquitectónicos de la edificación, los cuales muestran la distribución de las plantas y dimensiones de los espacios proyectados inicialmente para cada piso (ver Figuras II.9, II.10 y II.11).

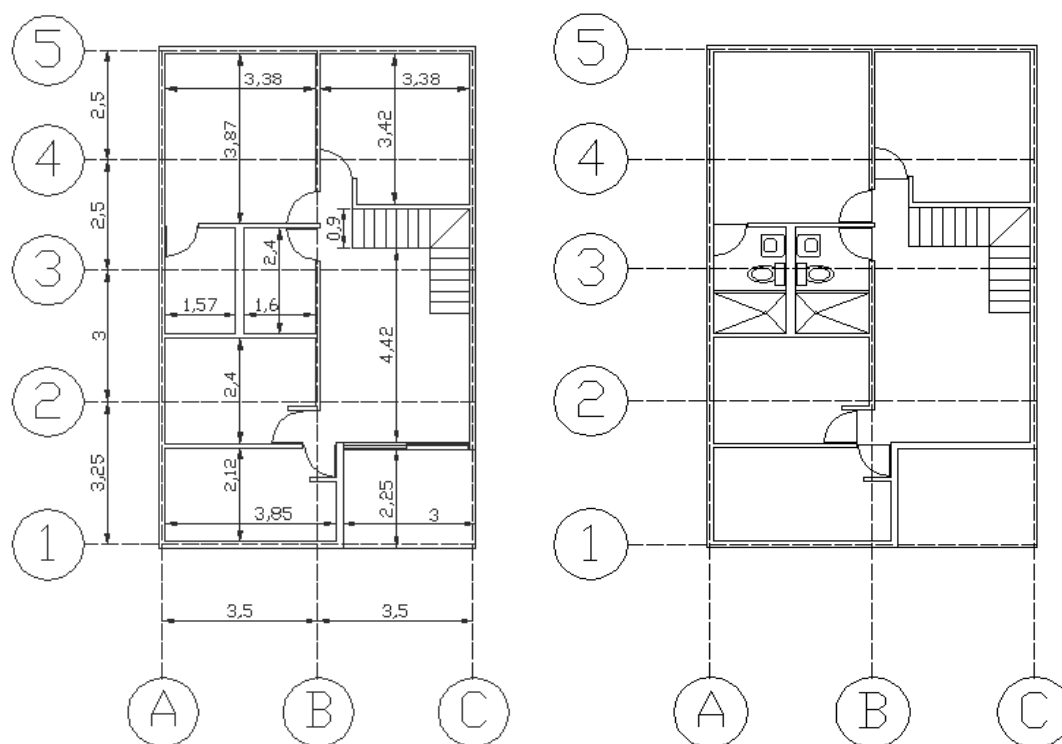


Figura II.9. Planta Arquitectónica del Piso 2 de la vivienda.

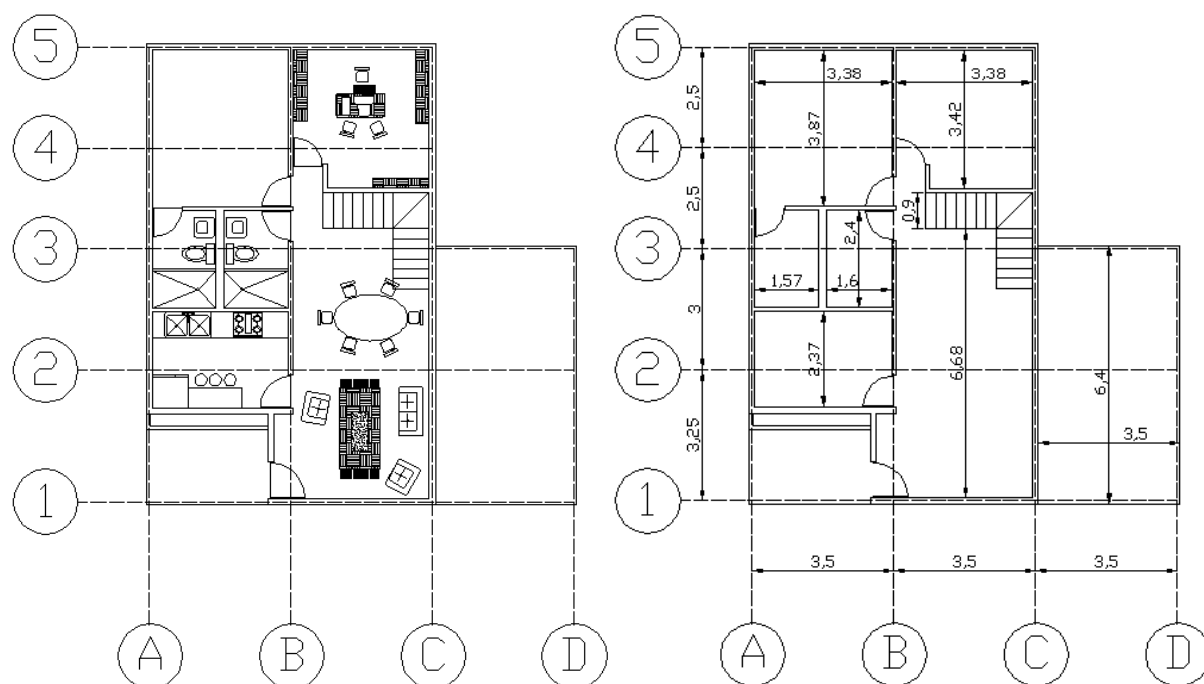


Figura II.10. Planta Arquitectónica del Piso 1 de la vivienda.

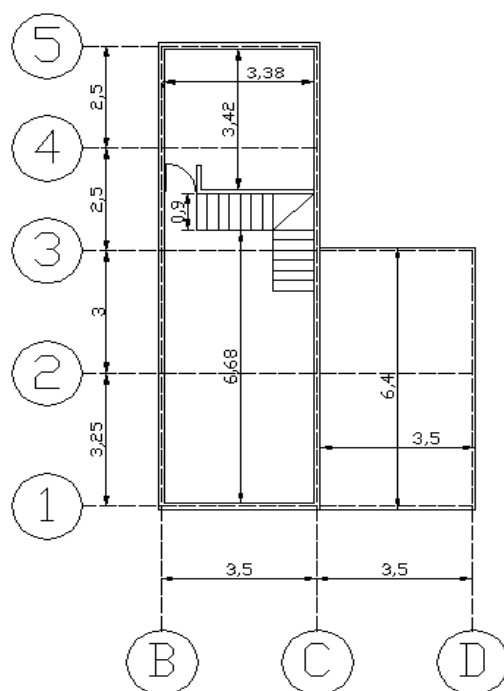


Figura II.11. Planta Arquitectónica del Sótano de la vivienda.

Así mismo, se realizó una revisión detallada de dos informes realizados con anterioridad, por un ingeniero y un arquitecto, respectivamente, en los cuales señalaban las principales características de la estructura, conjuntamente con ciertas observaciones y recomendaciones, entre las cuales se encuentran:

- Colocar vigas metálicas de refuerzo (secundarias) doble T18 en todos sus pórticos.
- Construir vigas de riostra de 30x30.
- Realizar soldaduras continuas, tipo cordón.
- Colocar refuerzos diagonales (Cruz de San Andrés) con vigas doble T10.
- Las losas deben realizarse en concreto armado, y no con tabelón.

Esta información acentuó las sospechas de que la estructura presenta deficiencias notorias, por lo cual posiblemente requiera de refuerzos en los pórticos más desfavorables, siendo éste el objetivo principal del presente trabajo.

II.1.3. Características de los Elementos Estructurales

Losas:

Actualmente, las losas de la edificación sólo cuentan con los perfiles y los tabelones, y no así con la loseta de concreto que debe acompañar a cada una. Sin embargo, la loseta estimada para el momento de la construcción, es de 5 cm de espesor, como se muestra en la Figura II.12

de manera ilustrativa. Los perfiles que se emplean como correas son de tipo IPN100 en los entrepisos e IPN80 en el techo, espaciados cada 80 centímetros, aproximadamente. Por su parte, los tabelones empleados en la estructura son de arcilla y sus dimensiones son de 20 x 80 x 8 cm y 20 x 80 x 6 cm, para losa de entrepiso y losa de techo, respectivamente.

Vigas de carga:

Las vigas de carga que se presentan son secciones IPN180 (ver Figura II.12). En la inspección realizada a la estructura se verificó que las dimensiones de los perfiles empleados, correspondían al tipo IPN180, como se señala en el contrato de obra de la edificación suministrado por el dueño de la misma.

Columnas:

Las columnas que se encuentran en la estructura son secciones IPN140, distribuidas con las luces señaladas, en las figuras obtenidas de la Información Planimétrica (ver Figura II.12).

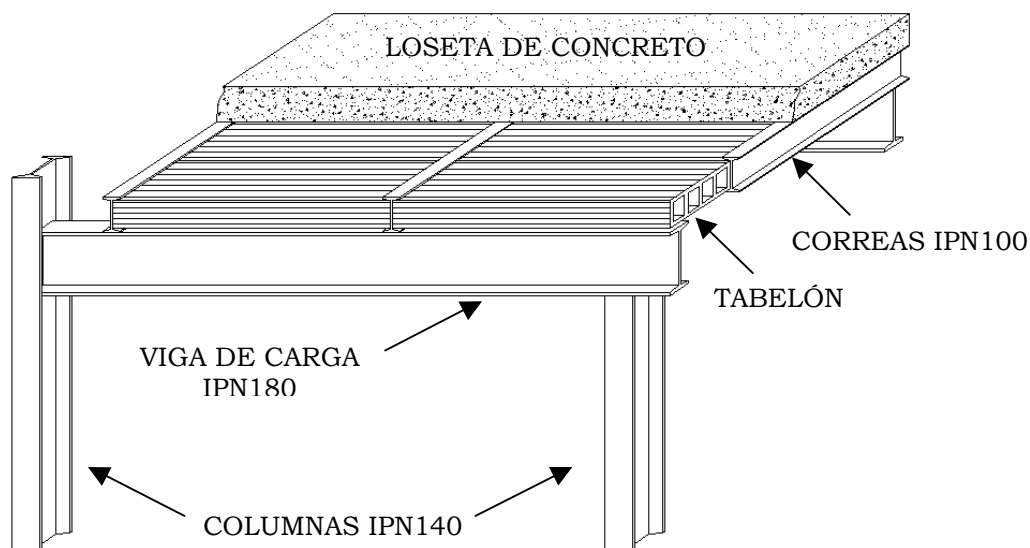


Figura II.12. Detalles de los elemento que conforman la estructura.

II.2. Descripción General del Área

El Sector Corralito de la Unión se encuentra ubicado al Norte de Venezuela, específicamente en la Zona Sur Este de la Ciudad de Caracas, Municipio el Hatillo.



Figura II.13 – Ubicación del Municipio El Hatillo.

Fuente: www.gobiernoonlinea.gob.ve/images/perfil_miranda.html

Dicho Municipio perteneciente al Estado Miranda, está situado en la Serranía que corre paralela al sur de la Cordillera de la Costa, en el centro-norte de Venezuela. Esta formado principalmente por un territorio montañoso surcado por muchas quebradas y arroyos de aguas permanentes y otras que son simplemente escorrentías de aguas pluviales. Tiene una población aproximada de 90.000 habitantes distribuidos entre sus comunidades rurales como lo son La Unión, Corralito, Turgua, La Hoyadita, Sabaneta, La Mata, Caicaguana, Los Naranjos y Altos de Halcón;

y comunidades urbanas entre las cuales tenemos Pueblo de El Hatillo, El Calvario, La Lagunita, Alto Hatillo, La Boyera, Las Marías, Oripoto, Los Pomelos, Los Naranjos, Los Geranios, La Cabaña, Cerro Verde y Llano Verde, Colinas, Vista El Valle, Los Olivos, El Cigarral ⁽⁵⁾.

La zonificación que le corresponde al lote de terreno según la Alcaldía del Municipio El Hatillo, es RECA “Reglamentación Especial de Conservación Ambiental”, lo cual señala que puede ser usada para actividades educativas, asistenciales, de investigación científica, recreacionales y residenciales (ver Apéndice 3).

La forma espectral del suelo de la zona en estudio, y su respuesta dinámica se clasificó según lo establecido en la Norma COVENIN 1756-01 “*Edificaciones Sismorresistentes*” en la Tabla de Forma Espectral y Factor de Corrección ϕ . Dicha forma espectral se estableció de tipo S2, dado que corresponde a una de las características más desfavorables dentro de los grupos especificados en la norma. Por otra parte, de la Tabla y del Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela, de la Norma 1756-01, se obtiene que el municipio en el cual se encuentra ubicada la estructura en estudio pertenece a la Zona 5, es decir, con un peligro sísmico elevado.

II.3. Adecuación de la Estructura Original

El protocolo de recálculo establecido para la adecuación de la estructura de acero modelo, consistió en un análisis de la estructura basado en las normas venezolanas vigentes COVENIN, entre las cuales tenemos la Norma COVENIN 2002-1988. *“Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”*, COVENIN 1756-2001. *“Edificaciones Sismorresistentes”* y la COVENIN 1618-1998. *“Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites”*, además de la Norma Americana AISC -03, empleada por el programa *STAAD.Pro 2004*.

El recálculo estructural fue planteado con el objeto de conocer la respuesta de la edificación ante eventos gravitacionales y sísmicos, con la finalidad de determinar los arriostramientos necesarios para disminuir su vulnerabilidad. Para ello, se utilizó un (1) programa de cálculo estructural llamado *STAAD.Pro 2004*, de donde se obtuvieron los desplazamientos de los nodos, los desplazamientos globales de las barras y los esfuerzos máximos en miembros. Estos resultados permiten verificar el cumplimiento o no de los parámetros normativos de: deriva, flecha máxima, momentos y fuerza axial resistente, según sea el caso.

II.3.1. Método de Análisis Estructural

El método de análisis de la estructura fue seleccionado con base en lo establecido en la Norma COVENIN 1756-01, Tabla 9.1 “Selección del método de Análisis para edificios de estructura regular”, en el cual se indica que para estructuras regulares que no exceden 10 pisos ni 30 metros de altura, se debe realizar como requerimiento mínimo un “Análisis Estático”; en donde deberán ser analizados los efectos traslacionales con

el Método Estático Equivalente (Artículo 9.3) y los efectos torsionales se determinan con el Método de la Torsión Estática Equivalente (Artículo 9.5). Por lo tanto el análisis a realizar será el señalado anteriormente, dadas las características de la estructura.

II.3.2. Modelos Analizados

Con base a lo anteriormente descrito se realizó el estudio de la edificación, mediante un (1) modelo estructural, evaluado con el Nivel de Diseño (ND) y el Factor de Reducción de Respuesta (R), indicado en el Capítulo 12 de la Norma COVENIN 1756, con la finalidad de estudiar su comportamiento estructural. El modelo de estudio fue analizado tomando el siguiente caso:

- **Análisis Estático:** El modelo fue realizado con la geometría especificada en los planos de la estructura, utilizando el programa de cálculo estructural STAAD.Pro 2004. Los efectos traslacionales se determinaron según el Método Estático Equivalente (Artículo 9.3) y los efectos torsionales con el Método de la Torsión Estática Equivalente [Artículo 9.5] de la Norma COVENIN 1756-01.

II.3.3. Cargas Consideradas

Las cargas sobre la estructura se determinaron con base a las indicaciones de la Norma COVENIN 2002-1988. “*Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones*”, según las siguientes acciones:

- **Cargas Permanentes (CP):** Son todas aquellas relacionadas al peso propio de la estructura, de la losa, de la tabiquería y otros

componentes como revestimientos de pared, de techo y de piso. El peso propio de los perfiles que conforman la estructura, es calculado por el programa STAAD.Pro 2004; mientras que el resto de los valores se calculan con base a la Tabla 4.3, Ítem 3.4, Ítem 4.1, Ítem 5 e Ítem 7.2 de la Norma COVENIN 2002-88.

- **Cargas Variables (CV):** Corresponde a la carga viva determinada para cada zona de la edificación, con base en los usos para los que está destinado cada ambiente, según la Tabla 5.1 de dicha Norma.
- **Acciones Accidentales (S):** La acción del sismo se consideró siguiendo las indicaciones de la Norma COVENIN 1756-01 y los desplazamientos de la estructura, bajo esta acción, fueron calculados por el STAAD.Pro 2004.

II.3.4. Combinaciones de Carga

Las combinaciones de cargas que fueron evaluadas para el análisis, se establecieron según lo señalado en la Sección 10.3 de la Norma COVENIN 1618-98:

$$1.2CP+1.6CV$$

$$1.4CP$$

$$1.2CP+ 1.6CV+ 0.5CV_t$$

$$1.2CP+ 1.6CV_t+ 0.5CV$$

$$1.2CP+ \gamma CV \pm S$$

$$0.9CP \pm S$$

Las combinaciones que incluyen la acción del sismo (S) se utilizaron tomando en cuenta la acción de las componentes sísmicas horizontales por separado, alternando los signos + y - para cada combinación.

El factor γ se definió como el 25% de la carga variable de servicio, tal como se indica en el Capítulo 7 de la Norma COVENIN 1756-2001, para entrepisos de edificaciones como viviendas.

II.3.5. Espectros de Diseño y Respuesta

El espectro de diseño obtenido (ver Figura II.14) corresponde a lo indicado en el Capítulo 7 de la Norma 1756-2001, considerando los siguientes valores:

Tabla II.2 – Datos empleados en la elaboración del Espectro.

			Referencia Norma 1756
R =	6,00	FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA	Tabla 6.4
α =	1,15	FACTOR DE IMPORTANCIA	Tabla 6.1
β =	2,60	FACTOR DE MAGNIFICACIÓN PROMEDIO	Tabla 7.1
Ao =	0,30	COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL	Tabla 4.1
φ =	0,95	FACTOR DE CORRECCIÓN DEL COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL	Tabla 5.1
T* [seg.] =	0,40	PERÍODO CARACTERÍSTICO DE VARIACIÓN DE RESPUESTA DUCTIL	Tabla 7.2
T* [seg.] =	0,70	MÁXIMO PERÍODO EN EL INTERVALO DONDE LOS ESPECTROS NORMALIZADOS TIENEN UN VALOR CONSTANTE	Tabla 7.1
To =	0,18	PERÍODO A PARTIR DEL CUAL LOS ESPECTROS NORMALIZADOS TIENEN UN VALOR CONSTANTE	Fig. 7.1
p =	1,00	EXPONENTE QUE DEFINE LA RAMA DESCENDENTE DEL ESPECTRO	Tabla 7.1

Es importante señalar que, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 9, ítem 9.3.2, de la Norma 1756-01, se realizó el cálculo del Período Fundamental de la estructura original, en ambas direcciones horizontales x y z (ver Figura II.17). Los valores determinados del período, fueron de 5.01 segundos en la dirección Z y 1.05 segundos en la dirección X.

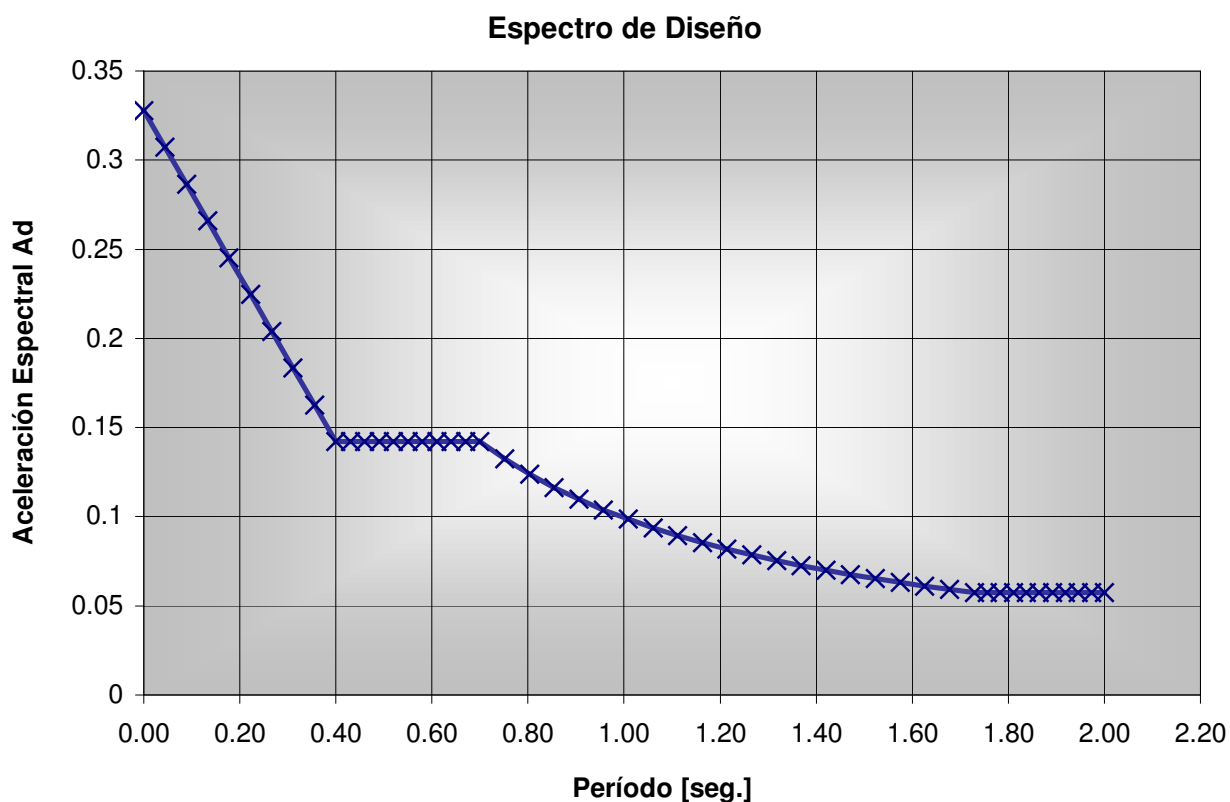


Figura II.14 – Espectro de Diseño. Modelo de Estudio.

II.4. Resultados y Análisis de la Estructura Original.

La etapa inicial del trabajo de investigación, contempló el análisis de un modelo estructural de la edificación original con un programa de computadora llamado STAAD.Pro 2004. El mismo, arrojó los datos necesarios para ser procesados en hojas de cálculo programadas, y así verificar la flecha máxima permitida, la deriva, esfuerzos máximos en los miembros, etc.

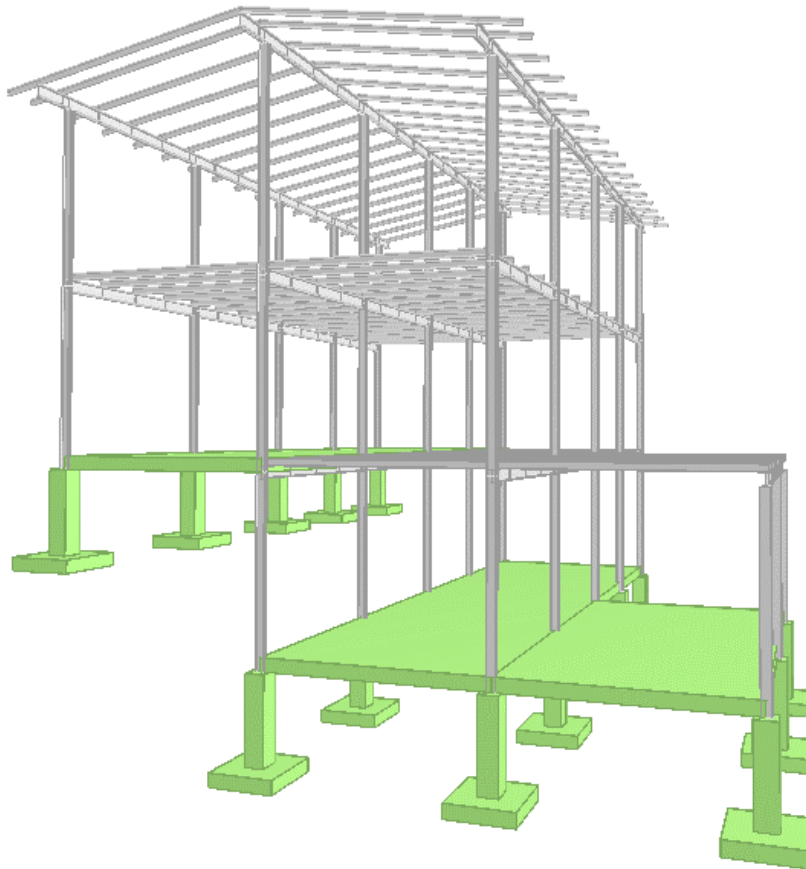


Figura II.15 – Estructura original modelada en STAAD.Pro 2004.

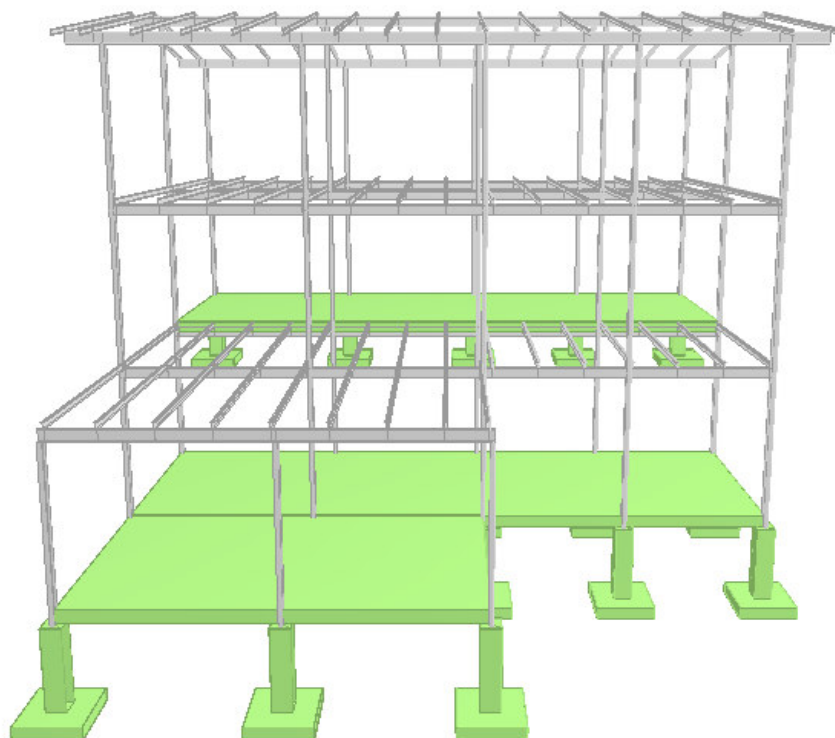


Figura II.16 – Vista lateral estructura original modelada en STAAD.Pro 2004.

Cada uno de los miembros de la estructura, correspondió con la numeración establecida en la Figura II.17.

II.4.1. Deriva

El programa STAAD.Pro 2004 arrojó los desplazamientos de los nodos, a través de los cuales se pudo determinar la deriva producida en cada columna. Esta se calculó como el cociente del desplazamiento relativo horizontal de los nodos superior e inferior de cada columna, entre la altura de la misma, para cada una de las direcciones (X y Z) (ver Tabla II.3).

Tabla II.3 - Cálculo de la deriva en la estructura original en direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA ORIGINAL											
CASO DE CARGA 4 SX						DIRECCIÓN X					
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.013	2.80	0	Cumple				
14	14	32	0.000	0.013	2.80	5	Cumple				
15	15	33	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
16	16	34	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
17	17	35	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
18	18	36	0.000	0.012	2.80	4	Cumple				
19	19	37	0.000	0.013	2.80	5	Cumple				
20	20	38	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
21	21	39	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
22	22	40	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
23	23	41	0.000	0.012	2.80	4	Cumple				
24	24	42	0.000	0.013	2.80	5	Cumple				
25	25	43	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
26	26	44	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
27	27	45	0.000	0.009	2.80	3	Cumple				
28	28	46	0.000	0.012	2.80	4	Cumple				
29	29	47	0.013	0.020	2.80	3	Cumple				
30	30	48	0.009	0.014	2.80	2	Cumple				
31	31	49	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
32	32	50	0.009	0.013	2.80	2	Cumple				
33	33	51	0.012	0.018	2.80	2	Cumple				
34	34	52	0.013	0.020	2.80	3	Cumple				
35	35	53	0.009	0.014	2.80	2	Cumple				
36	36	54	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
37	37	55	0.009	0.013	2.80	2	Cumple				
38	38	56	0.012	0.018	2.80	2	Cumple				
39	39	57	0.013	0.020	2.80	3	Cumple				
40	40	58	0.009	0.014	2.80	2	Cumple				
41	41	59	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
42	42	60	0.009	0.013	2.80	2	Cumple				
43	43	61	0.012	0.018	2.80	2	Cumple				

CASO DE CARGA 5 SZ						DIRECCIÓN Z					
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
14	14	32	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
15	15	33	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
16	16	34	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
17	17	35	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
18	18	36	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
19	19	37	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
20	20	38	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
21	21	39	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
22	22	40	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
23	23	41	0.000	1.387	2.80	495	No Cumple				
24	24	42	0.000	1.386	2.80	495	No Cumple				
25	25	43	0.000	1.386	2.80	495	No Cumple				
26	26	44	0.000	1.386	2.80	495	No Cumple				
27	27	45	0.000	1.386	2.80	495	No Cumple				
28	28	46	0.000	1.386	2.80	495	No Cumple				
29	29	47	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
30	30	48	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
31	31	49	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
32	32	50	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
33	33	51	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
34	34	52	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
35	35	53	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
36	36	54	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
37	37	55	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
38	38	56	1.387	2.138	2.80	268	No Cumple				
39	39	57	1.386	2.137	2.80	268	No Cumple				
40	40	58	1.386	2.137	2.80	268	No Cumple				
41	41	59	1.386	2.137	2.80	268	No Cumple				
42	42	60	1.386	2.137	2.80	268	No Cumple				
43	43	61	1.386	2.137	2.80	268	No Cumple				

A nivel general, la estructura existente presenta una rigidez considerablemente menor en la dirección horizontal que va del frente al fondo de la estructura, por la menor inercia de las columnas. Por tal motivo, es de suponer que ante los efectos sísmicos, los desplazamientos en ésta dirección (dirección Z), son mayores. Se debe tener en cuenta que siendo ésta una estructura clasificada dentro del grupo B2 y, considerando que todos los miembros están ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura, el valor límite de la deriva establecido en la norma (Norma COVENIN 1756-01, Tabla 10.1) es de 0,018. Al observar los resultados de la Tabla II.3, se puede verificar que los desplazamientos laterales de las columnas, expresados en tanto por mil respecto a su altura, se encuentran por debajo del valor límite permitido para el caso de la dirección horizontal X, lo cual indica que la estructura no presenta vulnerabilidad ante un evento sísmico. Sin embargo, en la dirección Z, el 70 % de los desplazamientos de las columnas, se encuentran por encima del desplazamiento máximo permisible; llegando a ser hasta 200 veces mayores que en la dirección X para una misma barra. Por lo cual se establece que en esta dirección (Z), la estructura debe ser reforzada.

II.4.2. Flecha

De igual forma, llevó a cabo el cálculo de la flecha producida en las correas y vigas de la estructura, verificando el cumplimiento de dichos valores de acuerdo a la flecha permitida por la Norma COVENIN 1618-98 en el Capítulo 8, tabla C-8.1 (ver Tabla II.4).

El cálculo de la flecha máxima admisible, en vigas de carga, se realizó considerando tramos de miembros en pisos y techos que soportan

acabados susceptibles de agrietarse, mediante la expresión de $L/360$.

Por otra parte, el cálculo de la flecha máxima admisible, en correas de entrepiso, se realizó considerando tramos de miembros que soportan pisos bajo la acción de cargas variables, mediante la expresión de $L/300$. Mientras que para correas de techo, se consideró la expresión $L/240$, para tramos de miembros que soportan techos con recubrimientos no flexibles.

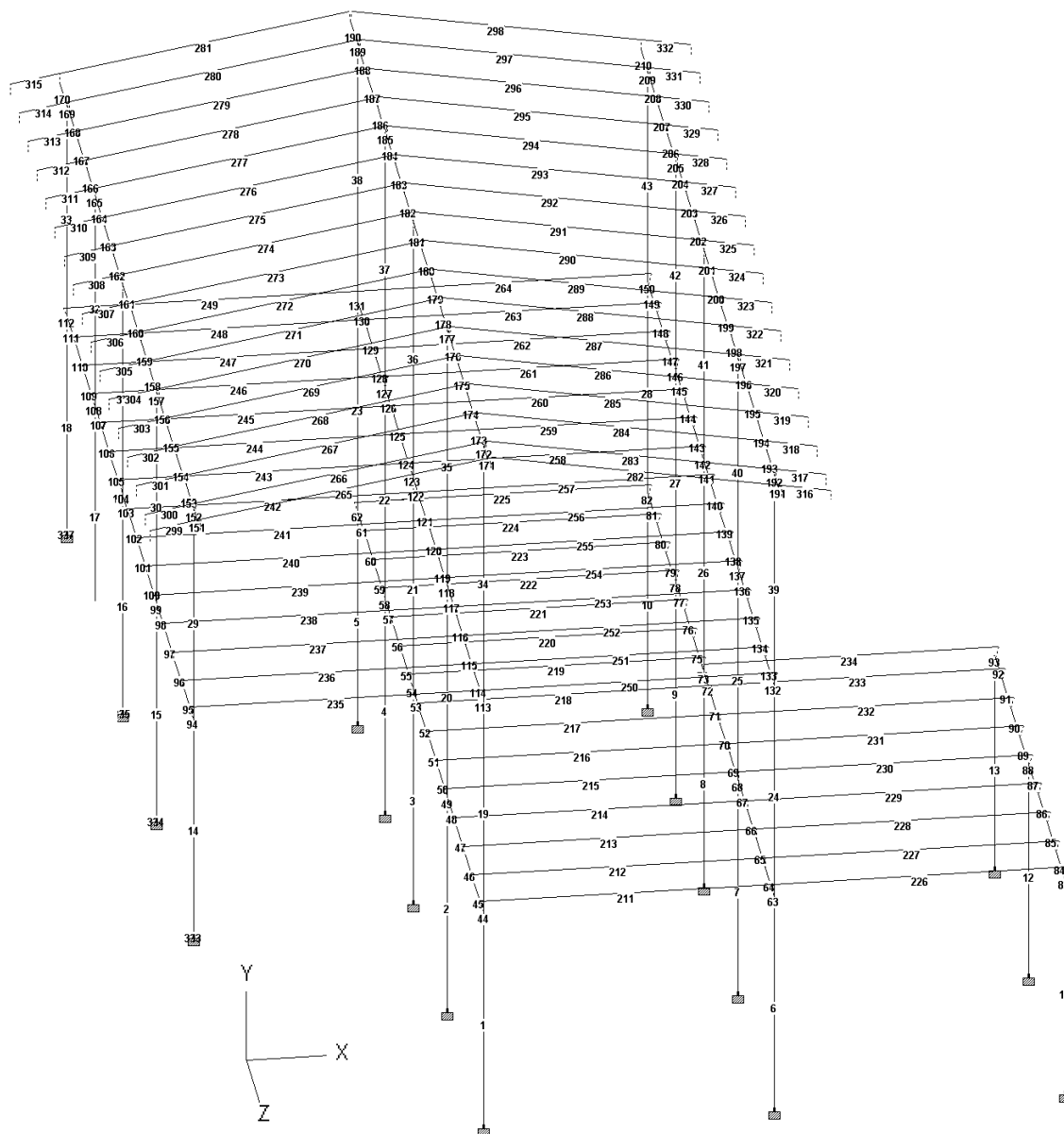


Figura II.17 – Numeración de los elementos de la Estructura Original.

Tabla II.4 - Cálculo de la flecha en la estructura original para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA ORIGINAL											
CASO DE CARGA				CASO DE CARGA				CASO DE CARGA			
2 CV				2 CV				2 CV			
BARRA				BARRA				BARRA			
CORREAS				CORREAS				VIGAS			
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.002	0.0117	Cumple	252	0.006	0.0117	Cumple	293	0.004	0.0148	Cumple
212	0.005	0.0117	Cumple	253	0.006	0.0117	Cumple	294	0.002	0.0148	Cumple
213	0.006	0.0117	Cumple	254	0.003	0.0117	Cumple	295	0.003	0.0148	Cumple
214	0.006	0.0117	Cumple	255	0.005	0.0117	Cumple	296	0.004	0.0148	Cumple
215	0.003	0.0117	Cumple	256	0.006	0.0117	Cumple	297	0.003	0.0148	Cumple
216	0.005	0.0117	Cumple	257	0.005	0.0117	Cumple	298	0.002	0.0148	Cumple
217	0.006	0.0117	Cumple	258	0.004	0.0117	Cumple	299	0.000	0.0025	Cumple
218	0.006	0.0117	Cumple	259	0.006	0.0117	Cumple	300	0.000	0.0025	Cumple
219	0.006	0.0117	Cumple	260	0.005	0.0117	Cumple	301	0.000	0.0025	Cumple
220	0.013	0.0117	No Cumple	261	0.004	0.0117	Cumple	302	0.000	0.0025	Cumple
221	0.013	0.0117	No Cumple	262	0.006	0.0117	Cumple	303	0.000	0.0025	Cumple
222	0.004	0.0117	Cumple	263	0.006	0.0117	Cumple	304	0.000	0.0025	Cumple
223	0.013	0.0117	No Cumple	264	0.002	0.0117	Cumple	305	0.000	0.0025	Cumple
224	0.013	0.0117	No Cumple	265	0.001	0.0148	Cumple	306	0.000	0.0025	Cumple
225	0.002	0.0117	Cumple	266	0.002	0.0148	Cumple	307	0.000	0.0025	Cumple
226	0.002	0.0117	Cumple	267	0.003	0.0148	Cumple	308	0.000	0.0025	Cumple
227	0.005	0.0117	Cumple	268	0.004	0.0148	Cumple	309	0.000	0.0025	Cumple
228	0.006	0.0117	Cumple	269	0.004	0.0148	Cumple	310	0.000	0.0025	Cumple
229	0.006	0.0117	Cumple	270	0.003	0.0148	Cumple	311	0.000	0.0025	Cumple
230	0.003	0.0117	Cumple	271	0.003	0.0148	Cumple	312	0.000	0.0025	Cumple
231	0.005	0.0117	Cumple	272	0.004	0.0148	Cumple	313	0.000	0.0025	Cumple
232	0.006	0.0117	Cumple	273	0.003	0.0148	Cumple	314	0.000	0.0025	Cumple
233	0.005	0.0117	Cumple	274	0.002	0.0148	Cumple	315	0.000	0.0025	Cumple
234	0.002	0.0117	Cumple	275	0.003	0.0148	Cumple	316	0.000	0.0025	Cumple
235	0.002	0.0117	Cumple	276	0.004	0.0148	Cumple	317	0.000	0.0025	Cumple
236	0.005	0.0117	Cumple	277	0.002	0.0148	Cumple	318	0.000	0.0025	Cumple
237	0.006	0.0117	Cumple	278	0.003	0.0148	Cumple	319	0.000	0.0025	Cumple
238	0.006	0.0117	Cumple	279	0.004	0.0148	Cumple	320	0.000	0.0025	Cumple
239	0.003	0.0117	Cumple	280	0.003	0.0148	Cumple	321	0.000	0.0025	Cumple
240	0.005	0.0117	Cumple	281	0.002	0.0148	Cumple	322	0.000	0.0025	Cumple
241	0.006	0.0117	Cumple	282	0.001	0.0148	Cumple	323	0.000	0.0025	Cumple
242	0.005	0.0117	Cumple	283	0.002	0.0148	Cumple	324	0.000	0.0025	Cumple
243	0.004	0.0117	Cumple	284	0.003	0.0148	Cumple	325	0.000	0.0025	Cumple
244	0.006	0.0117	Cumple	285	0.004	0.0148	Cumple	326	0.000	0.0025	Cumple
245	0.005	0.0117	Cumple	286	0.004	0.0148	Cumple	327	0.000	0.0025	Cumple
246	0.004	0.0117	Cumple	287	0.003	0.0148	Cumple	328	0.000	0.0025	Cumple
247	0.006	0.0117	Cumple	288	0.003	0.0148	Cumple	329	0.000	0.0025	Cumple
248	0.006	0.0117	Cumple	289	0.004	0.0148	Cumple	330	0.000	0.0025	Cumple
249	0.002	0.0117	Cumple	290	0.003	0.0148	Cumple	331	0.000	0.0025	Cumple
250	0.002	0.0117	Cumple	291	0.002	0.0148	Cumple	332	0.000	0.0025	Cumple
251	0.005	0.0117	Cumple	292	0.003	0.0148	Cumple				

Como se puede observar en la Tabla II.4, ninguna de las vigas de carga supera el valor de la deflexión máxima admisible para acciones variables normativas. Por tal motivo se considera que el perfil IPN180 empleado como vigas de carga, en el modelo del programa STAAD.Pro 2004, es aceptable para la estructura en materia de deflexión.

Sin embargo, al revisar la sección del Cálculo de la flecha para Correas, es muy notorio que existe un número reducido de ellas en las cuales se supera el valor de la máxima deflexión admisible. Las únicas correas que no cumplen con la condición normativa, son cuatro correas de entrepiso colocadas en el piso 1, en la zona central, es decir, en una de las zonas que reciben mayor carga permanente y variable. Por lo tanto, se hace necesario estudiar los posibles refuerzos en las correas especificadas en la tabla, en cuanto a deflexión se refiere.

II.4.3. Miembros Deficientes

En la Tabla II.5 se observan algunos de los miembros deficientes en la estructura original, según el diseño realizado con el programa STAAD.Pro 2004. En la misma, se especifican los perfiles existentes actualmente en la estructura, seguidos de los perfiles propuestos por el diseño, de lo cual se obtiene un total de 119 barras deficientes, entre vigas de carga, columnas y correas, lo cual representa un 35% del total de elementos. Es de gran importancia resaltar que las columnas en su totalidad requieren de perfiles mayores a los empleados en la estructura original (IPN140). Las vigas de carga por su parte, se encuentran en un rango del 13% de elementos que requieren perfiles mayores al empleado (IPN180). Finalmente, de las correas se puede decir que en el diseño

elaborado en el programa de computadora, se obtuvo un total de 44% de elementos que presentan deficiencias.

Tabla II.5 – Tabla Parcial de los Miembros Deficientes presentes en la estructura original.

COLUMNAS			VIGAS			CORREAS		
Barra	Perfil Analizado	Perfil Diseñado	Barra	Perfil Analizado	Perfil Diseñado	Barra	Perfil Analizado	Perfil Diseñado
1	IPN140	IPN160	50	IPN180	IPN140	250	IPN100	IPN200
2	IPN140	IPN160	51	IPN180	IPN100	251	IPN100	IPN200
3	IPN140	IPN160	52	IPN180	IPN100	252	IPN100	IPN200
4	IPN140	IPN160	53	IPN180	IPN160	253	IPN100	IPN200
5	IPN140	IPN160	54	IPN180	IPN220	254	IPN100	IPN200
6	IPN140	IPN180	55	IPN180	IPN100	255	IPN100	IPN200
7	IPN140	IPN180	56	IPN180	IPN100	256	IPN100	IPN200
8	IPN140	IPN180	57	IPN180	IPN160	257	IPN100	IPN200
9	IPN140	IPN180	58	IPN180	IPN180	258	IPN100	IPN200
10	IPN140	IPN180	59	IPN180	IPN140	259	IPN100	IPN200
11	IPN140	IPN200	60	IPN180	IPN100	260	IPN100	IPN200
12	IPN140	IPN200	61	IPN180	IPN140	261	IPN100	IPN200
13	IPN140	IPN200	62	IPN180	IPN160	262	IPN100	IPN200
14	IPN140	IPN240	63	IPN180	IPN220	263	IPN100	IPN200
15	IPN140	IPN220	64	IPN180	IPN220	264	IPN100	IPN200
16	IPN140	IPN220	65	IPN180	IPN160	265	IPN80	IPN200
17	IPN140	IPN220	66	IPN180	IPN160	266	IPN80	IPN200
18	IPN140	IPN220	67	IPN180	IPN200	267	IPN80	IPN200
19	IPN140	IPN240	68	IPN180	IPN200	268	IPN80	IPN200
20	IPN140	IPN220	69	IPN180	IPN200	269	IPN80	IPN200

II.4.4. Revisión de la Estructura Original a través de la Norma COVENIN 1618-98

En esta sección se presenta inicialmente, un breve resumen de los cálculos realizados, para verificar el cumplimiento de cada miembro de la estructura, según la Norma COVENIN 1618-98. Dichos cálculos también son aplicados a cada estructura reforzada, para certificar de ésta manera, los resultados obtenidos en el diseño por el programa STAAD. Pro 2004.

Miembros a Flexión y Corte

Las revisiones planteadas en la norma, para Miembros a Flexión y Corte, aplicadas en las correas y en las vigas de carga, son las siguientes:

- Pandeo Local

Después de calcular la longitud no arriostrada para el diseño por análisis plástico (L_p) según la ecuación 16-1 de la norma antes señalada, se procede al diseño por flexión, el cual se inicia con el calculo del pandeo local. Para miembros en forma de I con uno o dos ejes de simetría:

$$L_p = (0,12 + 0,074 * \frac{M_1}{M_2}) * (\frac{E}{F_y} * r_y) \quad (\text{Ecuación 16-1})$$

En la correa 211: $L_p = 148 \text{ cm.}$

Se debe verificar si λ (parámetro de esbeltez local, del ala y del alma) se encuentra comprendido entre λ_p y λ_r , o es mayor a λ_r , en cuyo caso M_t será igual a $M_p - (M_p - M_r) * ((\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$ (Ecuación 16-3), o $S * F_{cr} < M_p$ (Ecuación 16-4), respectivamente. Es importante, señalar que los valores de λ_p y λ_r para alas y alma, se determinan de acuerdo a las ecuaciones establecidas en la Tabla B.1 de la misma norma.

En la correa 211: $\lambda_{p\text{ala}} = 10,90$

$\lambda_{r\text{ala}} = 28,01$

$\lambda_{\text{ala}} = 3,68$

Como $\lambda < \lambda_p$ y que λ_r en todos los casos, se considera que no existe esbeltez local, por esto se precede al diseño por cedencia.

- Cedencia

Para el cálculo de la cedencia, inicialmente debe determinarse el valor del momento correspondiente a la cedencia de la fibra extrema de

una sección para una distribución elástica de las tensiones (M_y), el cual en secciones homogéneas es igual a $M_y = F_y * S$, donde S representa una propiedad de la sección (ver Apéndice 4).

Luego, el momento plástico teórico M_p , es igual al menor valor entre $F_y Z$ y $1.5 M_y$, y finalmente la resistencia teórica a flexión $M_t = M_p$ (Ecuación 16-5), donde Z es una propiedad de la sección (ver Apéndice 4).

$$\begin{aligned}\text{En la correa 211: } M_y &= 853 \text{ kg-m} \\ M_p &= 985 \text{ kg-m} \\ M_t &= 985 \text{ kg-m} \\ \Phi M_t &= 985 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

- Pandeo Lateral Torsional

Inicialmente debe calcularse el límite de la longitud no arriostrada lateralmente para desarrollar la capacidad plástica a flexión, L_b , que para perfiles doble te es igual a $L_p = 1.74 * r_y * \sqrt{E/F_{yf}}$ (Ecuación 16-8), donde F_{yf} , es la tensión de cedencia en las alas y r_y representa una propiedad de la sección. Posteriormente, se compara L_b versus L_r , donde L_b , es la distancia entre puntos que estén arriostrados contra la torsión de la sección transversal, y L_r , es el límite de la longitud no arriostrada lateralmente en el pandeo lateral torsional, que se calcula mediante la expresión siguiente:

$$L_r = (r_y * \frac{C_1}{F_L}) * \sqrt{1 + C_2 F_L^2} \quad (\text{Ecuación 16-10})$$

Con C_1 = Factor de pandeo de viga definido por la fórmula (16-12).

C_2 = Factor de pandeo de viga, definido por las fórmula (16-13).

F_L = Menor valor entre $(F_{yf} - F_r)$ y F_{yw} .

F_r = Tensión residual de compresión en el ala; igual a 700 kgf/cm² para perfiles laminados en caliente.

F_{yf} = Tensión de cedencia en las alas.

F_{yw} = Tensión de cedencia del alma.

$$C1 = (\pi / S_x) * \sqrt{(E G J_A / 2)} \quad (\text{Ecuación 16-12})$$

$$C2 = 4 * (C_w / I_y) * (S_x / G J)^2 \quad (\text{Ecuación 16-13})$$

En la correa 211: $L_p = 53,96 \text{ cm}$

$L_r = 244 \text{ cm}$

$L_b = 80 \text{ cm}$

Si $L_b \leq L_r$, la resistencia teórica a flexión se calcula mediante la expresión $M_t = C_b (M_p - (M_p - M_r))(L_b - L_p / L_r - L_p)$ (Ecuación 16-6), y se minora con un $\Phi = 0,90$.

Si $L_b > L_r$, $M_t = M_{cr} \leq M_p$ (Ecuación 16-16), y M_{cr} en perfiles I, se calcula mediante la expresión $M_{cr} = \frac{C_b S_x C_1 \sqrt{2} \sqrt{1 + C_1^2 C_2}}{L_b / r_y} \frac{1}{2 (L_b / r_y)^2}$ (Ecuación 16-17).

En la correa 211: $M_t = 985 \text{ kg-m}$

$\Phi M_t = 887 \text{ kg-m}$

- Resistencia al Corte

Para calcular la resistencia minorada a corte de las almas deberá determinarse la relación ancho / espesor (h / t_w), verificando que sea menor que 260, en cuyo caso $V_t = 0.6 F_{yw} A_w C_v$ (Ecuación 16-21).

Por su parte, C_v podrá adquirir los siguientes valores:

Cuando $h / t_w \leq 2.40 \sqrt{E / F_{yw}} \rightarrow C_v = 1$

Cuando $2.4\sqrt{E/F_{yw}} < h/t_w \leq 3.0 \sqrt{E/F_{yw}} \rightarrow C_v = (2.4\sqrt{E/F_{yw}})/(h/t_w)$
(Ecuación 16-22).

Cuando $3.0\sqrt{E/F_{yw}} < h/t_w \leq 260 \rightarrow C_v = 7.38E/(h/t_w)^2 F_{yw}$
(Ecuación 16-23).

En la correa 211: $C_v = 1,00$

$V_t = 5832 \text{ kg}$

$\Phi V_t = 5249 \text{ kg}$

Miembros a Compresión

Así mismo, el procedimiento a seguir para las revisiones en Miembros a Compresión con una relación de esbeltez máxima de 200, se especifica en el Capítulo 15 de la norma:

- Análisis Plástico

Se calcula N_t , con $F_{cr} \cdot A$ (Ecuación 15-1), siendo A , el área de la sección transversal y F_{cr} , la tensión cedente crítica por pandeo flexional, la cual se calcula por:

a) Cuando $\lambda_c \sqrt{\Phi_{as}} \leq 1.5$

$$F_{cr} = \Phi_{as}(0,658^{\Phi_{as} \cdot \lambda_c^2}) F_y \quad (\text{Ecuación 15-2})$$

b) Cuando $\lambda_c \sqrt{\Phi_{as}} > 1.5$

$$F_{cr} = (0,877 / \lambda_c^2) F_y \quad (\text{Ecuación 15-3})$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (\text{Ecuación 15-4})$$

donde k toma el valor de 1, para miembros comprimidos, según el Capítulo 15, de la Norma 1618-98.

En la columna 1: $F_{cr} = 1389 \text{ kg/cm}^2$

$N_t = 25274 \text{ kg}$

$\Phi N_t = 21483 \text{ kg}$

- Resistencia a compresión por pandeo torsional o flexotorsional

La resistencia minorada por pandeo flexional de los miembros comprimidos será ΦN_t , donde $\Phi = 0,85$. Por su parte, F_{cr} se calcula de la misma manera que en el caso anterior, pero sustituyendo λ_c por λ_e .

$$\lambda_e = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (\text{Ecuación 15-7})$$

En la columna 1: $F_{cr} = 2183 \text{ kg/cm}^2$

$N_t = 39733 \text{ kg}$

$\Phi N_t = 33773 \text{ kg}$

En las tablas que se presentan a continuación se observan los resultados obtenidos, del análisis realizado a la estructura original, a través de los parámetros de diseño especificados en la Norma COVENIN 1618-98, Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites, para miembros sometidos a compresión, flexión, etc.

En la Tabla II.6 se presentan las correas, con la nomenclatura introducida en el STAAD.Pro 2004, revisadas de acuerdo al capítulo 16 de la Norma 1618-98. Así mismo, en la Tabla II.7 se presenta la revisión de las vigas de carga de acuerdo al capítulo antes señalado, por cedencia, flexotorsión y corte, y en la Tabla II.8 se presenta la revisión de las columnas de acuerdo al capítulo 15 de la Norma 1618-98, por esbeltez, pandeo flexional y pandeo flexotorsional.

Tabla II.6 – Revisión de las Correas de la estructura original.

	Barra	Mz kg-m	Cedencia	Flexotorsión	Corte		Barra	Mz kg-m	Cedencia	Flexotorsión	Corte
COREAS DE ENTREPISO	211	636.383	Cumple	Cumple	Cumple	COREAS DE TECHO	265	249.359	Cumple	Cumple	Cumple
	212	1653.102	No cumple	No cumple	Cumple		266	559.136	Cumple	No cumple	Cumple
	213	1753.183	No cumple	No cumple	Cumple		267	871.549	Cumple	No cumple	Cumple
	214	1752.918	No cumple	No cumple	Cumple		268	895.096	No cumple	No cumple	Cumple
	215	1376.708	No cumple	No cumple	Cumple		269	893.676	No cumple	No cumple	Cumple
	216	1748.829	No cumple	No cumple	Cumple		270	774.428	Cumple	No cumple	Cumple
	217	1764.182	No cumple	No cumple	Cumple		271	868.528	Cumple	No cumple	Cumple
	218	1721.032	No cumple	No cumple	Cumple		272	899.377	No cumple	No cumple	Cumple
	219	868.701	Cumple	Cumple	Cumple		273	877.19	Cumple	No cumple	Cumple
	220	96.816	Cumple	No cumple	Cumple		274	639.504	Cumple	No cumple	Cumple
	221	177.061	Cumple	No cumple	Cumple		275	879.875	Cumple	No cumple	Cumple
	222	1128.717	No cumple	No cumple	Cumple		276	890.421	No cumple	No cumple	Cumple
	223	143.883	Cumple	No cumple	Cumple		277	710.012	Cumple	No cumple	Cumple
	224	149.92	Cumple	No cumple	Cumple		278	874.774	Cumple	No cumple	Cumple
	225	559.831	Cumple	Cumple	Cumple		279	899.182	No cumple	No cumple	Cumple
	226	628.314	Cumple	Cumple	Cumple		280	773.934	Cumple	No cumple	Cumple
	227	1650.709	No cumple	No cumple	Cumple		281	443.643	Cumple	Cumple	Cumple
	228	1753.62	No cumple	No cumple	Cumple		282	249.359	Cumple	Cumple	Cumple
	229	1752.816	No cumple	No cumple	Cumple		283	559.136	Cumple	No cumple	Cumple
	230	1376.716	No cumple	No cumple	Cumple		284	871.549	Cumple	No cumple	Cumple
	231	1747.967	No cumple	No cumple	Cumple		285	895.096	No cumple	No cumple	Cumple
	232	1768.252	No cumple	No cumple	Cumple		286	893.676	No cumple	No cumple	Cumple
	233	1700.301	No cumple	No cumple	Cumple		287	774.428	Cumple	No cumple	Cumple
	234	519.673	Cumple	Cumple	Cumple		288	868.528	Cumple	No cumple	Cumple
	235	619.917	Cumple	Cumple	Cumple		289	899.377	No cumple	No cumple	Cumple
	236	1649.661	No cumple	No cumple	Cumple		290	877.19	Cumple	No cumple	Cumple
	237	1753.38	No cumple	No cumple	Cumple		291	639.504	Cumple	No cumple	Cumple
	238	1752.647	No cumple	No cumple	Cumple		292	879.875	Cumple	No cumple	Cumple
	239	1376.717	No cumple	No cumple	Cumple		293	890.421	No cumple	No cumple	Cumple
	240	1747.958	No cumple	No cumple	Cumple		294	710.012	Cumple	No cumple	Cumple
	241	1767.086	No cumple	No cumple	Cumple		295	874.774	Cumple	No cumple	Cumple
	242	1745.583	No cumple	No cumple	Cumple		296	899.182	No cumple	No cumple	Cumple
	243	1511.336	No cumple	No cumple	Cumple		297	773.934	Cumple	No cumple	Cumple
	244	1781.674	No cumple	No cumple	Cumple		298	443.643	Cumple	Cumple	Cumple
	245	1755.058	No cumple	No cumple	Cumple		299	30.663	Cumple	Cumple	Cumple
	246	1402.541	No cumple	No cumple	Cumple		300	86.854	Cumple	Cumple	Cumple
	247	1767.586	No cumple	No cumple	Cumple		301	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	248	1763.949	No cumple	No cumple	Cumple		302	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	249	697.377	Cumple	Cumple	Cumple		303	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	250	619.917	Cumple	Cumple	Cumple		304	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	251	1649.661	No cumple	No cumple	Cumple		305	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	252	1753.38	No cumple	No cumple	Cumple		306	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	253	1752.647	No cumple	No cumple	Cumple		307	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	254	1376.717	No cumple	No cumple	Cumple		308	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	255	1747.958	No cumple	No cumple	Cumple		309	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	256	1767.086	No cumple	No cumple	Cumple		310	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	257	1745.583	No cumple	No cumple	Cumple		311	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	258	1511.336	No cumple	No cumple	Cumple		312	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	259	1781.674	No cumple	No cumple	Cumple		313	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	260	1755.058	No cumple	No cumple	Cumple		314	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
	261	1402.541	No cumple	No cumple	Cumple		315	57.495	Cumple	Cumple	Cumple
	262	1767.586	No cumple	No cumple	Cumple		316	30.663	Cumple	Cumple	Cumple
	263	1763.949	No cumple	No cumple	Cumple		317	86.854	Cumple	Cumple	Cumple
	264	697.377	Cumple	Cumple	Cumple		318	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							319	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							320	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							321	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							322	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							323	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							324	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							325	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							326	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							327	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							328	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							329	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							330	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							331	113.685	Cumple	Cumple	Cumple
							332	57.497	Cumple	Cumple	Cumple

Mz: Momento máximo en la barra, luego del estudio de todos los casos de carga.

Tabla II.7 – Revisión de las Vigas de la estructura original.

Viga	Mz (Kg.-m)	Corte (Kg.)	Cedencia	Flexotorsión	Corte
A-1-1-2	1738.704	4323.372	Cumple	Cumple	Cumple
A-1-2-3	1506.163	2538.214	Cumple	Cumple	Cumple
A-1-3-4	1082.453	3283.387	Cumple	Cumple	Cumple
A-1-4-5	1028.389	3624.885	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-0-1	395.063	1676.39	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-1-2	1487.95	3273.693	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-2-3	1219.203	2127.356	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-3-4	868.46	3067.916	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-4-5	913.698	2677.174	Cumple	Cumple	Cumple
A-2-5-6	396.06	668.167	Cumple	Cumple	Cumple
B-S-1-2	1738.474	4323.115	Cumple	Cumple	Cumple
B-S-2-3	1508.938	2544.049	Cumple	Cumple	Cumple
B-S-3-4	1381.44	4006.213	Cumple	Cumple	Cumple
B-S-4-5	1315.548	4252.14	Cumple	Cumple	Cumple
B-1-1-2	5370.665	11862.785	No cumple	No cumple	Cumple
B-1-2-3	4724.134	7928.739	No cumple	No cumple	Cumple
B-1-3-4	3284.573	9243.372	Cumple	Cumple	Cumple
B-1-4-5	3137.387	9628.828	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-0-1	651.356	2031.013	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-1-2	2858.434	5381.35	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-2-3	2458.388	4226.732	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-3-4	1572.53	3976.482	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-4-5	1665.357	4136.78	Cumple	Cumple	Cumple
B-2-5-6	788.781	1322.634	Cumple	Cumple	Cumple
C-S-1-2	5371.174	11863.327	No cumple	No cumple	Cumple
C-S-2-3	4734.017	8806.112	No cumple	No cumple	Cumple
C-S-3-4	1381.44	4006.213	Cumple	Cumple	Cumple
C-S-4-5	1315.548	4252.14	Cumple	Cumple	Cumple
C-1-1-2	1738.704	4323.372	Cumple	Cumple	Cumple
C-1-2-3	1506.163	2538.214	Cumple	Cumple	Cumple
C-1-3-4	1082.453	3283.387	Cumple	Cumple	Cumple
C-1-4-5	1028.388	3624.885	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-0-1	395.063	1676.39	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-1-2	1487.95	3273.693	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-2-3	1219.203	2127.356	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-3-4	868.460	3067.916	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-4-5	913.698	2677.174	Cumple	Cumple	Cumple
C-2-5-6	396.065	668.175	Cumple	Cumple	Cumple
D-S-1-2	1773.056	4354.871	Cumple	Cumple	Cumple
D-S-2-3	1566.096	3372.891	Cumple	Cumple	Cumple

Nota: la viga A-1-1-2, es la viga contenida en el pórtico A, del piso 1 y que parte del pórtico 1 y culmina en el pórtico 2. Mz y Corte, son los momentos y cortes máximos aplicados en cada miembro, tomando en cuenta todos los casos de carga.

Tabla II.8 – Revisión de las Columnas de la estructura original.

Barra	Fx (kg)	Esbeltez	Pandeo Flexional	Pandeo Flexotorsional
1	7201	No cumple	No cumple	Cumple
2	7216	No cumple	No cumple	Cumple
3	7230	No cumple	No cumple	Cumple
4	7242	No cumple	No cumple	Cumple
5	7253	No cumple	No cumple	Cumple
6	13975	No cumple	No cumple	Cumple
7	13991	No cumple	No cumple	Cumple
8	14004	No cumple	No cumple	Cumple
9	14016	No cumple	No cumple	Cumple
10	14028	No cumple	No cumple	Cumple
11	21437	No cumple	No cumple	Cumple
12	21453	No cumple	No cumple	Cumple
13	21467	No cumple	No cumple	Cumple
14	14561	No cumple	No cumple	Cumple
15	13852	No cumple	No cumple	Cumple
16	13198	No cumple	No cumple	Cumple
17	12652	No cumple	No cumple	Cumple
18	12107	No cumple	No cumple	Cumple
19	14561	No cumple	No cumple	Cumple
20	13852	No cumple	No cumple	Cumple
21	13198	No cumple	No cumple	Cumple
22	12652	No cumple	No cumple	Cumple
23	12107	No cumple	No cumple	Cumple
24	14561	No cumple	No cumple	Cumple
25	13852	No cumple	No cumple	Cumple
26	13198	No cumple	No cumple	Cumple
27	12652	No cumple	No cumple	Cumple
28	12107	No cumple	No cumple	Cumple
29	6375	No cumple	Cumple	Cumple
30	6064	No cumple	Cumple	Cumple
31	5777	No cumple	Cumple	Cumple
32	5537	No cumple	Cumple	Cumple
33	5297	No cumple	Cumple	Cumple
34	5229	No cumple	Cumple	Cumple
35	4974	No cumple	Cumple	Cumple
36	4739	No cumple	Cumple	Cumple
37	4543	No cumple	Cumple	Cumple
38	4347	No cumple	Cumple	Cumple
39	6375	No cumple	Cumple	Cumple
40	6064	No cumple	Cumple	Cumple
41	5777	No cumple	Cumple	Cumple
42	5537	No cumple	Cumple	Cumple
43	5297	No cumple	Cumple	Cumple

Nota: El valor de Fx representa la máxima fuerza axial actuante en cada columna.

De los resultados obtenidos se puede decir que tanto las correas de techo como las de entrepiso resisten la acción del corte, sin embargo, un 61% no resiste el efecto de flexotorsión y un 42% no es capaz de resistir el efecto de cedencia. A diferencia de las vigas, en las que sólo cuatro, de un total de cuarenta (10%), no resisten los efectos de flexotorsión y cedencia. Por su parte ninguna de las 43 columnas cumple con la esbeltez máxima permitida de 200 (Capítulo 15.2.2. Norma COVENIN 1618-98) y un 65% no cumple con el pandeo flexional. El efecto de flexotorsión no resulta un problema en las columnas, ya que la totalidad de ellas cumple con los parámetros establecidos. A nivel global, se tiene que de los 337 elementos integrantes del modelo de la estructura en el STAAD.Pro 2004, 119 presentan deficiencias, es decir, el 35% de los miembros no se ajustan a la norma.

De los resultados obtenidos se puede decir que es necesario reforzar y modificar la estructura para darle mayor estabilidad. Dentro de las opciones se tienen:

1. A nivel de las columnas, es posible disminuir la longitud no arriostrada para aumentar su resistencia, colocar arriostramientos excéntricos o concéntricos para disminuir la desplazabilidad lateral de la estructura y/o reforzar los perfiles de las columnas para darles rigidez en la dirección menos favorecida.
2. A nivel de las vigas de carga, es posible colocar cartelas en las zonas donde los momentos sean muy altos.

3. A nivel de las correas, las soluciones planteadas son, disminuir la carga permanente empleando materiales alternos, disminuir la separación entre ellas y/o hacer que los perfiles de acero trabajen en conjunto con el concreto a través de la acción mixta.
4. A nivel general, la disminución del peso favorecería al conjunto estructural en su totalidad, ya que permitiría tener menor deflexión en las correas y vigas de carga, además de disminuir considerablemente la carga sobre las columnas.

CAPÍTULO III. ESTRUCTURA REFORZADA.

III.1. Las Estructuras de Acero y sus refuerzos

Las estructuras de acero al igual que las de concreto armado, deben diseñarse y reforzarse en caso de ser necesario, con base en un conjunto de reglas definidas en las Normas COVENIN 1618-1998 y por la 1756-2001, que se fundamenta en el método de diseño de los Estados Límites, que establece fórmulas para la verificación de la resistencia, rigidez, proporciones y otros criterios que pueden gobernar la aceptabilidad del miembro.

III.1.1. Tipos de Refuerzo

Según la Norma COVENIN 1618-98, un pórtico arriostrado es aquel en el cual la resistencia a las cargas laterales o a la inestabilidad se suministra por medio de diagonales, sistemas de arriostramientos en forma V o Λ u otros sistemas auxiliares.

1) Arriostramientos concéntricos.

En la Norma COVENIN 1618-98 de *“Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites”*, un pórtico con arriostramientos concéntricos es aquel en el cual todos los miembros del sistema de arriostramiento están sometidos fundamentalmente a fuerzas normales (ver Figura III.18). Entre los arriostramientos concéntricos tenemos:

- ✓ *Pórticos con arriostramientos en V*: son pórticos con arriostramientos concéntricos en el cual el par de arriostramientos diagonales dispuestos por encima o por debajo una viga se conectan en un mismo punto dentro de la luz libre de la viga. Cuando las diagonales intersectan a la viga desde arriba, el arriostramiento se designa como de arriostramientos en V invertida.
- ✓ *Pórticos con arriostramientos en X*: son pórticos que se cruzan cerca de la mitad de la longitud de los arriostramientos. También se les conoce con el nombre de pórticos con cruces de San Andrés ⁽³⁾.

ARRIOSTRAMIENTOS CONCÉNTRICOS

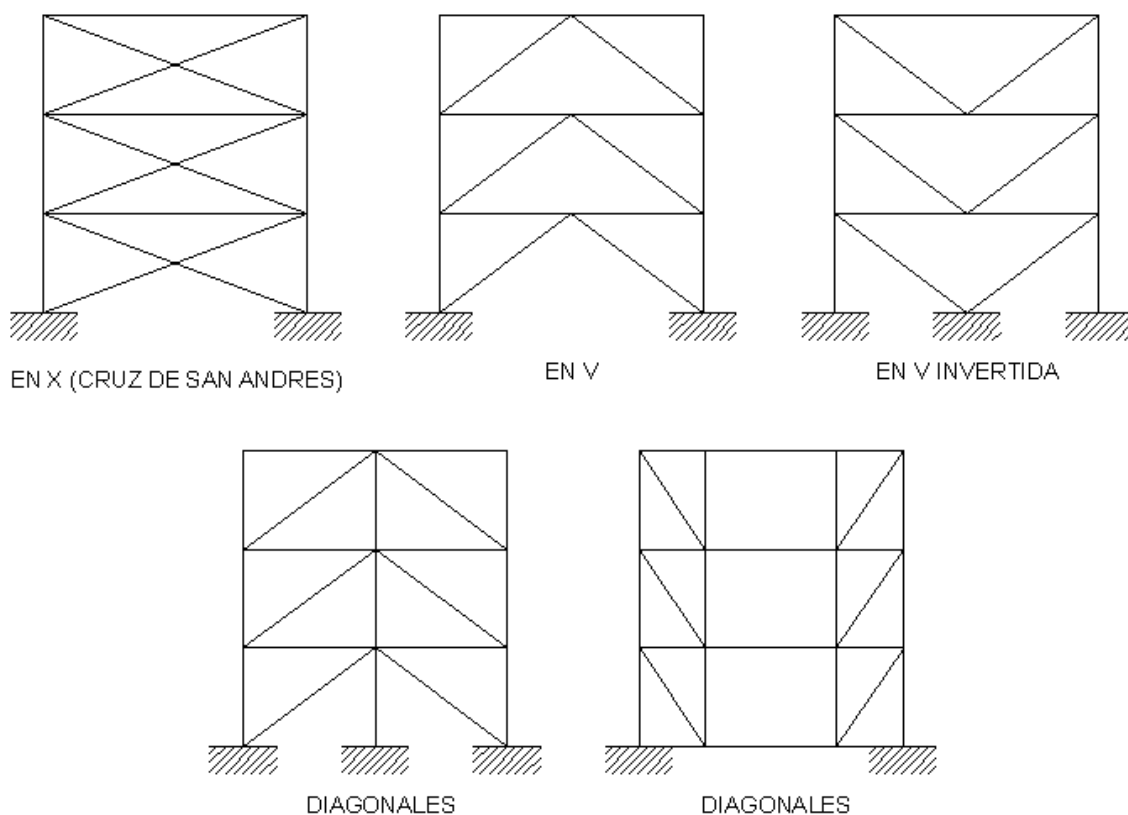


Figura III.18. Pórticos con arriostramientos concéntricos. Fuente: Norma COVENIN

1618-98.

2) Arriostramientos excéntricos.

Según la Norma COVENIN 1618-98 arriostramientos excéntricos son pórticos arriostrados mediante diagonales en el que por lo menos un extremo de cada arriostramiento está conectado a la viga a una corta distancia de una conexión viga - columna o de otra conexión viga - arriostramiento.

Las investigaciones han demostrado que edificaciones que usan pórticos con arriostramientos excéntricos poseen la capacidad de combinar una alta rigidez en el rango elástico conjuntamente con una excelente ductilidad y disipación de energía en el rango inelástico (ver Figura III.19). Entre estos tenemos:

- ✓ *Pórticos con arriostramientos en Y:* que son pórticos con arriostramientos excéntricos en el cual el alma de la Y es la viga eslabón del sistema de arriostramiento con diagonales excéntricas ⁽³⁾.

ARRIOSTRAMIENTOS EXCÉNTRICOS

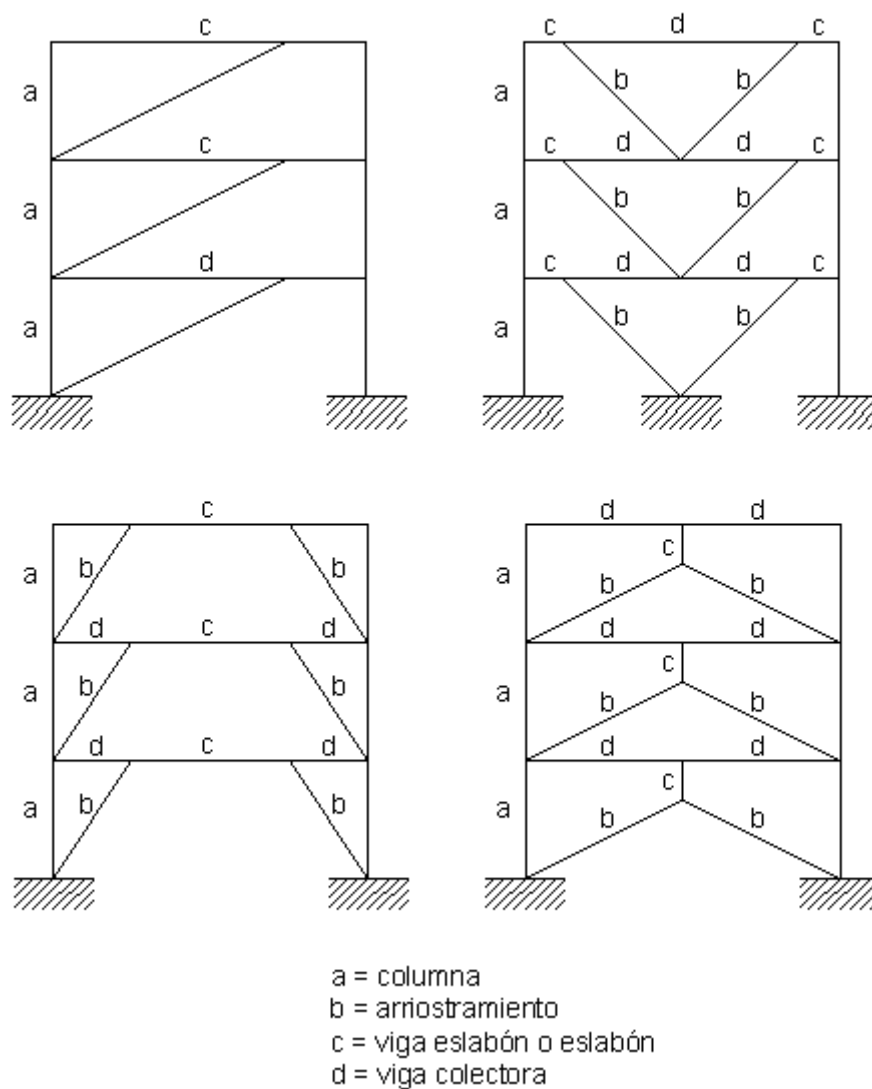


Figura III.19. Configuraciones típicas de pórticos con diagonales excéntricas. Fuente: Norma COVENIN 1618-98.

III.2. Resultados y Análisis de las Estructuras Reforzadas.

Esta etapa del trabajo se divide en dos partes. La primera parte consta de cuatro modelos estructurales, cada uno con un tipo de refuerzo diferente, con la finalidad de observar los beneficios de cada refuerzo de manera individual. La primera estructura modelada cuenta con diagonales concéntricas; la segunda, con cruces de San Andrés; la tercera, con cartelas en las vigas de carga y, la cuarta, con refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna. En la segunda parte se presentan dos alternativas estructurales completamente reforzadas y ajustadas a la normativa vigente, donde se hace uso de algunos de los refuerzos estudiados en la parte anterior, además de otros refuerzos adicionales necesarios. Para el estudio de todos los modelos se empleó el programa STAAD.Pro 2004. De éste análisis se obtuvieron datos que al ser procesados en hojas de cálculo, permitieron verificar parámetros establecidos en la Norma COVENIN 1618-98, como lo son la flecha máxima permitida, la deriva y la resistencia de los elementos. Finalmente se seleccionará el refuerzo más adecuado entre los dos modelos presentados, de acuerdo al costo y a la funcionalidad.

III.2.1 Estructuras con Refuerzos de Prueba

A continuación se presentan cuatro modelos estructurales de prueba, con la finalidad estudiar el comportamiento de la estructura original, ante los diferentes tipos de refuerzos empleados:

1. Diagonales concéntricas
2. Cruces de San Andrés
3. Cartelas en las vigas de carga
4. Refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna

III.2.1.1 Estructura Reforzada con Diagonales Concéntricas

Para estudiar el comportamiento y los beneficios de las diagonales en la estructura original, estas se colocaron en lugares donde se afectó en menor medida la arquitectura. Todas las diagonales se colocaron en la dirección Z, por ser la afectada en materia de desplazabilidad ante un evento sísmico. Se colocaron dos diagonales por cada piso de cada pórtico (a excepción del pórtico D donde se colocó una sola diagonal), siempre con direcciones alternadas, con la finalidad de aumentar la efectividad ante sismos en cualquiera de los dos sentidos (ver Figura III.20). Las diagonales suman un total de diecisiete unidades, 7 de 3.75 m de longitud, 8 de 4.10 m, 1 de 4.20 y 1 de 4.50; sumando un total de 67.75 m de perfil requeridos. El perfil utilizado para las diagonales es el IPN100.

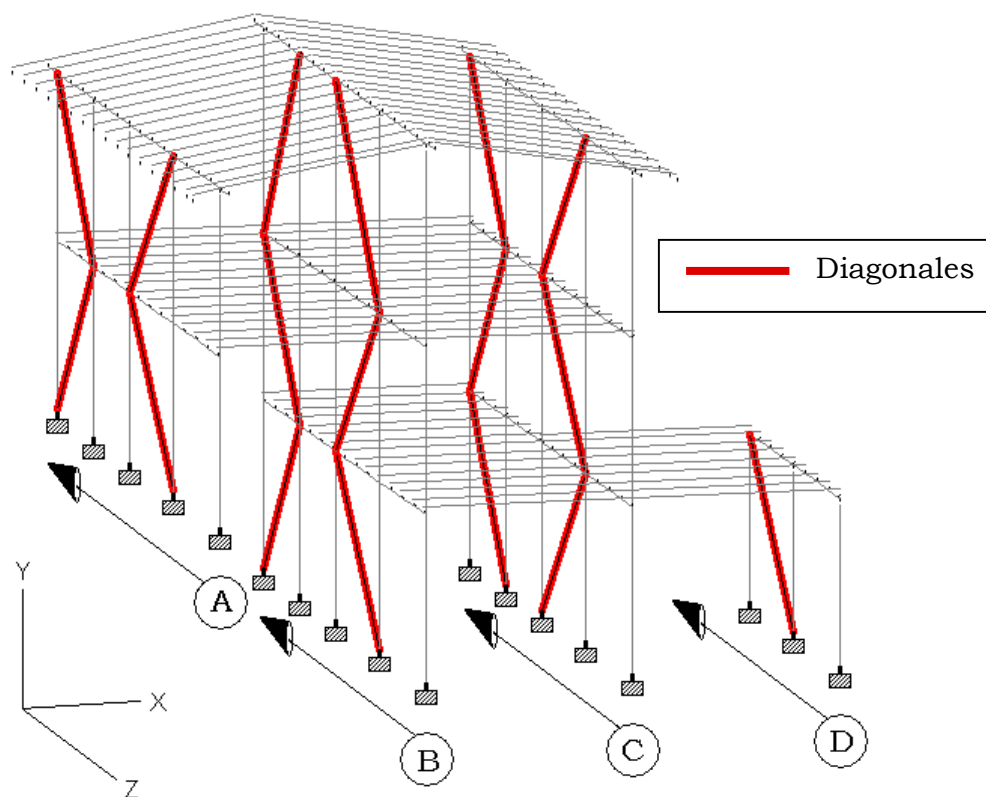


Figura III.20. Disposición de las diagonales en la estructura original.

A partir de los desplazamientos de los nodos, arrojados por el programa STAAD.Pro 2004, se hizo posible el cálculo de la deriva. En la Tabla III.9 se presentan los resultados del cálculo para las direcciones X y Z. Es importante destacar que las diagonales colocadas logran reducir considerablemente los desplazamientos en dirección Z. Ante un sismo en esta dirección, la deriva se logró llevar a cero, por lo cual se comprueba que las diagonales resultan efectivas para reducir la desplazabilidad de la estructura. La deriva calculada en las direcciones X y Z para la estructura reforzada, en ninguno de los casos excedió el máximo establecido por la Norma COVENIN 1756-01, por lo tanto al emplear las diagonales en la estructura original se logra la estabilidad necesaria para evitar desplazamientos mayores a los permitidos.

El cálculo de la flecha máxima admisible, en vigas de carga, se realizó considerando la expresión de $L/360$; en correas de entrepiso, se consideró la expresión de $L/300$, mientras que para correas de techo, se consideró la expresión $L/240$ (Norma COVENIN 1618-98-C). En la tabla III.10, ninguna de las vigas de carga supera el valor de la deflexión máxima admisible. Sin embargo, al revisar las correas, se observa que las mismas cuatro que no cumplían con la deflexión máxima permisible en la estructura original, siguen sin cumplir en la estructura reforzada. Como era de esperar, no se logró ningún resultado favorable al reforzar por medio de diagonales, es por esto que no resulta ser la solución en esta materia. En caso de excederse la flecha admisible, se debe buscar otra alternativa que sí resulte efectiva, como las cartelas por ejemplo.

Tabla III.9 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Diagonales en las direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON DIAGONALES											
CASO DE CARGA						DIRECCIÓN					
4 SX						X					
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.003	2.80	1	Cumple				
9	9	27	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.001	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.004	2.80	1	Cumple				
14	14	32	0.000	0.011	2.80	4	Cumple				
15	15	33	0.000	0.011	2.80	4	Cumple				
16	16	34	0.000	0.010	2.80	4	Cumple				
17	17	35	0.000	0.010	2.80	4	Cumple				
18	18	36	0.000	0.010	2.80	3	Cumple				
19	19	37	0.000	0.011	2.80	4	Cumple				
20	20	38	0.000	0.011	2.80	4	Cumple				
21	21	39	0.000	0.010	2.80	4	Cumple				
22	22	40	0.000	0.010	2.80	4	Cumple				
23	23	41	0.000	0.010	2.80	3	Cumple				
24	24	42	0.001	0.011	2.80	4	Cumple				
25	25	43	0.001	0.011	2.80	3	Cumple				
26	26	44	0.003	0.010	2.80	3	Cumple				
27	27	45	0.001	0.010	2.80	3	Cumple				
28	28	46	0.001	0.010	2.80	3	Cumple				
29	29	47	0.011	0.015	2.80	1	Cumple				
30	30	48	0.011	0.014	2.80	1	Cumple				
31	31	49	0.010	0.014	2.80	1	Cumple				
32	32	50	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				
33	33	51	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				
34	34	52	0.011	0.015	2.80	1	Cumple				
35	35	53	0.011	0.014	2.80	1	Cumple				
36	36	54	0.010	0.014	2.80	1	Cumple				
37	37	55	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				
38	38	56	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				
39	39	57	0.011	0.015	2.80	1	Cumple				
40	40	58	0.011	0.014	2.80	1	Cumple				
41	41	59	0.010	0.014	2.80	1	Cumple				
42	42	60	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				
43	43	61	0.010	0.013	2.80	1	Cumple				

CASO DE CARGA						DIRECCIÓN					
5 SZ						Z					
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
14	14	32	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
15	15	33	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
16	16	34	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
17	17	35	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
18	18	36	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
19	19	37	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
20	20	38	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
21	21	39	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
22	22	40	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
23	23	41	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
24	24	42	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
25	25	43	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
26	26	44	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
27	27	45	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
28	28	46	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
29	29	47	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
30	30	48	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
31	31	49	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
32	32	50	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
33	33	51	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
34	34	52	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
35	35	53	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
36	36	54	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
37	37	55	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
38	38	56	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
39	39	57	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
40	40	58	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
41	41	59	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
42	42	60	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
43	43	61	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				

Tabla III.10 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Diagonales para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON DIAGONALES											
CASO DE CARGA				BARRA				CASO DE CARGA			
2 CV				CORREAS				2 CV			
								BARRA			
								VIGAS			
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.002	0.0117	Cumple	252	0.006	0.0117	Cumple	293	0.004	0.0148	Cumple
212	0.006	0.0117	Cumple	253	0.006	0.0117	Cumple	294	0.002	0.0148	Cumple
213	0.006	0.0117	Cumple	254	0.003	0.0117	Cumple	295	0.003	0.0148	Cumple
214	0.006	0.0117	Cumple	255	0.005	0.0117	Cumple	296	0.004	0.0148	Cumple
215	0.005	0.0117	Cumple	256	0.006	0.0117	Cumple	297	0.003	0.0148	Cumple
216	0.006	0.0117	Cumple	257	0.005	0.0117	Cumple	298	0.002	0.0148	Cumple
217	0.006	0.0117	Cumple	258	0.004	0.0117	Cumple	299	0.000	0.0025	Cumple
218	0.006	0.0117	Cumple	259	0.006	0.0117	Cumple	300	0.000	0.0025	Cumple
219	0.010	0.0117	Cumple	260	0.005	0.0117	Cumple	301	0.000	0.0025	Cumple
220	0.013	0.0117	No Cumple	261	0.004	0.0117	Cumple	302	0.000	0.0025	Cumple
221	0.013	0.0117	No Cumple	262	0.006	0.0117	Cumple	303	0.000	0.0025	Cumple
222	0.008	0.0117	Cumple	263	0.006	0.0117	Cumple	304	0.000	0.0025	Cumple
223	0.013	0.0117	No Cumple	264	0.002	0.0117	Cumple	305	0.000	0.0025	Cumple
224	0.013	0.0117	No Cumple	265	0.001	0.0148	Cumple	306	0.000	0.0025	Cumple
225	0.005	0.0117	Cumple	266	0.002	0.0148	Cumple	307	0.000	0.0025	Cumple
226	0.002	0.0117	Cumple	267	0.003	0.0148	Cumple	308	0.000	0.0025	Cumple
227	0.006	0.0117	Cumple	268	0.004	0.0148	Cumple	309	0.000	0.0025	Cumple
228	0.006	0.0117	Cumple	269	0.004	0.0148	Cumple	310	0.000	0.0025	Cumple
229	0.006	0.0117	Cumple	270	0.003	0.0148	Cumple	311	0.000	0.0025	Cumple
230	0.005	0.0117	Cumple	271	0.003	0.0148	Cumple	312	0.000	0.0025	Cumple
231	0.006	0.0117	Cumple	272	0.004	0.0148	Cumple	313	0.000	0.0025	Cumple
232	0.006	0.0117	Cumple	273	0.003	0.0148	Cumple	314	0.000	0.0025	Cumple
233	0.005	0.0117	Cumple	274	0.002	0.0148	Cumple	315	0.000	0.0025	Cumple
234	0.004	0.0117	Cumple	275	0.003	0.0148	Cumple	316	0.000	0.0025	Cumple
235	0.002	0.0117	Cumple	276	0.004	0.0148	Cumple	317	0.000	0.0025	Cumple
236	0.005	0.0117	Cumple	277	0.002	0.0148	Cumple	318	0.000	0.0025	Cumple
237	0.006	0.0117	Cumple	278	0.003	0.0148	Cumple	319	0.000	0.0025	Cumple
238	0.006	0.0117	Cumple	279	0.004	0.0148	Cumple	320	0.000	0.0025	Cumple
239	0.003	0.0117	Cumple	280	0.003	0.0148	Cumple	321	0.000	0.0025	Cumple
240	0.005	0.0117	Cumple	281	0.002	0.0148	Cumple	322	0.000	0.0025	Cumple
241	0.006	0.0117	Cumple	282	0.001	0.0148	Cumple	323	0.000	0.0025	Cumple
242	0.005	0.0117	Cumple	283	0.002	0.0148	Cumple	324	0.000	0.0025	Cumple
243	0.004	0.0117	Cumple	284	0.003	0.0148	Cumple	325	0.000	0.0025	Cumple
244	0.006	0.0117	Cumple	285	0.004	0.0148	Cumple	326	0.000	0.0025	Cumple
245	0.005	0.0117	Cumple	286	0.004	0.0148	Cumple	327	0.000	0.0025	Cumple
246	0.004	0.0117	Cumple	287	0.003	0.0148	Cumple	328	0.000	0.0025	Cumple
247	0.006	0.0117	Cumple	288	0.003	0.0148	Cumple	329	0.000	0.0025	Cumple
248	0.006	0.0117	Cumple	289	0.004	0.0148	Cumple	330	0.000	0.0025	Cumple
249	0.002	0.0117	Cumple	290	0.003	0.0148	Cumple	331	0.000	0.0025	Cumple
250	0.002	0.0117	Cumple	291	0.002	0.0148	Cumple	332	0.000	0.0025	Cumple
251	0.005	0.0117	Cumple	292	0.003	0.0148	Cumple				

Al revisar la estructura reforzada con diagonales, mediante la aplicación de diseño del programa STAAD.Pro 2004, se encuentran un total de 178 barras deficientes de un total de 354, lo que representa un 50.3% del total de elementos. Cabe destacar que sólo 4 de las 43 columnas cumplen con la revisión, lo que indica que más del 90% de las columnas requieren refuerzo porque siguen teniendo problemas serios de esbeltez y/o resistencia. Por otra parte, es de notar que ninguno de los perfiles utilizados para las diagonales cumplió con la revisión del programa, lo cual indica que el IPN100 es un tamaño inadecuado si se deciden utilizar para reforzar la estructura definitiva por medio de diagonales. En la Figura III.21, se pueden observar resaltados los elementos que aprueban la revisión del STAAD.Pro 2004, entre los cuales destacan unas pocas columnas, la gran mayoría de las vigas de carga y los perfiles de los aleros.

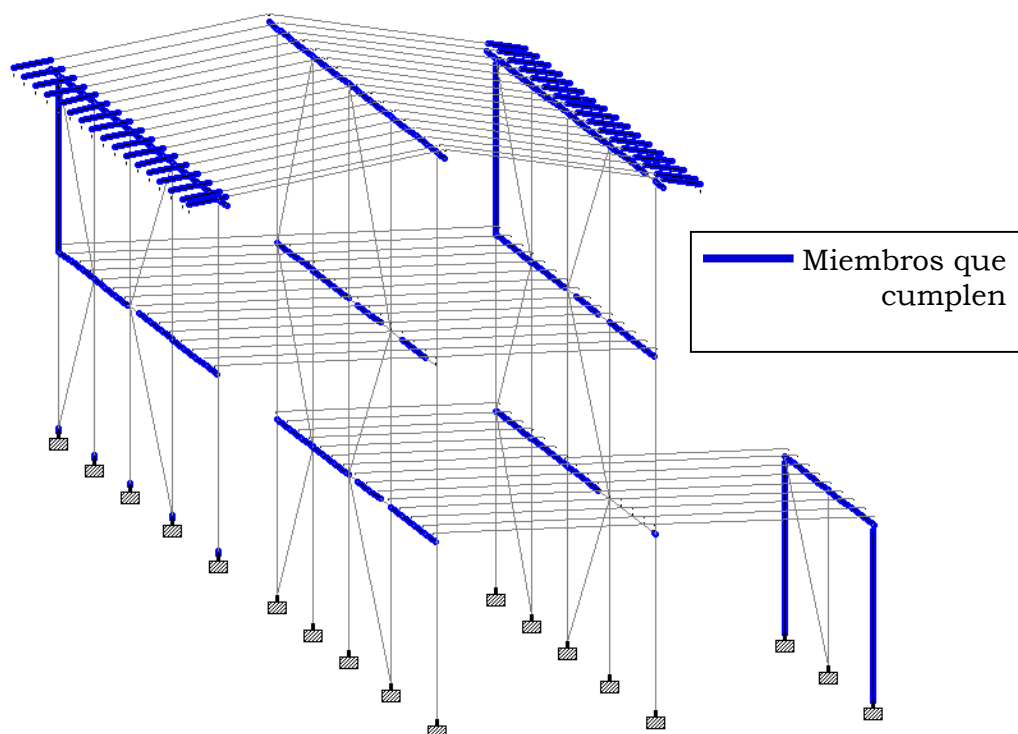


Figura III.21. Miembros de la estructura reforzada con diagonales, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.

III.2.1.2 Estructura reforzada con Cruces de San Andrés

Con la finalidad de estudiar la funcionalidad y los aspectos favorables de las Cruces de San Andrés en la estructura original, se colocaron un total de 17 cruces en los mismos lugares donde se colocaron las diagonales de la estructura anterior, ya que allí no se perjudica considerablemente la arquitectura. Todas las cruces, al igual que en el caso anterior, se colocaron en la dirección Z, por ser la que tiene problemas de desplazabilidad. Se colocaron dos cruces por cada piso de cada pórtico, a excepción del pórtico D donde se colocó una sola cruz (ver Figura III.22). Las cruces suman un total de diecisiete, o lo que es lo mismo, existen 34 diagonales, 14 de 3.75 m de longitud, 16 de 4.10 m, 2 de 4.20 y 2 de 4.50; sumando un total de 135.5m de perfil requeridos. El perfil utilizado para las cruces es el IPN100.

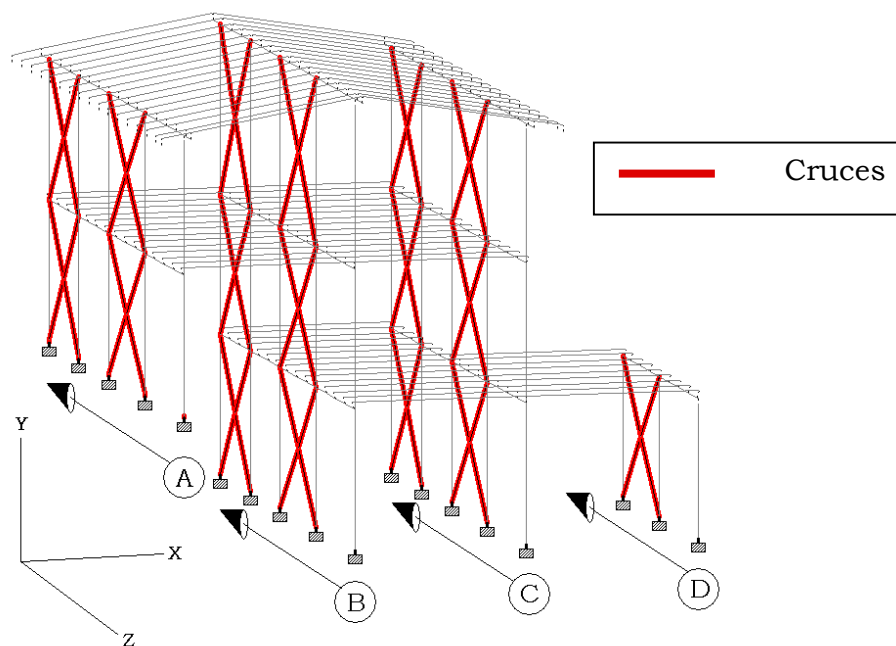


Figura III.22. Disposición de las Cruces de San Andrés en la estructura original.

En la Tabla III.11 se presentan los resultados del cálculo de la deriva para las direcciones X y Z. Es importante destacar que, al igual que las diagonales, las cruces de San Andrés logran reducir los desplazamientos en dirección Z, a valores ínfimos, por lo cual se comprueba que las cruces resultan muy efectivas para reducir la desplazabilidad de la estructura. La deriva calculada, en ninguna de las direcciones, excedió el máximo establecido por la norma; por lo tanto las Cruces de San Andrés, permiten dar a la estructura original la estabilidad requerida ante un sismo.

El cálculo de la flecha máxima admisible en vigas de carga, correas de entrepiso y correas de techo de la estructura con Cruces de San Andrés, puede ser apreciado en la Tabla III.12. Todos los elementos cumplen con las deflexiones máximas admisibles, a excepción de las cuatro correas que fallan en la estructura original y en la reforzada con diagonales. Por lo tanto, se determina la ineficiencia de las cruces en cuestión de deflexión y resulta recomendable buscar otra alternativa en el caso de las correas donde se excede la flecha máxima admisible.

Del diseño realizado en el programa STAAD.Pro 2004, se obtuvo un total de 197 barras deficientes, lo cual representa un 49 % del total de 405 elementos. Resulta importante destacar que sólo 2 de las 43 columnas cumplen con la revisión, lo que indica que más del 95% de las columnas requieren refuerzo. Por otra parte, es de notar que 13 de las 17 cruces funcionan perfectamente con el perfil IPN100. De las otras 4 funcionan 2 no funcionan y 2 a medias; es decir, que solo cumple con la revisión de una de las diagonales que la forman, mientras la otra diagonal no lo hace. En la Figura III.23, se pueden observar remarcados los elementos que aprueban la revisión del STAAD.Pro 2004, entre los cuales destacan sólo

dos de las columnas, la gran mayoría de las vigas de carga, los perfiles de los aleros y el 80% de las cruces.

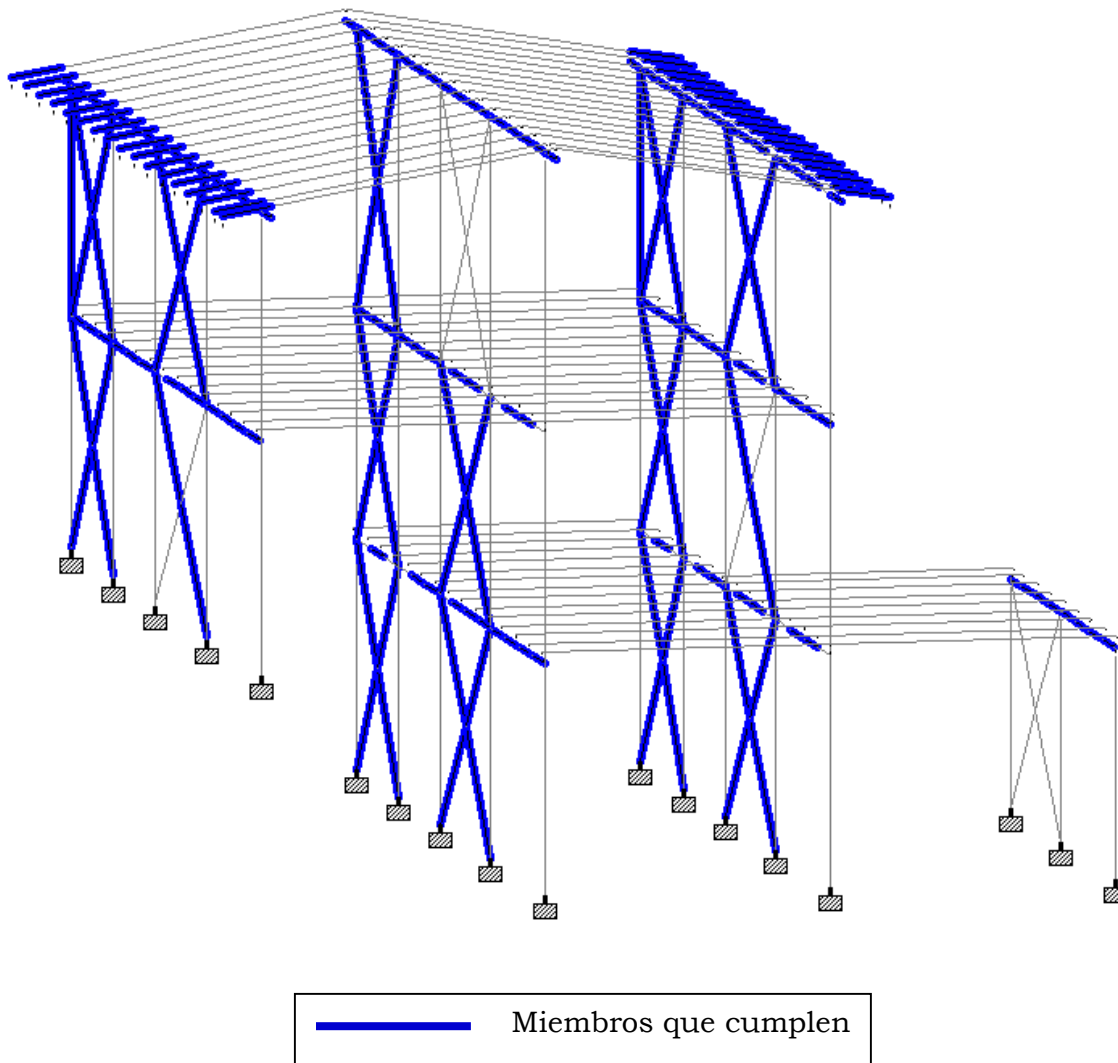


Figura III.23. Miembros de la estructura reforzada con Cruces de San Andrés, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.

Tabla III.11 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Cruces de San Andrés en las direcciones X y Z.

CALCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON CRUCES DE SAN ANDRÉS											
CASO DE CARGA						DIRECCIÓN					
4 SX						X					
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
14	14	32	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
15	15	33	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
16	16	34	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
17	17	35	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
18	18	36	0.000	0.007	2.80	3	Cumple				
19	19	37	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
20	20	38	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
21	21	39	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
22	22	40	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
23	23	41	0.000	0.007	2.80	3	Cumple				
24	24	42	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
25	25	43	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
26	26	44	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
27	27	45	0.000	0.008	2.80	3	Cumple				
28	28	46	0.000	0.007	2.80	3	Cumple				
29	29	47	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
30	30	48	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
31	31	49	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
32	32	50	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
33	33	51	0.007	0.010	2.80	1	Cumple				
34	34	52	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
35	35	53	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
36	36	54	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
37	37	55	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
38	38	56	0.007	0.010	2.80	1	Cumple				
39	39	57	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
40	40	58	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
41	41	59	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
42	42	60	0.008	0.011	2.80	1	Cumple				
43	43	61	0.007	0.010	2.80	1	Cumple				

CASO DE CARGA						DIRECCIÓN					
5 SZ						Z					
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z (0/00)	Verificación (180/00)				
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
14	14	32	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
15	15	33	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
16	16	34	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
17	17	35	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
18	18	36	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
19	19	37	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
20	20	38	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
21	21	39	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
22	22	40	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
23	23	41	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
24	24	42	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
25	25	43	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
26	26	44	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
27	27	45	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
28	28	46	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
29	29	47	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
30	30	48	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
31	31	49	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
32	32	50	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
33	33	51	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
34	34	52	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
35	35	53	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
36	36	54	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
37	37	55	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
38	38	56	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
39	39	57	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
40	40	58	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
41	41	59	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
42	42	60	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				
43	43	61	0.000	0.000	2.80	0	Cumple				

Tabla III.12 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Cruces de San Andrés para Correos y Vigas de Carga.

CALCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON CRUCES DE SAN ANDRÉS											
CASO DE CARGA				BARRA				CASO DE CARGA			
2 CV				CORREAS				2 CV			
BARRA				CORREAS				BARRA			
CORREAS				CORREAS				CORREAS			
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.002	0.0117	Cumple	252	0.006	0.0117	Cumple	293	0.004	0.0148	Cumple
212	0.005	0.0117	Cumple	253	0.006	0.0117	Cumple	294	0.002	0.0148	Cumple
213	0.006	0.0117	Cumple	254	0.003	0.0117	Cumple	295	0.003	0.0148	Cumple
214	0.006	0.0117	Cumple	255	0.005	0.0117	Cumple	296	0.004	0.0148	Cumple
215	0.003	0.0117	Cumple	256	0.006	0.0117	Cumple	297	0.003	0.0148	Cumple
216	0.005	0.0117	Cumple	257	0.005	0.0117	Cumple	298	0.002	0.0148	Cumple
217	0.006	0.0117	Cumple	258	0.004	0.0117	Cumple	299	0.000	0.0025	Cumple
218	0.006	0.0117	Cumple	259	0.006	0.0117	Cumple	300	0.000	0.0025	Cumple
219	0.006	0.0117	Cumple	260	0.005	0.0117	Cumple	301	0.000	0.0025	Cumple
220	0.013	0.0117	No Cumple	261	0.004	0.0117	Cumple	302	0.000	0.0025	Cumple
221	0.013	0.0117	No Cumple	262	0.006	0.0117	Cumple	303	0.000	0.0025	Cumple
222	0.004	0.0117	Cumple	263	0.006	0.0117	Cumple	304	0.000	0.0025	Cumple
223	0.013	0.0117	No Cumple	264	0.002	0.0117	Cumple	305	0.000	0.0025	Cumple
224	0.013	0.0117	No Cumple	265	0.001	0.0148	Cumple	306	0.000	0.0025	Cumple
225	0.002	0.0117	Cumple	266	0.002	0.0148	Cumple	307	0.000	0.0025	Cumple
226	0.002	0.0117	Cumple	267	0.003	0.0148	Cumple	308	0.000	0.0025	Cumple
227	0.005	0.0117	Cumple	268	0.004	0.0148	Cumple	309	0.000	0.0025	Cumple
228	0.006	0.0117	Cumple	269	0.004	0.0148	Cumple	310	0.000	0.0025	Cumple
229	0.006	0.0117	Cumple	270	0.003	0.0148	Cumple	311	0.000	0.0025	Cumple
230	0.003	0.0117	Cumple	271	0.003	0.0148	Cumple	312	0.000	0.0025	Cumple
231	0.005	0.0117	Cumple	272	0.004	0.0148	Cumple	313	0.000	0.0025	Cumple
232	0.006	0.0117	Cumple	273	0.003	0.0148	Cumple	314	0.000	0.0025	Cumple
233	0.005	0.0117	Cumple	274	0.002	0.0148	Cumple	315	0.000	0.0025	Cumple
234	0.002	0.0117	Cumple	275	0.003	0.0148	Cumple	316	0.000	0.0025	Cumple
235	0.002	0.0117	Cumple	276	0.004	0.0148	Cumple	317	0.000	0.0025	Cumple
236	0.005	0.0117	Cumple	277	0.002	0.0148	Cumple	318	0.000	0.0025	Cumple
237	0.006	0.0117	Cumple	278	0.003	0.0148	Cumple	319	0.000	0.0025	Cumple
238	0.006	0.0117	Cumple	279	0.004	0.0148	Cumple	320	0.000	0.0025	Cumple
239	0.003	0.0117	Cumple	280	0.003	0.0148	Cumple	321	0.000	0.0025	Cumple
240	0.005	0.0117	Cumple	281	0.002	0.0148	Cumple	322	0.000	0.0025	Cumple
241	0.006	0.0117	Cumple	282	0.001	0.0148	Cumple	323	0.000	0.0025	Cumple
242	0.005	0.0117	Cumple	283	0.002	0.0148	Cumple	324	0.000	0.0025	Cumple
243	0.004	0.0117	Cumple	284	0.003	0.0148	Cumple	325	0.000	0.0025	Cumple
244	0.006	0.0117	Cumple	285	0.004	0.0148	Cumple	326	0.000	0.0025	Cumple
245	0.005	0.0117	Cumple	286	0.004	0.0148	Cumple	327	0.000	0.0025	Cumple
246	0.004	0.0117	Cumple	287	0.003	0.0148	Cumple	328	0.000	0.0025	Cumple
247	0.006	0.0117	Cumple	288	0.003	0.0148	Cumple	329	0.000	0.0025	Cumple
248	0.006	0.0117	Cumple	289	0.004	0.0148	Cumple	330	0.000	0.0025	Cumple
249	0.002	0.0117	Cumple	290	0.003	0.0148	Cumple	331	0.000	0.0025	Cumple
250	0.002	0.0117	Cumple	291	0.002	0.0148	Cumple	332	0.000	0.0025	Cumple
251	0.005	0.0117	Cumple	292	0.003	0.0148	Cumple				

III.2.1.3 Estructura reforzada con Cartelas

Las cartelas son un tipo de refuerzo que se hace comúnmente a las vigas. Colocar cartelas a una viga, consiste en generar una sección variable en el tramo inicial y/o en el tramo final de la misma. La sección variable resulta de mayor tamaño en la conexión viga-columna y disminuye gradualmente hasta conseguir el tamaño del perfil de la viga a cierta distancia de la columna (ver Figura III.24).

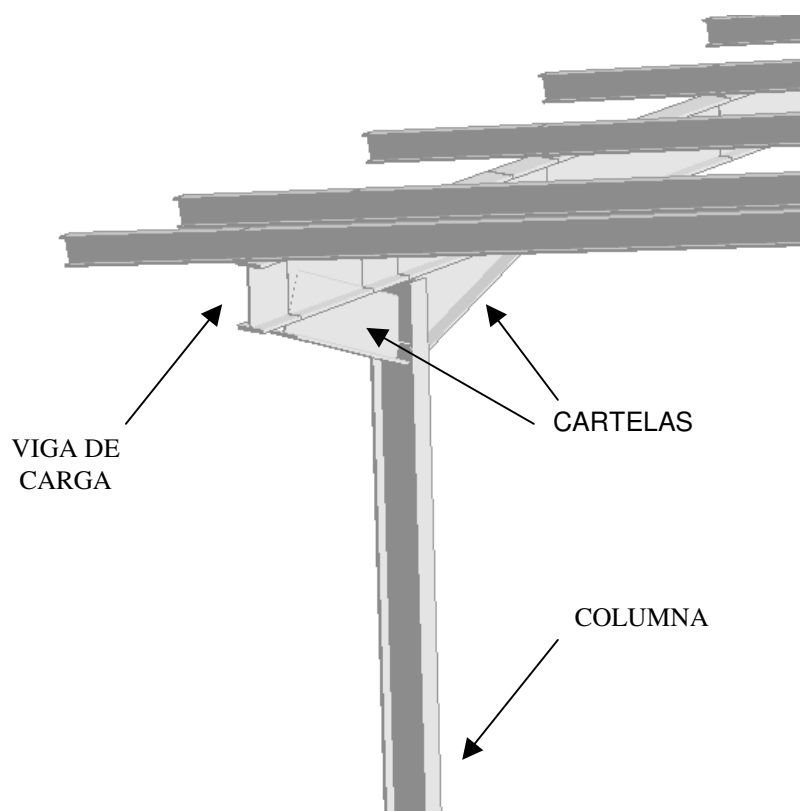


Figura III.24. Refuerzo tipo Cartela.

Es recomendable que longitud de la cartela se encuentre cercana al valor de 0.15 veces la luz de la viga, ya que así resultan más efectivas. Dado que las vigas de carga tienen 3.25m, 3.00m ó 2.50m de longitud, para ellas se utilizaron cartelas de 0.45m de largo, elaboradas con el perfil

IPN180 (el mismo de las vigas de carga). Con un total de 74 cartelas, se requieren 16.65 m de perfil.

En la presente estructura se colocó cartelas al inicio y al final de todas las vigas de carga (ver Figura III.25), con la finalidad de determinar su influencia sobre la resistencia y la deflexiones de las mismas y sobre la desplazabilidad de la estructura.

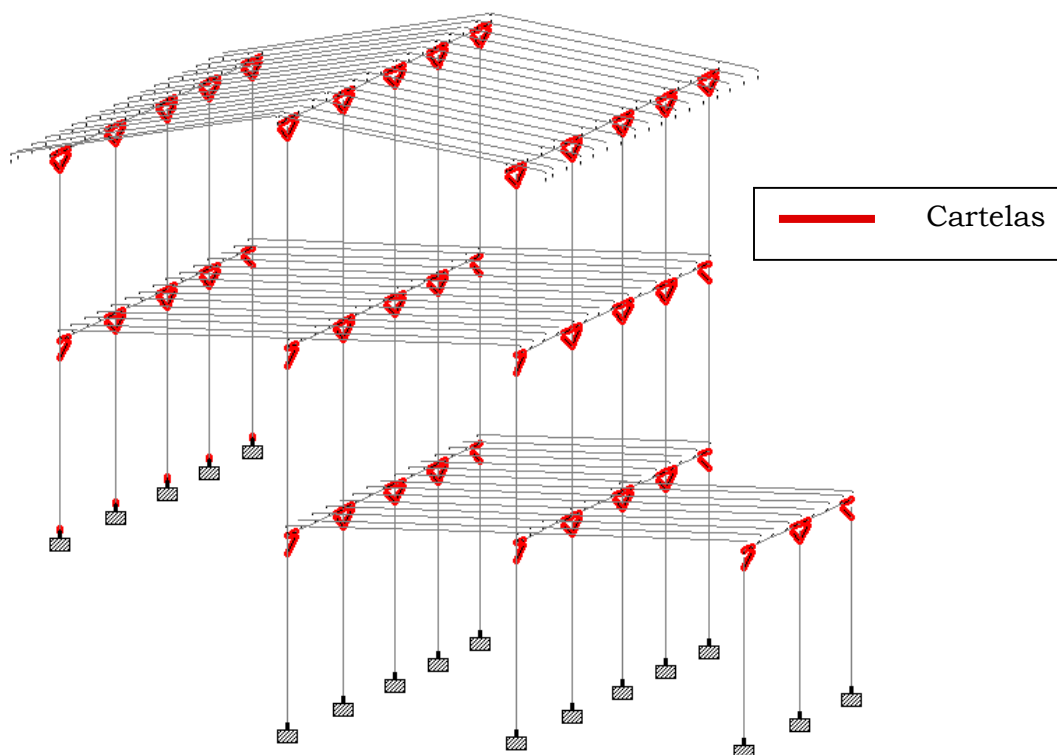


Figura III.25. Disposición de las Cartelas en la estructura original.

Luego de realizar el análisis del STAAD.Pro 2004 a la estructura reforzada, se obtienen los resultados del cálculo de la deriva y la flecha, presentados en las tablas III.13 y III.14 respectivamente. Las cartelas colocadas a la estructura, no logran disminuir considerablemente la desplazabilidad de la misma, ya que la deriva se mantiene prácticamente invariable.

Tabla III.13 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con Cartelas en las direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON CARTELAS									
CASO DE CARGA					DIRECCIÓN				
4 SX					X				
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0.00)	Verificación (18 ^o /100)		
412	1	234	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
413	2	235	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
414	3	236	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
415	4	237	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
416	5	238	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
417	6	239	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
418	7	240	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
419	8	241	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
420	9	242	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
421	10	243	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
422	11	244	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
423	12	245	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
424	13	246	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
425	14	247	0.000	0.012	2.54	4.81	Cumple		
426	15	248	0.000	0.009	2.54	3.40	Cumple		
427	16	249	0.000	0.009	2.54	3.62	Cumple		
428	17	250	0.000	0.012	2.54	4.84	Cumple		
429	18	251	0.000	0.016	2.54	6.47	Cumple		
430	19	252	0.000	0.012	2.54	4.80	Cumple		
431	20	253	0.000	0.009	2.54	3.39	Cumple		
432	21	254	0.000	0.009	2.54	3.62	Cumple		
433	22	255	0.000	0.012	2.54	4.83	Cumple		
434	23	256	0.000	0.016	2.54	6.46	Cumple		
435	24	257	0.000	0.012	2.54	4.80	Cumple		
436	25	258	0.000	0.009	2.54	3.39	Cumple		
437	26	259	0.000	0.009	2.54	3.62	Cumple		
438	27	260	0.000	0.012	2.54	4.83	Cumple		
439	28	261	0.000	0.016	2.54	6.46	Cumple		
440	32	262	0.013	0.021	2.54	3.40	Cumple		
441	33	263	0.009	0.013	2.54	1.81	Cumple		
442	34	264	0.009	0.014	2.54	1.68	Cumple		
443	35	265	0.013	0.019	2.54	2.69	Cumple		
444	36	266	0.017	0.027	2.54	4.05	Cumple		
445	37	267	0.013	0.021	3.14	2.76	Cumple		
446	38	268	0.009	0.013	3.14	1.48	Cumple		
447	39	269	0.009	0.014	3.14	1.37	Cumple		
448	40	270	0.013	0.019	3.14	2.19	Cumple		
449	41	271	0.017	0.027	3.14	3.29	Cumple		
450	42	272	0.013	0.021	2.54	3.40	Cumple		
451	43	273	0.009	0.013	2.54	1.81	Cumple		
452	44	274	0.009	0.014	2.54	1.68	Cumple		
453	45	275	0.013	0.019	2.54	2.69	Cumple		
454	46	276	0.017	0.027	2.54	4.05	Cumple		

CASO DE CARGA					DIRECCIÓN				
5 SZ					Z				
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z(0.00)	Verificación (18 ^o /100)		
412	1	234	0.000	0.000	2.54	0.018533123	Cumple		
413	2	235	0.000	0.000	2.54	0.018533123	Cumple		
414	3	236	0.000	0.000	2.54	0.018533123	Cumple		
415	4	237	0.000	0.000	2.54	0.018533123	Cumple		
416	5	238	0.000	0.000	2.54	0.018533123	Cumple		
417	6	239	0.000	0.000	2.54	0.022476341	Cumple		
418	7	240	0.000	0.000	2.54	0.022082019	Cumple		
419	8	241	0.000	0.000	2.54	0.022082019	Cumple		
420	9	242	0.000	0.000	2.54	0.022082019	Cumple		
421	10	243	0.000	0.000	2.54	0.022476341	Cumple		
422	11	244	0.000	0.000	2.54	0.026025237	Cumple		
423	12	245	0.000	0.000	2.54	0.026025237	Cumple		
424	13	246	0.000	0.000	2.54	0.026025237	Cumple		
425	14	247	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
426	15	248	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
427	16	249	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
428	17	250	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
429	18	251	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
430	19	252	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
431	20	253	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
432	21	254	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
433	22	255	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
434	23	256	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
435	24	257	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
436	25	258	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
437	26	259	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
438	27	260	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
439	28	261	0.000	1.024	2.54	404	No Cumple		
440	32	262	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
441	33	263	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
442	34	264	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
443	35	265	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
444	36	266	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
445	37	267	1.024	1.655	3.14	201	No Cumple		
446	38	268	1.024	1.655	3.14	201	No Cumple		
447	39	269	1.024	1.655	3.14	201	No Cumple		
448	40	270	1.024	1.655	3.14	201	No Cumple		
449	41	271	1.024	1.655	3.14	201	No Cumple		
450	42	272	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
451	43	273	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
452	44	274	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
453	45	275	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		
454	46	276	1.024	1.655	2.54	249	No Cumple		

Tabla III.14 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con Cartelas para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON CARTELAS											
CASO DE CARGA						CASO DE CARGA					
2 CV						2 CV					
CORREAS						BARRA					
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Viga	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.0015	0.0117	Cumple	252	0.0057	0.0117	Cumple	293	0.0034	0.0148	Cumple
212	0.0052	0.0117	Cumple	253	0.0054	0.0117	Cumple	294	0.0022	0.0148	Cumple
213	0.0057	0.0117	Cumple	254	0.0033	0.0117	Cumple	295	0.0033	0.0148	Cumple
214	0.0054	0.0117	Cumple	255	0.0053	0.0117	Cumple	296	0.0035	0.0148	Cumple
215	0.0033	0.0117	Cumple	256	0.0056	0.0117	Cumple	297	0.0025	0.0148	Cumple
216	0.0053	0.0117	Cumple	257	0.0052	0.0117	Cumple	298	0.0015	0.0148	Cumple
217	0.0057	0.0117	Cumple	258	0.0038	0.0117	Cumple	299	0.0000	0.0025	Cumple
218	0.0051	0.0117	Cumple	259	0.0054	0.0117	Cumple	300	0.0000	0.0025	Cumple
219	0.0055	0.0117	Cumple	260	0.0053	0.0117	Cumple	301	0.0000	0.0025	Cumple
220	0.0128	0.0117	No Cumple	261	0.0035	0.0117	Cumple	302	0.0000	0.0025	Cumple
221	0.0119	0.0117	No Cumple	262	0.0054	0.0117	Cumple	303	0.0000	0.0025	Cumple
222	0.0038	0.0117	Cumple	263	0.0055	0.0117	Cumple	304	0.0000	0.0025	Cumple
223	0.0123	0.0117	No Cumple	264	0.0017	0.0117	Cumple	305	0.0000	0.0025	Cumple
224	0.0128	0.0117	No Cumple	265	0.0008	0.0148	Cumple	306	0.0000	0.0025	Cumple
225	0.0020	0.0117	Cumple	266	0.001782	0.0148	Cumple	307	0.0000	0.0025	Cumple
226	0.0016	0.0117	Cumple	267	0.003237	0.0148	Cumple	308	0.0000	0.0025	Cumple
227	0.0052	0.0117	Cumple	268	0.003638	0.0148	Cumple	309	0.0000	0.0025	Cumple
228	0.0057	0.0117	Cumple	269	0.003459	0.0148	Cumple	310	0.0000	0.0025	Cumple
229	0.0054	0.0117	Cumple	270	0.002477	0.0148	Cumple	311	0.0000	0.0025	Cumple
230	0.0033	0.0117	Cumple	271	0.003117	0.0148	Cumple	312	0.0000	0.0025	Cumple
231	0.0053	0.0117	Cumple	272	0.003636	0.0148	Cumple	313	0.0000	0.0025	Cumple
232	0.0056	0.0117	Cumple	273	0.003341	0.0148	Cumple	314	0.0000	0.0025	Cumple
233	0.0052	0.0117	Cumple	274	0.001887	0.0148	Cumple	315	0.0000	0.0025	Cumple
234	0.0019	0.0117	Cumple	275	0.003351	0.0148	Cumple	316	0.0000	0.0025	Cumple
235	0.0015	0.0117	Cumple	276	0.003415	0.0148	Cumple	317	0.0000	0.0025	Cumple
236	0.0052	0.0117	Cumple	277	0.002246	0.0148	Cumple	318	0.0000	0.0025	Cumple
237	0.0057	0.0117	Cumple	278	0.003266	0.0148	Cumple	319	0.0000	0.0025	Cumple
238	0.0054	0.0117	Cumple	279	0.003493	0.0148	Cumple	320	0.0000	0.0025	Cumple
239	0.0033	0.0117	Cumple	280	0.0025	0.0148	Cumple	321	0.0000	0.0025	Cumple
240	0.0053	0.0117	Cumple	281	0.00154	0.0148	Cumple	322	0.0000	0.0025	Cumple
241	0.0056	0.0117	Cumple	282	0.0008	0.0148	Cumple	323	0.0000	0.0025	Cumple
242	0.0052	0.0117	Cumple	283	0.001782	0.0148	Cumple	324	0.0000	0.0025	Cumple
243	0.0038	0.0117	Cumple	284	0.003236	0.0148	Cumple	325	0.0000	0.0025	Cumple
244	0.0054	0.0117	Cumple	285	0.003638	0.0148	Cumple	326	0.0000	0.0025	Cumple
245	0.0053	0.0117	Cumple	286	0.003458	0.0148	Cumple	327	0.0000	0.0025	Cumple
246	0.0035	0.0117	Cumple	287	0.002477	0.0148	Cumple	328	0.0000	0.0025	Cumple
247	0.0054	0.0117	Cumple	288	0.003117	0.0148	Cumple	329	0.0000	0.0025	Cumple
248	0.0055	0.0117	Cumple	289	0.003636	0.0148	Cumple	330	0.0000	0.0025	Cumple
249	0.0017	0.0117	Cumple	290	0.00334	0.0148	Cumple	331	0.0000	0.0025	Cumple
250	0.0015	0.0117	Cumple	291	0.001887	0.0148	Cumple	332	0.0000	0.0025	Cumple
251	0.0052	0.0117	Cumple	292	0.003351	0.0148	Cumple				

Por otra parte, las cartelas lograron reforzar las vigas de carga de manera efectiva, ya que todas tuvieron deflexiones menores a las presentadas en la estructura original (ver Tabla III.14). Además, las vigas de carga que originalmente no cumplen con la resistencia requerida, al colocarle las cartelas logran cumplir.

Finalmente, el resultado de diseño del STAAD.Pro 2004, arrojó 148 miembros deficientes, de un total de 528, es decir, funciona el 72% de los miembros; entre los cuales destacan la totalidad de las vigas de carga (incluyendo las cartelas), las cinco columnas centrales del sótano y los perfiles de los aleros (ver Figura III.26).

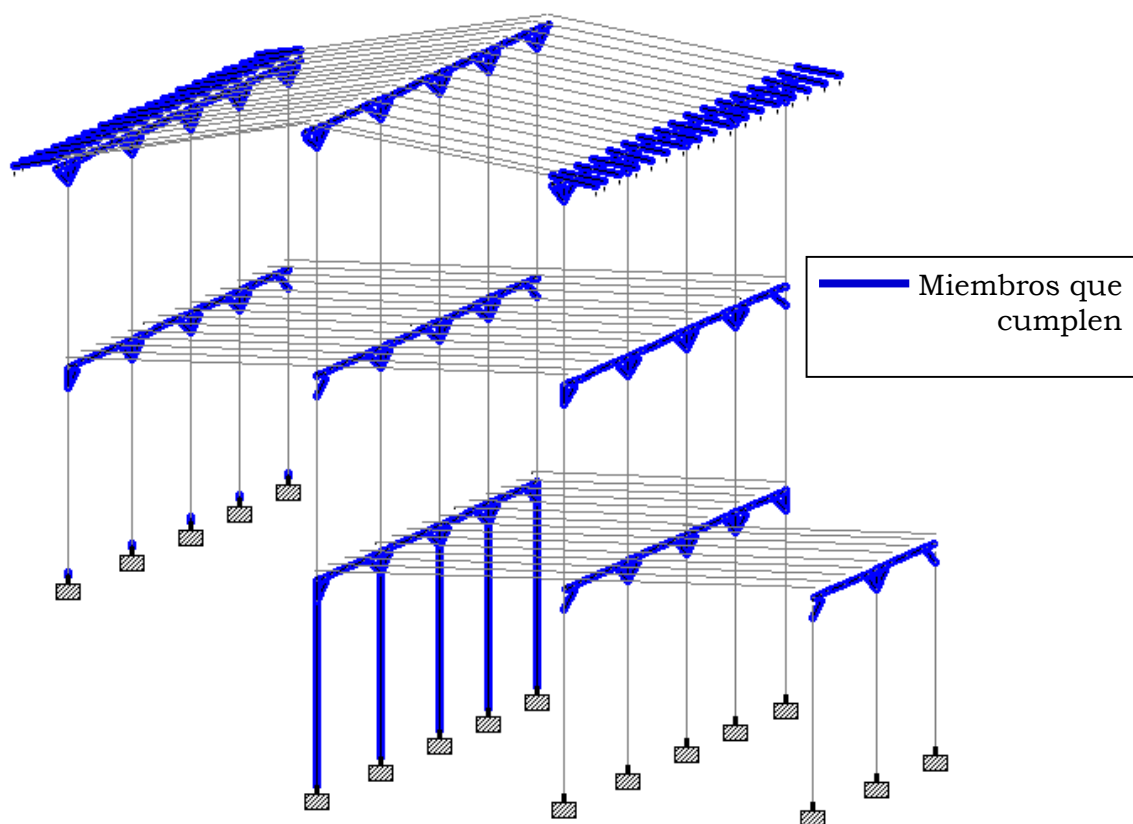


Figura III.26. Miembros de la estructura reforzada con cartelas, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.

Las cartelas son un tipo de refuerzo que no mejora la reacción de la estructura ante la acción del sismo, pero si contribuye al refuerzo de miembros específicos, como las vigas de carga.

III.2.1.4 Estructura con refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna

Este tipo de refuerzo se ideó con la finalidad de reforzar de manera conjunta a las vigas y las columnas. Consiste en colocar un perfil de acero, que se inicie en la viga y culmine en la columna, siempre en la zona cercana a la conexión, formando un ángulo que la refuerce (ver Figura III.27).

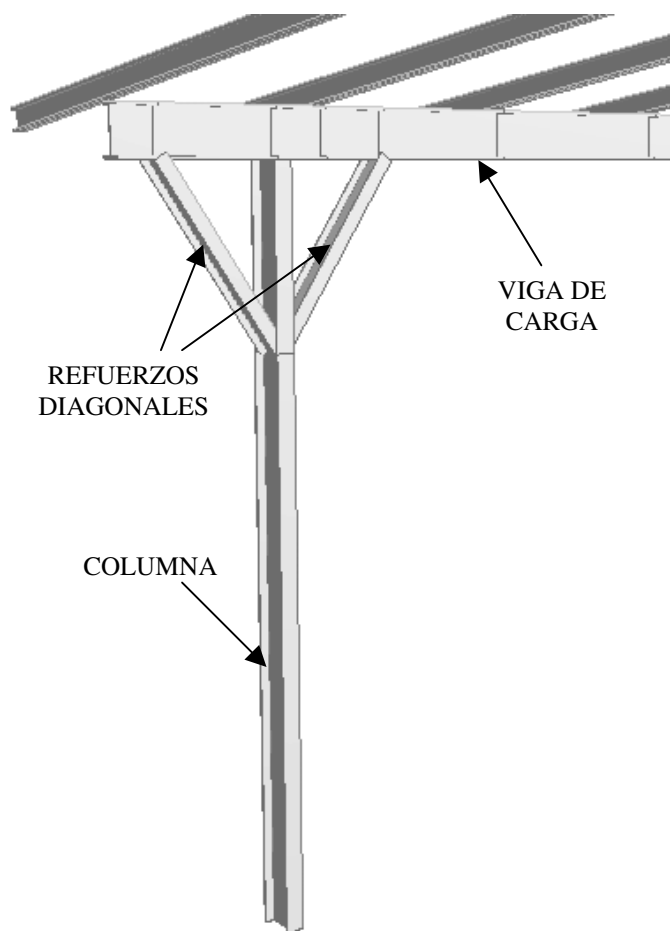


Figura III.27. Refuerzo diagonal en conexión viga-columna.

Unos de los objetivos de colocar este refuerzo es disminuir la longitud no arriostrada de la columna, para mejorar su respuesta por efectos de esbeltez y/o pandeo y reforzar la viga de carga, dándole mayor rigidez a la zona de conexión. El perfil utilizado para el refuerzo es IPN100, colocado en todas y cada una de las conexiones viga-columna, para analizar su funcionalidad estructural (ver Figura III.28).

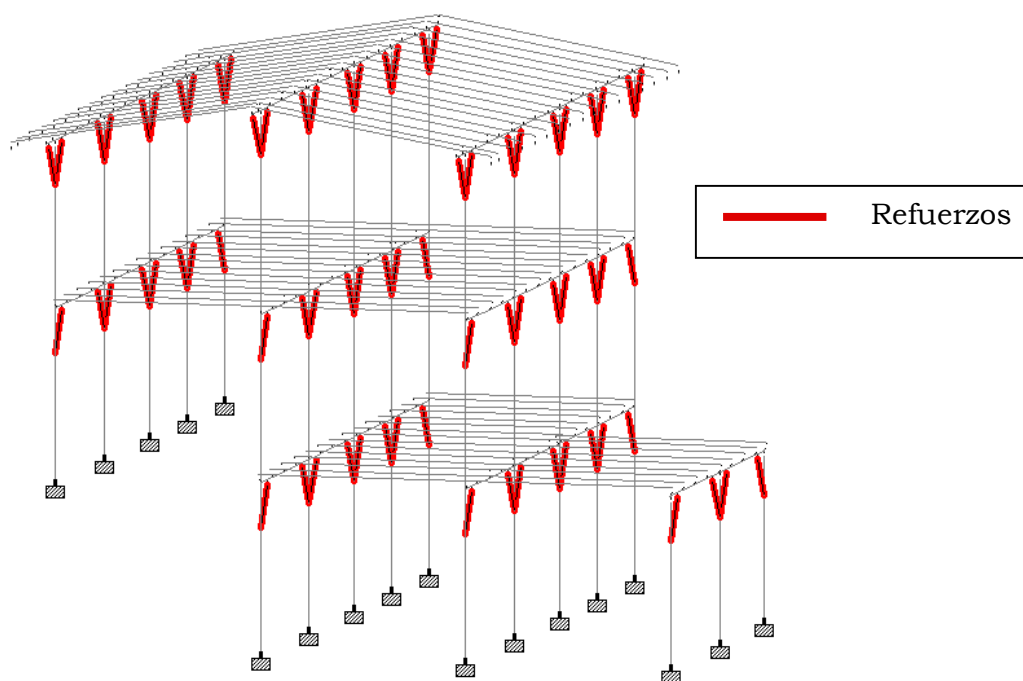


Figura III.28. Disposición de los refuerzos diagonales en las conexiones viga-columna de la estructura original.

Del análisis de los desplazamientos de los nodos que conforman la estructura reforzada con cartelas en las columnas, se obtiene la deriva de la misma. Los resultados se presentan en la Tabla III.15, para las direcciones X y Z. De estos resultados se puede decir que las barras que exceden el $18^{0}_{/00}$ en la estructura original, conservan el exceso a pesar del refuerzo. Lo cual indica que el refuerzo no resultó ser efectivo para el control de los desplazamientos de la estructura.

Tabla III.15 – Cálculo de la Deriva de la estructura reforzada con diagonales en las conexiones viga-columna, en las direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZO EN CONEXIÓN VIGA COLUMNA									
CASO DE CARGA					DIRECCIÓN				
4 SX					X				
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0/00)	Verificación (18 0/100)		
412	1	234	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
413	2	235	0.000	0.000	2.54	0.03	Cumple		
414	3	236	0.000	0.000	2.54	0.02	Cumple		
415	4	237	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
416	5	238	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
417	6	239	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
418	7	240	0.000	0.000	2.54	0.03	Cumple		
419	8	241	0.000	0.000	2.54	0.02	Cumple		
420	9	242	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
421	10	243	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
422	11	244	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
423	12	245	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
424	13	246	0.000	0.000	2.54	0.01	Cumple		
425	14	247	0.000	0.011	2.54	4.41	Cumple		
426	15	248	0.000	0.008	2.54	3.00	Cumple		
427	16	249	0.000	0.007	2.54	2.70	Cumple		
428	17	250	0.000	0.009	2.54	3.42	Cumple		
429	18	251	0.000	0.012	2.54	4.62	Cumple		
430	19	252	0.000	0.011	2.54	4.40	Cumple		
431	20	253	0.000	0.008	2.54	3.00	Cumple		
432	21	254	0.000	0.007	2.54	2.69	Cumple		
433	22	255	0.000	0.009	2.54	3.41	Cumple		
434	23	256	0.000	0.012	2.54	4.61	Cumple		
435	24	257	0.000	0.011	2.54	4.40	Cumple		
436	25	258	0.000	0.008	2.54	3.00	Cumple		
437	26	259	0.000	0.007	2.54	2.69	Cumple		
438	27	260	0.000	0.009	2.54	3.41	Cumple		
439	28	261	0.000	0.012	2.54	4.61	Cumple		
440	32	262	0.014	0.022	2.54	3.21	Cumple		
441	33	263	0.009	0.014	2.54	1.91	Cumple		
442	34	264	0.008	0.012	2.54	1.40	Cumple		
443	35	265	0.010	0.015	2.54	1.90	Cumple		
444	36	266	0.014	0.021	2.54	2.85	Cumple		
445	37	267	0.014	0.022	3.14	2.74	Cumple		
446	38	268	0.009	0.014	3.14	1.63	Cumple		
447	39	269	0.008	0.012	3.14	1.19	Cumple		
448	40	270	0.010	0.016	3.14	1.62	Cumple		
449	41	271	0.014	0.022	3.14	2.43	Cumple		
450	42	272	0.014	0.022	2.54	3.21	Cumple		
451	43	273	0.009	0.014	2.54	1.91	Cumple		
452	44	274	0.008	0.012	2.54	1.40	Cumple		
453	45	275	0.010	0.015	2.54	1.90	Cumple		
454	46	276	0.014	0.021	2.54	2.85	Cumple		

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZO EN CONEXIÓN VIGA COLUMNA									
CASO DE CARGA					DIRECCIÓN				
5 SZ					Z				
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z(0/00)	Verificación (18 0/100)		
412	1	234	0.000	0.000	2.54	0.0189	Cumple		
413	2	235	0.000	0.000	2.54	0.0181	Cumple		
414	3	236	0.000	0.000	2.54	0.0185	Cumple		
415	4	237	0.000	0.000	2.54	0.0181	Cumple		
416	5	238	0.000	0.000	2.54	0.0189	Cumple		
417	6	239	0.000	0.000	2.54	0.0225	Cumple		
418	7	240	0.000	0.000	2.54	0.0221	Cumple		
419	8	241	0.000	0.000	2.54	0.0221	Cumple		
420	9	242	0.000	0.000	2.54	0.0221	Cumple		
421	10	243	0.000	0.000	2.54	0.0225	Cumple		
422	11	244	0.000	0.000	2.54	0.0264	Cumple		
423	12	245	0.000	0.000	2.54	0.0260	Cumple		
424	13	246	0.000	0.000	2.54	0.0260	Cumple		
425	14	247	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
426	15	248	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
427	16	249	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
428	17	250	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
429	18	251	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
430	19	252	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
431	20	253	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
432	21	254	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
433	22	255	0.000	0.643	2.54	253	No Cumple		
434	23	256	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
435	24	257	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
436	25	258	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
437	26	259	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
438	27	260	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
439	28	261	0.000	0.642	2.54	253	No Cumple		
440	32	262	0.643	1.039	2.54	156	No Cumple		
441	33	263	0.643	1.039	2.54	156	No Cumple		
442	34	264	0.643	1.039	2.54	156	No Cumple		
443	35	265	0.643	1.039	2.54	156	No Cumple		
444	36	266	0.643	1.039	2.54	156	No Cumple		
445	37	267	0.643	1.038	3.14	126	No Cumple		
446	38	268	0.643	1.038	3.14	126	No Cumple		
447	39	269	0.643	1.038	3.14	126	No Cumple		
448	40	270	0.643	1.038	3.14	126	No Cumple		
449	41	271	0.643	1.038	3.14	126	No Cumple		
450	42	272	0.643	1.038	2.54	156	No Cumple		
451	43	273	0.643	1.038	2.54	156	No Cumple		
452	44	274	0.643	1.038	2.54	156	No Cumple		
453	45	275	0.643	1.038	2.54	156	No Cumple		
454	46	276	0.643	1.038	2.54	156	No Cumple		

Del cálculo de la flecha producida en las correas y vigas de la estructura reforzada con Cartelas en las Columnas, se obtuvo un resultado muy similar al de los casos anteriores, ya que ciertas correas continúan excediendo la flecha máxima permitida (ver Tabla III.16).

Del programa STAAD.Pro 2004, se obtuvo a través del diseño un total de 168 barras deficientes, lo cual representa un 32% de los 528 elementos totales. En la Figura III.29, se presentan los miembros de la estructura que cumplen los parámetros normativos según el mismo programa.

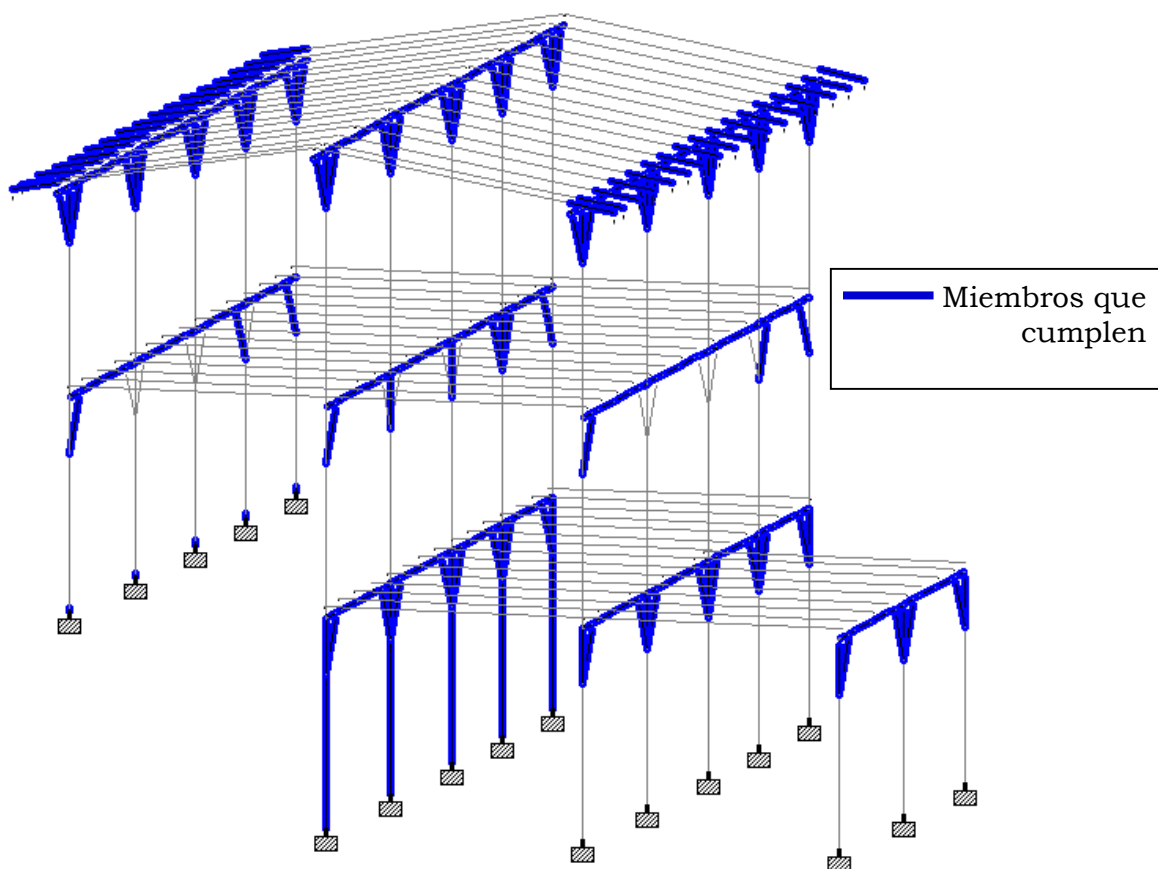


Figura III.29. Miembros de la estructura reforzada con diagonales en las conexiones viga-columna, que cumplen con la revisión del STAAD.Pro 2004.

Tabla III.16 – Cálculo de la flecha en la estructura reforzada con diagonales en las conexiones viga-columna, para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZO EN CONEXIÓN VIGA COLUMNA															
CASO DE CARGA 2 CV				BARRA CORREAS				CASO DE CARGA 2 CV				BARRA VIGAS			
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.0015	0.0117	Cumple	252	0.0057	0.0117	Cumple	293	0.0034	0.0148	Cumple	A-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
212	0.0051	0.0117	Cumple	253	0.0054	0.0117	Cumple	294	0.0023	0.0148	Cumple	A-1-2-3	0.000	0.01	Cumple
213	0.0057	0.0117	Cumple	254	0.0033	0.0117	Cumple	295	0.0033	0.0148	Cumple	A-1-3-4	0.000	0.01	Cumple
214	0.0054	0.0117	Cumple	255	0.0053	0.0117	Cumple	296	0.0035	0.0148	Cumple	A-1-4-5	0.000	0.01	Cumple
215	0.0033	0.0117	Cumple	256	0.0057	0.0117	Cumple	297	0.0025	0.0148	Cumple	A-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
216	0.0053	0.0117	Cumple	257	0.0052	0.0117	Cumple	298	0.0016	0.0148	Cumple	A-2-1-2	0.000	0.01	Cumple
217	0.0057	0.0117	Cumple	258	0.0039	0.0117	Cumple	299	0.0000	0.0025	Cumple	A-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
218	0.0052	0.0117	Cumple	259	0.0055	0.0117	Cumple	300	0.0000	0.0025	Cumple	A-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
219	0.0057	0.0117	Cumple	260	0.0053	0.0117	Cumple	301	0.0000	0.0025	Cumple	A-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
220	0.0128	0.0117	No Cumple	261	0.0035	0.0117	Cumple	302	0.0000	0.0025	Cumple	A-2-5-6	0.000	0.00	Cumple
221	0.0119	0.0117	No Cumple	262	0.0054	0.0117	Cumple	303	0.0000	0.0025	Cumple	B-S-1-2	0.000	0.01	Cumple
222	0.0039	0.0117	Cumple	263	0.0054	0.0117	Cumple	304	0.0000	0.0025	Cumple	B-S-2-3	0.000	0.01	Cumple
223	0.0123	0.0117	No Cumple	264	0.0017	0.0117	Cumple	305	0.0000	0.0025	Cumple	B-S-3-4	0.000	0.01	Cumple
224	0.0126	0.0117	No Cumple	265	0.000821	0.0148	Cumple	306	0.0000	0.0025	Cumple	B-S-4-5	0.000	0.01	Cumple
225	0.0020	0.0117	Cumple	266	0.001805	0.0148	Cumple	307	0.0000	0.0025	Cumple	B-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
226	0.0016	0.0117	Cumple	267	0.003228	0.0148	Cumple	308	0.0000	0.0025	Cumple	B-1-2-3	0.001	0.01	Cumple
227	0.0051	0.0117	Cumple	268	0.003633	0.0148	Cumple	309	0.0000	0.0025	Cumple	B-1-3-4	0.000	0.01	Cumple
228	0.0057	0.0117	Cumple	269	0.003476	0.0148	Cumple	310	0.0000	0.0025	Cumple	B-1-4-5	0.001	0.01	Cumple
229	0.0054	0.0117	Cumple	270	0.002532	0.0148	Cumple	311	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
230	0.0033	0.0117	Cumple	271	0.003112	0.0148	Cumple	312	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-1-2	0.001	0.01	Cumple
231	0.0053	0.0117	Cumple	272	0.003632	0.0148	Cumple	313	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
232	0.0056	0.0117	Cumple	273	0.003349	0.0148	Cumple	314	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
233	0.0050	0.0117	Cumple	274	0.001888	0.0148	Cumple	315	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
234	0.0019	0.0117	Cumple	275	0.003354	0.0148	Cumple	316	0.0000	0.0025	Cumple	B-2-5-6	0.000	0.00	Cumple
235	0.0015	0.0117	Cumple	276	0.003424	0.0148	Cumple	317	0.0000	0.0025	Cumple	C-S-1-2	0.001	0.01	Cumple
236	0.0051	0.0117	Cumple	277	0.002258	0.0148	Cumple	318	0.0000	0.0025	Cumple	C-S-2-3	0.001	0.01	Cumple
237	0.0057	0.0117	Cumple	278	0.003265	0.0148	Cumple	319	0.0000	0.0025	Cumple	C-S-3-4	0.000	0.01	Cumple
238	0.0054	0.0117	Cumple	279	0.003493	0.0148	Cumple	320	0.0000	0.0025	Cumple	C-S-4-5	0.000	0.01	Cumple
239	0.0033	0.0117	Cumple	280	0.002545	0.0148	Cumple	321	0.0000	0.0025	Cumple	C-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
240	0.0053	0.0117	Cumple	281	0.001553	0.0148	Cumple	322	0.0000	0.0025	Cumple	C-1-2-3	0.000	0.01	Cumple
241	0.0057	0.0117	Cumple	282	0.000821	0.0148	Cumple	323	0.0000	0.0025	Cumple	C-1-3-4	0.000	0.01	Cumple
242	0.0052	0.0117	Cumple	283	0.001805	0.0148	Cumple	324	0.0000	0.0025	Cumple	C-1-4-5	0.000	0.01	Cumple
243	0.0039	0.0117	Cumple	284	0.003228	0.0148	Cumple	325	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
244	0.0055	0.0117	Cumple	285	0.003634	0.0148	Cumple	326	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-1-2	0.001	0.01	Cumple
245	0.0053	0.0117	Cumple	286	0.003476	0.0148	Cumple	327	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
246	0.0035	0.0117	Cumple	287	0.002532	0.0148	Cumple	328	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
247	0.0054	0.0117	Cumple	288	0.003111	0.0148	Cumple	329	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
248	0.0054	0.0117	Cumple	289	0.003631	0.0148	Cumple	330	0.0000	0.0025	Cumple	C-2-5-6	0.000	0.00	Cumple
249	0.0017	0.0117	Cumple	290	0.003349	0.0148	Cumple	331	0.0000	0.0025	Cumple	D-S-1-2	0.001	0.01	Cumple
250	0.0015	0.0117	Cumple	291	0.001887	0.0148	Cumple	332	0.0000	0.0025	Cumple	D-S-2-3	0.001	0.01	Cumple
251	0.0051	0.0117	Cumple	292	0.003355	0.0148	Cumple								

III.2.2 Estructuras con Refuerzos Definitivos

En esta parte del trabajo se presentan los dos modelos estructurales definitivos, ambos reforzados en su totalidad, ajustados a la normativa venezolana vigente y analizados desde el punto de vista funcional y de costo. Para estas estructuras se emplearon diversos refuerzos, de manera combinada, lo cual permitió atacar las diferentes fallas presentes, entre las cuales destacan: la desplazabilidad, la poca resistencia algunos miembros y las deflexiones.

III.2.2.1 Estructura con Combinaciones de Refuerzos - Opción 1

Con la finalidad de adecuar la estructura original a la normativa vigente, es necesario aplicar una serie de refuerzos de manera combinada, los cuales permitan solucionar todas y cada una de las deficiencias presentes. A continuación se enumeran los refuerzos aplicados, con su respectiva función:

1. Diagonales en dirección Z: dos por cada piso de cada pórtico (a excepción del pórtico D donde se colocó una sola diagonal), siempre con direcciones alternadas. Un total de 17 diagonales: 7 de 3.75 m de longitud (entre los ejes 4 y 5), 8 de 4.10 m (entre los ejes 2 y 3), 1 de 4.20 (en el pórtico B, piso 2, entre los ejes 4 y 5) y 1 de 4.50 (en el pórtico B, piso 2, entre los ejes 2 y 3). Todas elaboradas con perfiles IPN100, a excepción de la de 4.50 m, la cual esta elaborada en perfil IPN120. En conjunto suman 63.25 m de IPN100 y 4.50 m de IPN120. Este refuerzo tiene como principal función disminuir la desplazabilidad de la estructura en la dirección Z, donde trabaja de manera deficiente (ver Figura III.30).

2. Horizontales: cada una colocada donde hay una diagonal. Colocadas a la altura media de cada columna. Un total de 17 horizontales: 9 de 3 m de longitud y 8 de 2.5 m; sumando un total de 47 m de perfil IPN80 a colocar. Su principal función es acortar la longitud no arriostrada de las columnas y disminuir la esbeltez, para así aumentar su resistencia al pandeo (ver Figura III.30).

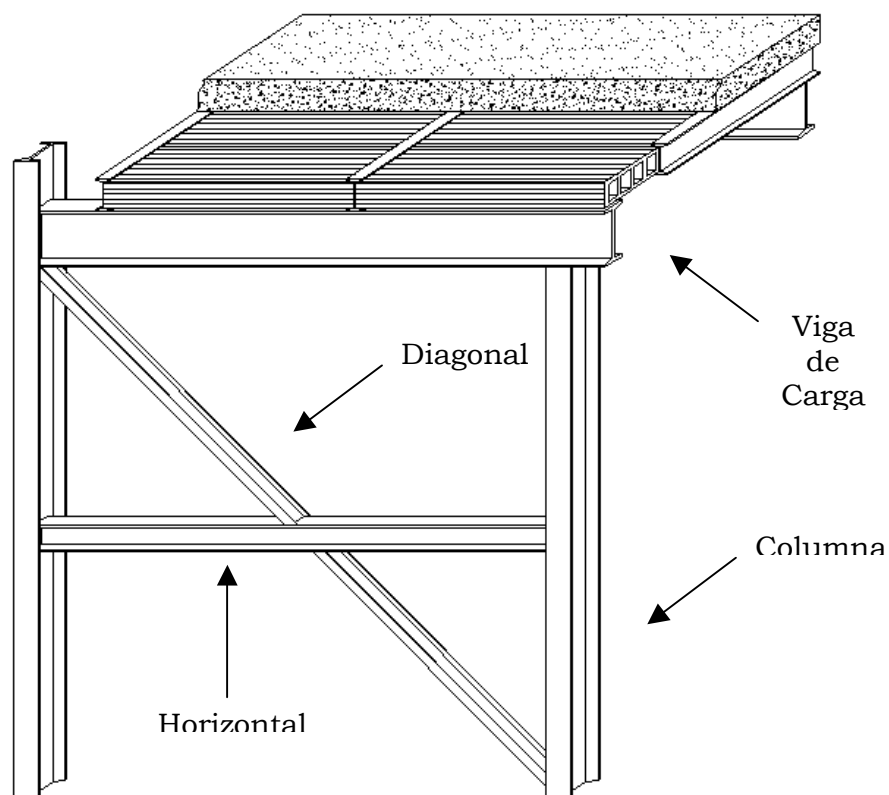


Figura III.30. Refuerzo con diagonal y horizontal.

3. Refuerzo de las columnas frontales: consiste en colocar dos planchas de acero, a todo lo largo de las columnas frontales y soldadas a los extremos de las alas del perfil, de manera que las planchas queden paralelas al ama. Un total de 51.6 m de longitud, con plancha de 5 mm de espesor y 14 cm de ancho. La finalidad es otorgar mayor resistencia a las columnas, evitando la colocación de refuerzos

antiestéticos y antifuncionales dentro del conjunto arquitectónico (ver Figura III.31).

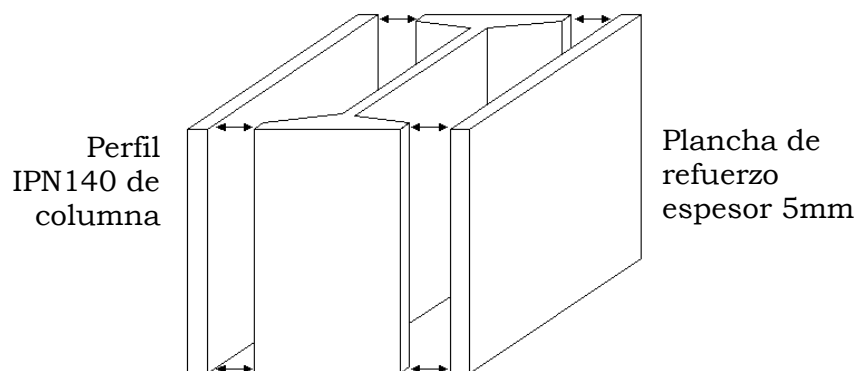


Figura III.31. Refuerzo de las columnas frontales, con plancha de acero.

4. Acción mixta en entrepisos: consiste en hacer trabajar en conjunto, los perfiles IPN100 de las correas de entrepiso, con la losa de concreto, mediante conectores de corte. La sección de concreto trabajó con un ancho efectivo de 80 cm, un espesor de 5 cm y un total de 378 conectores de corte de $\frac{1}{2}$ " (7 por cada correa). La finalidad de este refuerzo es aumentar la resistencia de las correas (ver Figura III.32).

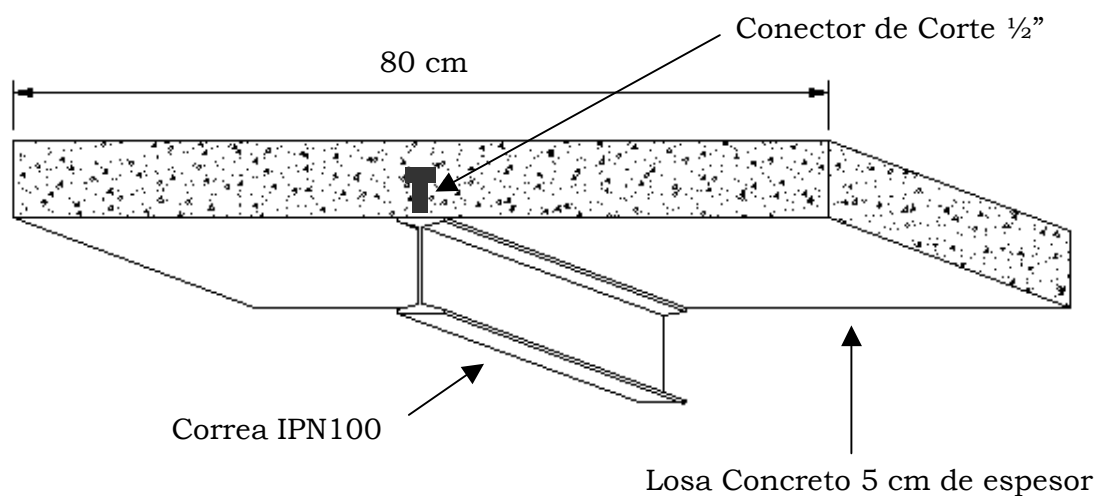


Figura III.32. Acción mixta-Opción 1

5. Cambio de techo: consiste en sustituir la losa de tabelones con topping de concreto, por un techo de madera o machiembrado. La principal finalidad es restar peso a las correas de techo y a la estructura en su conjunto, además de disminuir considerablemente la carga axial de las columnas (ver Figura III.33).
6. Disminución de las distancias entre las correas de techo: Aún cuando se modificó la configuración del techo por uno más liviano, la capacidad de las correas no era suficiente. Con la finalidad de disminuir la carga sobre ellas, se acortó su separación a 0,60m. En total se colocaron 5 correas adicionales.
7. Ángulo soldado en las correas de techo: al sustituir el techo por uno de madera, se restó el soporte lateral y contra torsión, otorgado por los tabelones. Por esto se colocaron 2 ángulos, que recorren la estructura desde el frente de la vivienda hasta el fondo, ubicados a la distancia media entre las vigas de carga de techo contiguas, los cuales se encargan de generar el soporte requerido. El ángulo utilizado, es de 65 mm de lado por 5 mm de espesor, L 65x5 (ver Figura III.33).

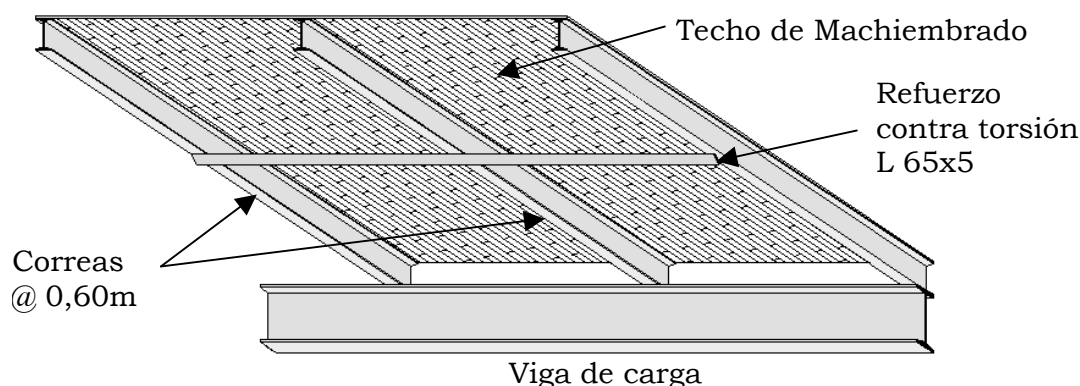


Figura III.33. Ángulo en techo para contrarrestar la torsión.

El detalle del arriostramiento en cada pórtico, se presenta en las siguientes figuras:

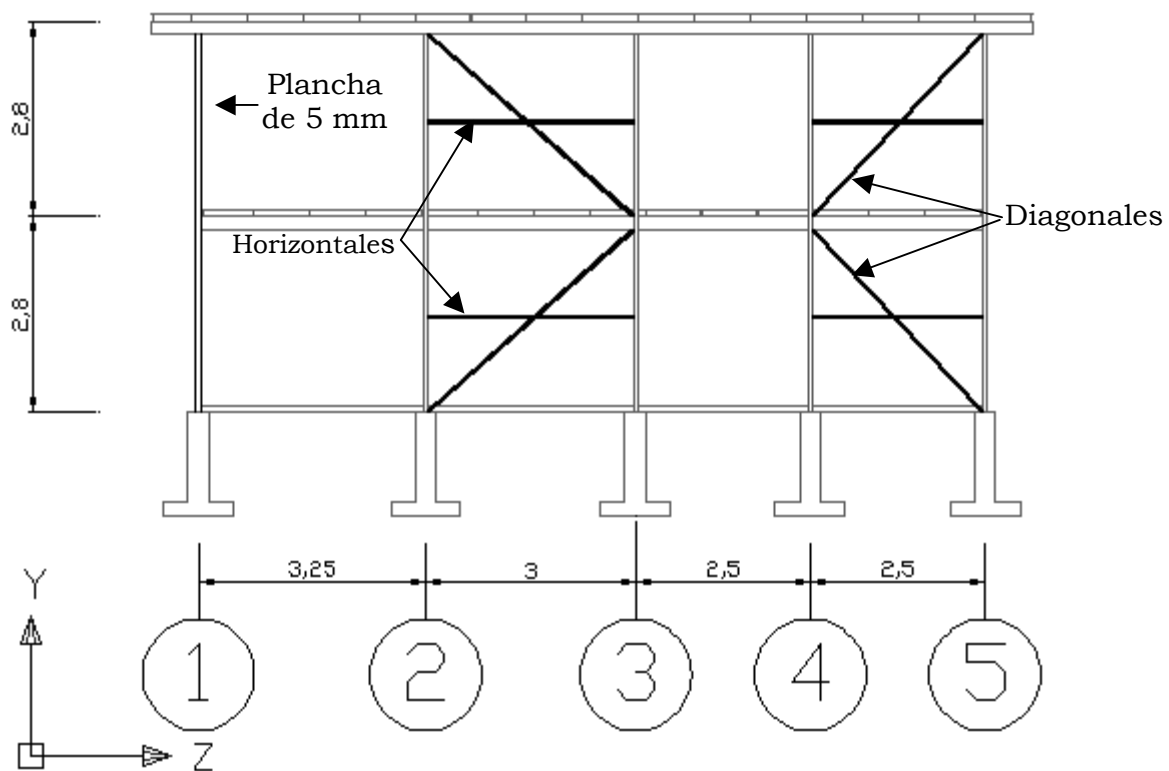


Figura III.34. Arriostramiento del Pórtico A-Opción 1.

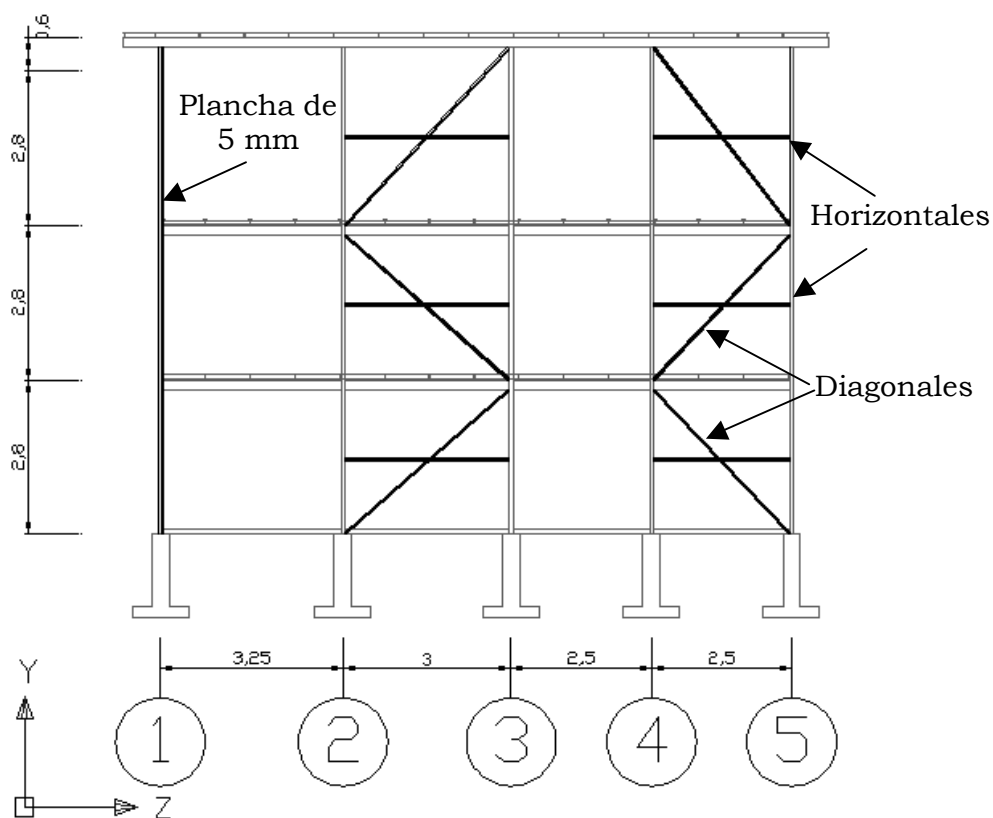


Figura III.35. Arriostramiento del Pórtico B-Opción 1.

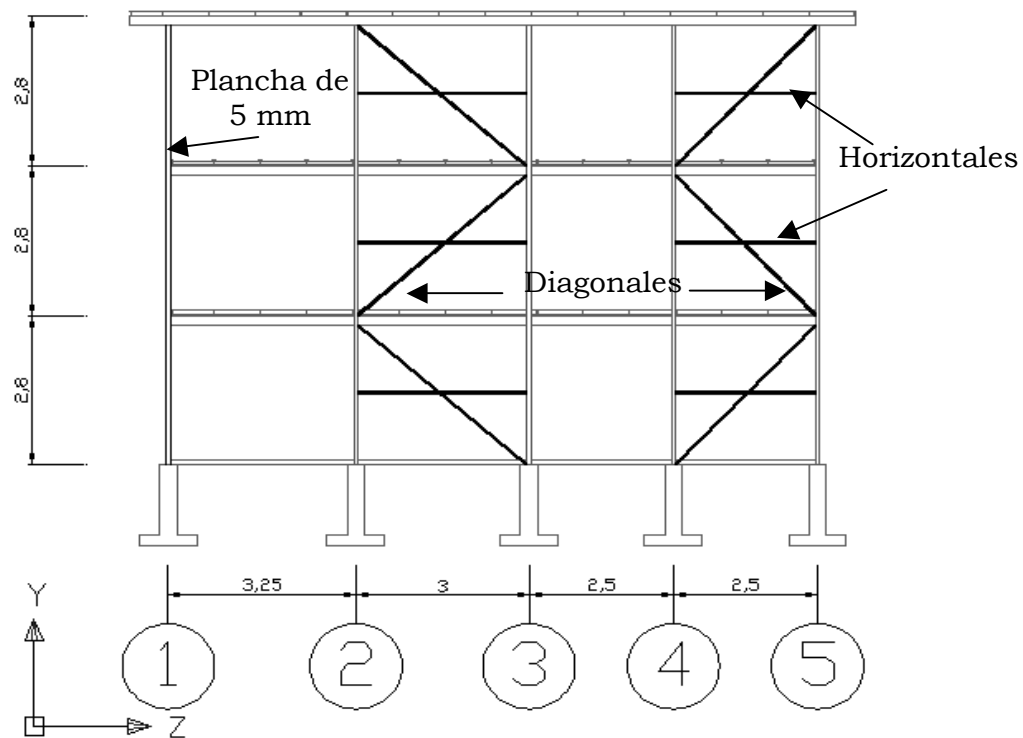


Figura III.36. Arriostramiento del Pórtico C-Opción 1.

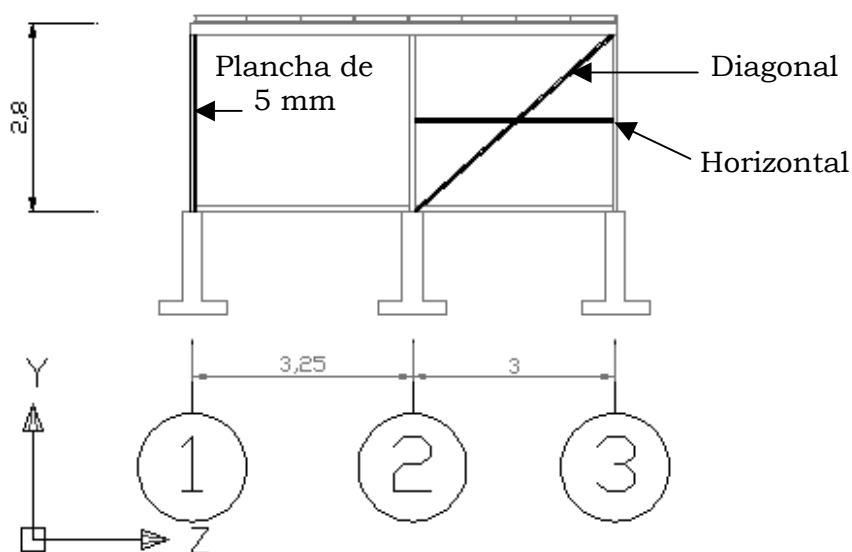


Figura III.37. Arriostramiento del Pórtico D-Opción 1.

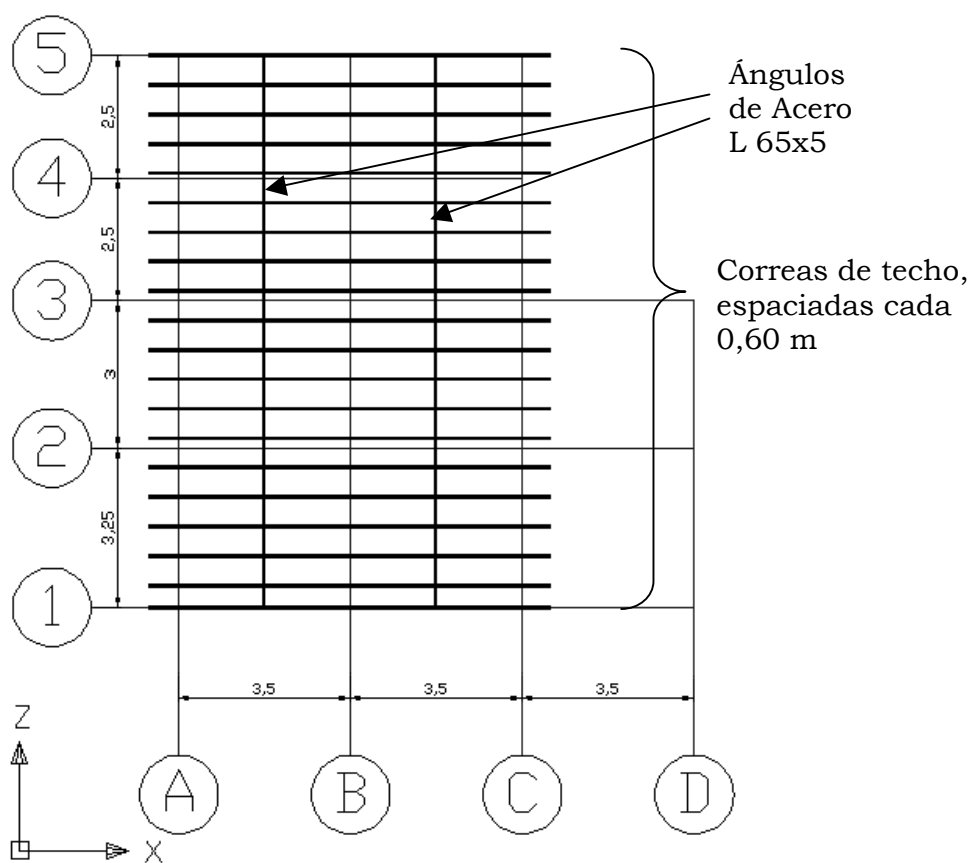


Figura III.38. Vista de Planta - Disposición de las correas de techo-Opción 1.

En las Figuras III.39, III.40, III.41, III.42, III.43, III.44 y III.45 se muestran, cada uno de los pórticos A, B, C y D, y los planos de Piso 1, Piso 2 y techo, respectivamente; con la correspondiente numeración de cada uno de los miembros de la estructura.

En la Tabla III.17 se presentan los resultados del cálculo de la deriva en las direcciones X y Z, para la estructura original reforzada con las combinaciones antes descritas. De los resultados obtenidos se puede decir que con esta combinación de refuerzos, el desplazamiento en la dirección X y en la dirección Z, se mantiene dentro de los límites establecidos, ya que en ningún caso excede el valor de $18^0/00$; lográndose solucionar el problema de desplazabilidad de la estructura original.

En la Tabla III.18, se puede observar que todas las correas y vigas de carga, cumplen con la flecha máxima permitida, considerando $L/360$ en las vigas, $L/300$ en las correas de entrepiso y $L/240$ en correas de techo.

Luego de ejecutar el programa de cálculo STAAD.Pro 2004 a la estructura reforzada, se obtuvo cero (0) elementos deficientes en el diseño. Esto indica que las medidas tomadas para subsanar las deficiencias de la estructura, fueron acertadas. Sin embargo, se procedió a la verificación del cumplimiento normativo de cada uno de los miembros, mediante el chequeo manual de los Capítulos 15, 16 y 28 de la norma COVENIN 1618-98. Los resultados se encuentran expresados en las Tablas III.19, III.20, III.21, III.22, III.23.

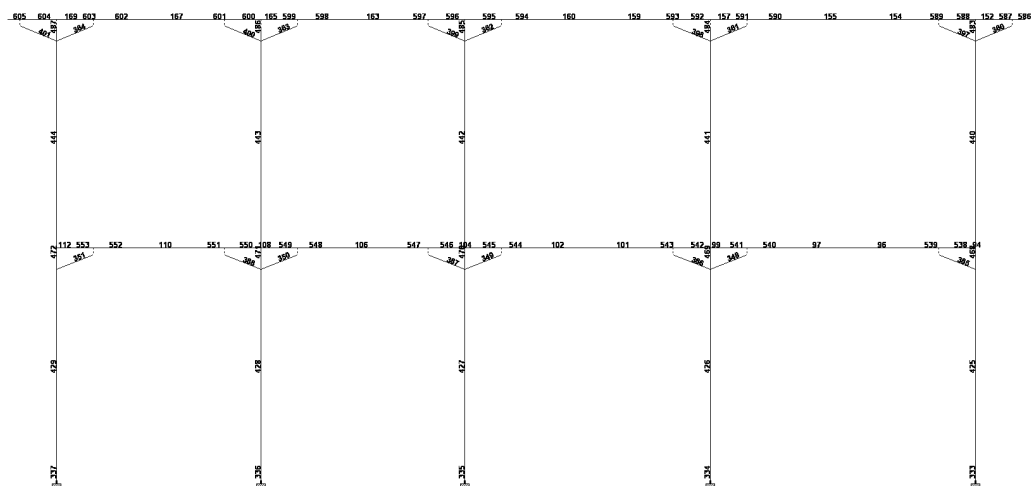


Figura III.39. Numeración de miembros. Pórtico A - Opción 1.

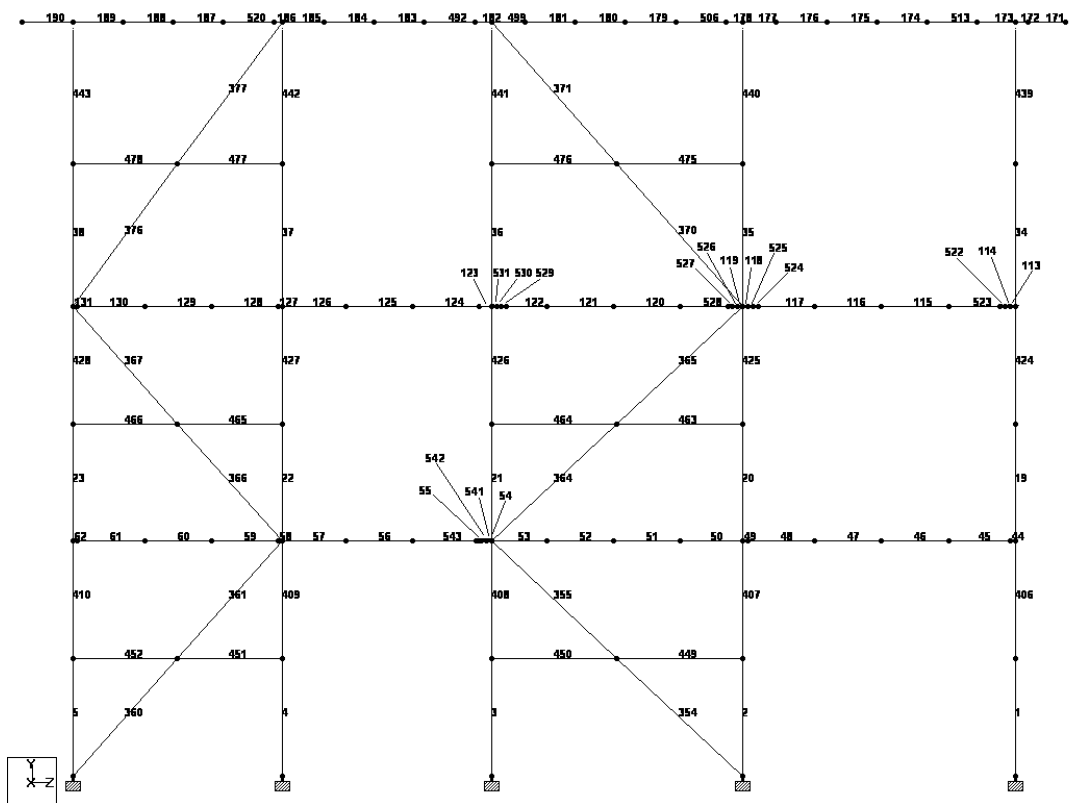


Figura III.40. Numeración de miembros. Pórtico B - Opción 1.

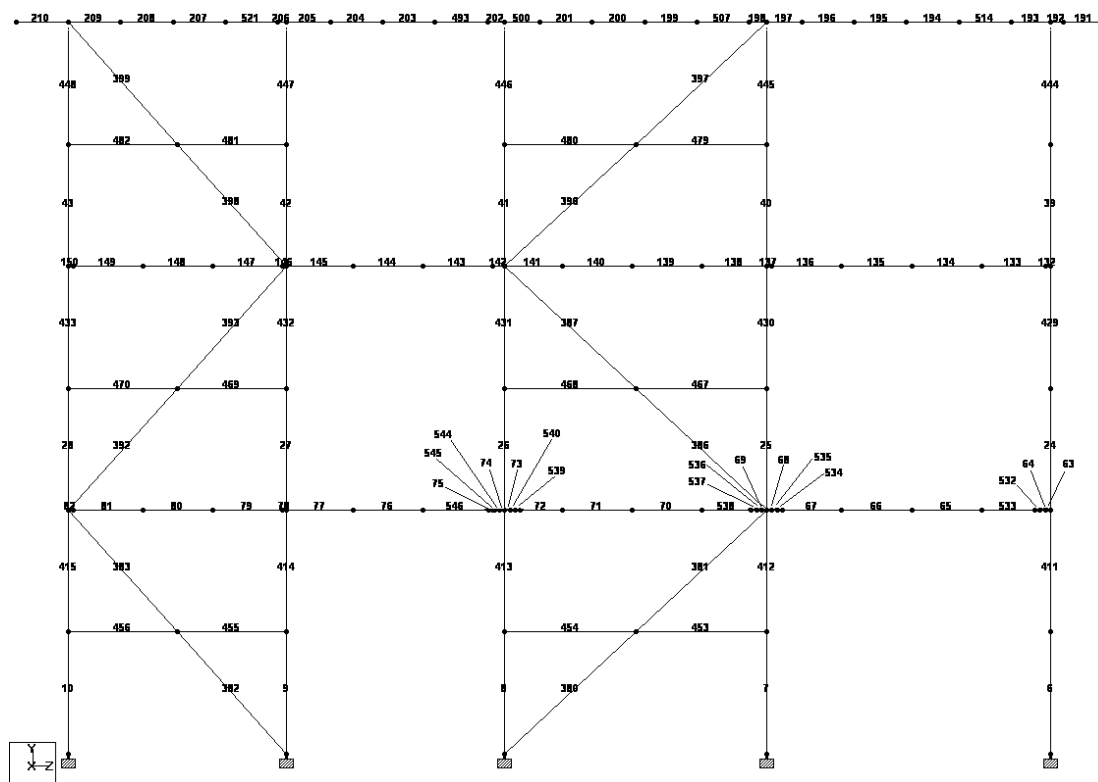


Figura III.41. Numeración de miembros. Pórtico C - Opción 1.

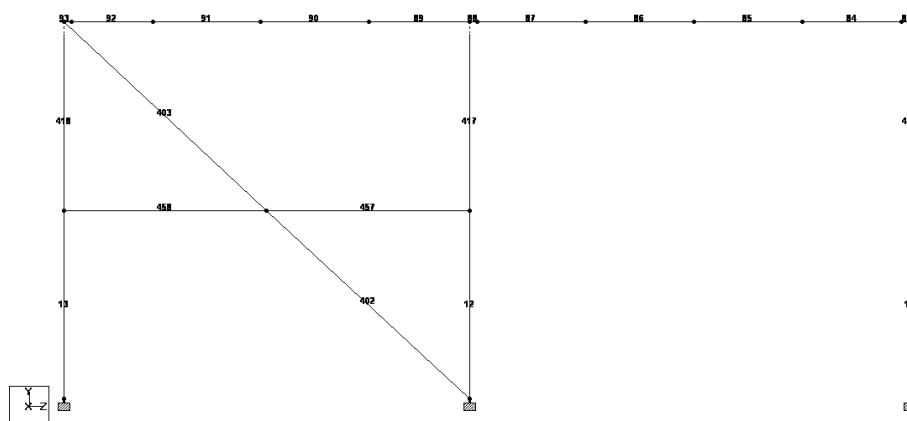


Figura III.42. Numeración de miembros. Pórtico D - Opción 1.

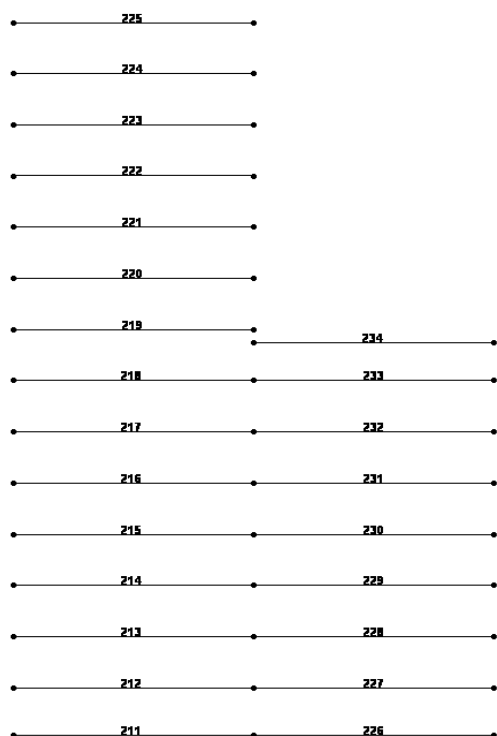


Figura III.43 Numeración de miembros.

Correas Piso 1 - Opción 1

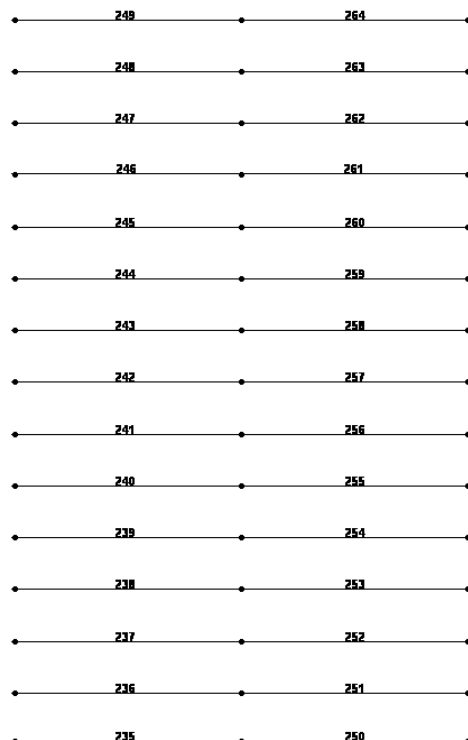


Figura III.44. Numeración de miembros.

Correas Piso 2 - Opción 1.

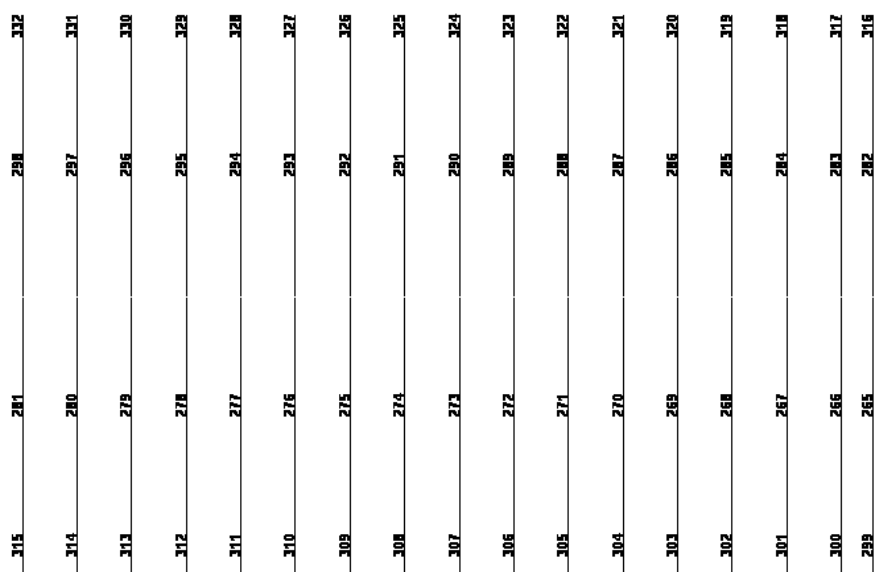


Figura III.45. Numeración de miembros. Correas Techo - Opción 1.

Tabla III.17 – Cálculo de la Deriva de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-
Opción 1, en las direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZOS COMBINADOS									
CASO DE CARGA 4 SX					DIRECCIÓN X				
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0.00)	Verificación (180/00)		
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
14	14	32	0.000	0.016	2.80	6	Cumple		
15	15	33	0.000	0.015	2.80	6	Cumple		
16	16	34	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
17	17	35	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
18	18	36	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
19	19	37	0.000	0.016	2.80	6	Cumple		
20	20	38	0.000	0.015	2.80	6	Cumple		
21	21	39	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
22	22	40	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
23	23	41	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
24	24	42	0.000	0.016	2.80	6	Cumple		
25	25	43	0.000	0.015	2.80	6	Cumple		
26	26	44	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
27	27	45	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
28	28	46	0.000	0.015	2.80	5	Cumple		
29	29	47	0.016	0.021	2.80	2	Cumple		
30	30	48	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
31	31	49	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
32	32	50	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
33	33	51	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
34	34	52	0.016	0.021	2.80	2	Cumple		
35	35	53	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
36	36	54	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
37	37	55	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
38	38	56	0.015	0.021	2.80	2	Cumple		
39	39	57	0.016	0.021	2.80	2	Cumple		
40	40	58	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
41	41	59	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
42	42	60	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		
43	43	61	0.015	0.020	2.80	2	Cumple		

CASO DE CARGA 5 SZ					DIRECCIÓN Z				
Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z (0.00)	Verificación (180/00)		
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
14	14	32	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
15	15	33	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
16	16	34	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
17	17	35	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
18	18	36	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
19	19	37	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
20	20	38	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
21	21	39	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
22	22	40	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
23	23	41	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
24	24	42	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
25	25	43	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
26	26	44	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
27	27	45	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
28	28	46	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
29	29	47	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
30	30	48	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
31	31	49	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
32	32	50	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
33	33	51	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
34	34	52	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
35	35	53	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
36	36	54	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
37	37	55	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
38	38	56	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
39	39	57	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
40	40	58	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
41	41	59	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
42	42	60	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		
43	43	61	0.000	0.000	2.80	0	Cumple		

Tabla III.18 – Cálculo de la flecha en la estructura con Combinaciones de Refuerzos-
Opción 1, para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZOS COMBINADOS									
CASO DE CARGA					BARRA				
2 CV					CORREAS				
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.		Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	
211	0.000	0.0117	Cumple		252	0.002	0.0117	Cumple	
212	0.001	0.0117	Cumple		253	0.002	0.0117	Cumple	
213	0.002	0.0117	Cumple		254	0.001	0.0117	Cumple	
214	0.002	0.0117	Cumple		255	0.002	0.0117	Cumple	
215	0.001	0.0117	Cumple		256	0.002	0.0117	Cumple	
216	0.002	0.0117	Cumple		257	0.002	0.0117	Cumple	
217	0.002	0.0117	Cumple		258	0.001	0.0117	Cumple	
218	0.002	0.0117	Cumple		259	0.002	0.0117	Cumple	
219	0.001	0.0117	Cumple		260	0.002	0.0117	Cumple	
220	0.004	0.0117	Cumple		261	0.001	0.0117	Cumple	
221	0.004	0.0117	Cumple		262	0.002	0.0117	Cumple	
222	0.001	0.0117	Cumple		263	0.002	0.0117	Cumple	
223	0.004	0.0117	Cumple		264	0.000	0.0117	Cumple	
224	0.004	0.0117	Cumple		265	0.001	0.0148	Cumple	
225	0.001	0.0117	Cumple		266	0.001	0.0148	Cumple	
226	0.000	0.0117	Cumple		267	0.003	0.0148	Cumple	
227	0.001	0.0117	Cumple		268	0.003	0.0148	Cumple	
228	0.002	0.0117	Cumple		269	0.003	0.0148	Cumple	
229	0.002	0.0117	Cumple		270	0.002	0.0148	Cumple	
230	0.001	0.0117	Cumple		271	0.003	0.0148	Cumple	
231	0.002	0.0117	Cumple		272	0.003	0.0148	Cumple	
232	0.002	0.0117	Cumple		273	0.003	0.0148	Cumple	
233	0.001	0.0117	Cumple		274	0.003	0.0148	Cumple	
234	0.001	0.0117	Cumple		275	0.003	0.0148	Cumple	
235	0.000	0.0117	Cumple		276	0.002	0.0148	Cumple	
236	0.001	0.0117	Cumple		277	0.002	0.0148	Cumple	
237	0.002	0.0117	Cumple		278	0.003	0.0148	Cumple	
238	0.002	0.0117	Cumple		279	0.002	0.0148	Cumple	
239	0.001	0.0117	Cumple		280	0.001	0.0148	Cumple	
240	0.002	0.0117	Cumple		281	0.001	0.0148	Cumple	
241	0.002	0.0117	Cumple		282	0.001	0.0148	Cumple	
242	0.002	0.0117	Cumple		283	0.003	0.0148	Cumple	
243	0.001	0.0117	Cumple		284	0.003	0.0148	Cumple	
244	0.002	0.0117	Cumple		285	0.003	0.0148	Cumple	
245	0.002	0.0117	Cumple		286	0.002	0.0148	Cumple	
246	0.001	0.0117	Cumple		287	0.003	0.0148	Cumple	
247	0.002	0.0117	Cumple		288	0.003	0.0148	Cumple	
248	0.002	0.0117	Cumple		289	0.003	0.0148	Cumple	
249	0.000	0.0117	Cumple		290	0.003	0.0148	Cumple	
250	0.000	0.0117	Cumple		291	0.003	0.0148	Cumple	
251	0.001	0.0117	Cumple		292	0.002	0.0148	Cumple	
CASO DE CARGA					BARRA				
2 CV					CORREAS				
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.		Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	
A-1-1-2	0.001	0.01	Cumple		293	0.002	0.0148	Cumple	
A-1-2-3	0.001	0.01	Cumple		294	0.003	0.0148	Cumple	
A-1-3-4	0.000	0.01	Cumple		295	0.002	0.0148	Cumple	
A-1-4-5	0.000	0.01	Cumple		296	0.001	0.0148	Cumple	
A-2-0-1	0.000	0.00	Cumple		297	0.000	0.0148	Cumple	
A-2-1-2	0.000	0.01	Cumple		298	0.000	0.0148	Cumple	
A-2-2-3	0.000	0.01	Cumple		299	0.000	0.0025	Cumple	
A-2-3-4	0.000	0.01	Cumple		300	0.000	0.0025	Cumple	
A-2-4-5	0.000	0.01	Cumple		301	0.000	0.0025	Cumple	
A-2-5-6	0.000	0.00	Cumple		302	0.000	0.0025	Cumple	
B-S-1-2	0.001	0.01	Cumple		303	0.000	0.0025	Cumple	
B-S-2-3	0.000	0.01	Cumple		304	0.000	0.0025	Cumple	
B-S-3-4	0.000	0.01	Cumple		305	0.000	0.0025	Cumple	
B-S-4-5	0.000	0.01	Cumple		306	0.000	0.0025	Cumple	
B-1-1-2	0.001	0.01	Cumple		307	0.000	0.0025	Cumple	
B-1-2-3	0.001	0.01	Cumple		308	0.000	0.0025	Cumple	
B-1-3-4	0.001	0.01	Cumple		309	0.000	0.0025	Cumple	
B-1-4-5	0.001	0.01	Cumple		310	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-0-1	0.000	0.00	Cumple		311	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-1-2	0.001	0.01	Cumple		312	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-2-3	0.001	0.01	Cumple		313	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-3-4	0.000	0.01	Cumple		314	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-4-5	0.000	0.01	Cumple		315	0.000	0.0025	Cumple	
B-2-5-6	0.000	0.00	Cumple		316	0.000	0.0025	Cumple	
C-S-1-2	0.001	0.01	Cumple		317	0.000	0.0025	Cumple	
C-S-2-3	0.001	0.01	Cumple		318	0.000	0.0025	Cumple	
C-S-3-4	0.000	0.01	Cumple		319	0.000	0.0025	Cumple	
C-S-4-5	0.000	0.01	Cumple		320	0.000	0.0025	Cumple	
C-1-1-2	0.001	0.01	Cumple		321	0.000	0.0025	Cumple	
C-1-2-3	0.001	0.01	Cumple		322	0.000	0.0025	Cumple	
C-1-3-4	0.000	0.01	Cumple		323	0.000	0.0025	Cumple	
C-1-4-5	0.000	0.01	Cumple		324	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-0-1	0.000	0.00	Cumple		325	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-1-2	0.001	0.01	Cumple		326	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-2-3	0.000	0.01	Cumple		327	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-3-4	0.000	0.01	Cumple		328	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-4-5	0.000	0.01	Cumple		329	0.000	0.0025	Cumple	
C-2-5-6	0.000	0.00	Cumple		330	0.000	0.0025	Cumple	
D-S-1-2	0.001	0.01	Cumple		331	0.000	0.0025	Cumple	
D-S-2-3	0.001	0.01	Cumple		332	0.000	0.0025	Cumple	

En la Tabla III.19 se presentan cada una de las correas de entrepiso de la estructura reforzada, según la numeración introducida en el STAAD.Pro 2004. Además, contiene el máximo momento (de todos los casos de carga aplicados) a los cuales esta sometido cada miembro (M_z) y la respectiva revisión de la acción mixta y resistencia al corte según el Capítulo 28 de la Norma COVENIN 1618-98. Es importante señalar que las revisiones de los miembros se realizaron según lo especificado en el capítulo anterior, con base en la Norma COVENIN 1618-98. Las revisiones de la acción mixta se encuentran detalladas en el Capítulo 28, de la mencionada norma, y algunos de los cálculos efectuados son los siguientes:

El ancho efectivo del ala de concreto a cada lado del eje baricéntrico de la viga (b_e) es el menor valor entre:

- (a) Un octavo de la luz de la viga, medida centro a centro de los apoyos.
- (b) La mitad de la distancia al eje baricéntrico de la viga adyacente.
- (c) La distancia desde el eje baricéntrico de la viga al borde de la losa.

En la correa 211, $b_e = 80$ cm

Luego la altura de la franja de concreto sometida a compresión es igual a:

$$a = T / b_e * 0,85f_c \quad \textbf{(Expresión 1)}$$

En la correa 211, $a = 2,17$ cm. Con T igual a la tensión.

$$r = d/2 + t - a/2 \quad \textbf{(Expresión 2)}$$

En la correa 211 $r = 8,92$ cm. Con d igual a la altura del perfil, t igual al topping de concreto y r , el brazo entre la resultante a compresión y la resultante a tracción.

$$M_p = T \cdot r \quad (\text{Expresión 3})$$

En la correa 211 $M_p = 2363 \text{ kg-m}$. Siendo M_p el Momento resistente que debe ser minorado con $\Phi=0,90$, y $\Phi M_p = 2127 \text{ kg-m}$.

Por otra parte, según la Norma COVENIN 1618-98, en su Capítulo 31, la resistencia teórica de cada conector de corte es igual al menor valor entre:

$V_{ac} = 0,50 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c} \cdot E_c$ y $V_{ac} = A_{sc} \cdot F_u$ (Ecuación 31.1), donde A_{sc} es el área del conector de corte utilizado, F_u es la resistencia última del acero, f_c es la resistencia del concreto y E_c es el módulo de elasticidad del concreto. Finalmente, el número de conectores es:

$$N^{\circ} \text{ conectores} = T / V_{ac} \quad (\text{Expresión 4})$$

$$S = L / (N^{\circ} \text{conectores} - 1) \quad (\text{Expresión 5})$$

Donde L es la luz de la correa y S es la separación entre conectores.

En la correa 211, empleando conectores tipo espárrago:

$$V_{ac} = 3835 \text{ kg}$$

$$N^{\circ} \text{ conectores} = 7 \text{ conectores}$$

$$S = 58 \text{ cm}$$

Seguidamente, al observar la Tabla III-19, se puede afirmar que, la aplicación de la acción mixta resulta una excelente elección, porque permite que todas las correas funcionen correctamente. Se logra solucionar el problema estructural de las correas, sin hacer ninguna modificación de la arquitectura y con un simple procedimiento de colocación de conectores de corte.

Tabla III.19 – Revisión de las Correas de Entrepiso de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.

Barra	Mz kg-m	Acción Mixta	Corte
211	606	Cumple	Cumple
212	1556	Cumple	Cumple
213	1634	Cumple	Cumple
214	1650	Cumple	Cumple
215	1338	Cumple	Cumple
216	1656	Cumple	Cumple
217	1656	Cumple	Cumple
218	1620	Cumple	Cumple
219	1018	Cumple	Cumple
220	1645	Cumple	Cumple
221	1604	Cumple	Cumple
222	1084	Cumple	Cumple
223	1632	Cumple	Cumple
224	1629	Cumple	Cumple
225	541	Cumple	Cumple
226	604	Cumple	Cumple
227	1555	Cumple	Cumple
228	1634	Cumple	Cumple
229	1650	Cumple	Cumple
230	1338	Cumple	Cumple
231	1656	Cumple	Cumple
232	1659	Cumple	Cumple
233	1605	Cumple	Cumple
234	499	Cumple	Cumple
235	601	Cumple	Cumple
236	1554	Cumple	Cumple
237	1633	Cumple	Cumple
238	1649	Cumple	Cumple
239	1338	Cumple	Cumple
240	1655	Cumple	Cumple
241	1657	Cumple	Cumple
242	1650	Cumple	Cumple
243	1378	Cumple	Cumple
244	1660	Cumple	Cumple
245	1654	Cumple	Cumple
246	1365	Cumple	Cumple
247	1659	Cumple	Cumple
248	1657	Cumple	Cumple

Tabla III.19– (Continuación).

Barra	Mz kg-m	Acción Mixta	Corte
249	675	Cumple	Cumple
250	601	Cumple	Cumple
251	1554	Cumple	Cumple
252	1633	Cumple	Cumple
253	1649	Cumple	Cumple
254	1338	Cumple	Cumple
255	1655	Cumple	Cumple
256	1657	Cumple	Cumple
257	1649	Cumple	Cumple
258	1378	Cumple	Cumple
259	1660	Cumple	Cumple
260	1654	Cumple	Cumple
261	1365	Cumple	Cumple
262	1659	Cumple	Cumple
263	1657	Cumple	Cumple
264	675	Cumple	Cumple

La Tabla III.20 contiene los resultados de la revisión manual de cada correa de techo de la estructura reforzada. A cada elemento corresponde el respectivo momento máximo actuante y la revisión de los parámetros de cedencia, flexotorsión y corte de la Norma COVENIN 1618-98 en su Capítulo 16.

Tabla III.20 – Revisión de las Correas de Techo de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.

Barra	Mz kg-m	Cedencia	Flexotorsión	Corte
265	129	Cumple	Cumple	Cumple
266	230	Cumple	Cumple	Cumple
267	330	Cumple	Cumple	Cumple
268	338	Cumple	Cumple	Cumple
269	331	Cumple	Cumple	Cumple
270	290	Cumple	Cumple	Cumple
271	320	Cumple	Cumple	Cumple
272	339	Cumple	Cumple	Cumple
273	330	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.20 – (Continuación).

Barra	Mz kg-m	Cedencia	Flexotorsión	Corte
275	322	Cumple	Cumple	Cumple
276	336	Cumple	Cumple	Cumple
277	300	Cumple	Cumple	Cumple
278	315	Cumple	Cumple	Cumple
279	337	Cumple	Cumple	Cumple
280	308	Cumple	Cumple	Cumple
281	162	Cumple	Cumple	Cumple
282	129	Cumple	Cumple	Cumple
283	230	Cumple	Cumple	Cumple
284	330	Cumple	Cumple	Cumple
285	338	Cumple	Cumple	Cumple
286	331	Cumple	Cumple	Cumple
287	290	Cumple	Cumple	Cumple
288	320	Cumple	Cumple	Cumple
289	339	Cumple	Cumple	Cumple
290	330	Cumple	Cumple	Cumple
292	322	Cumple	Cumple	Cumple
293	336	Cumple	Cumple	Cumple
294	300	Cumple	Cumple	Cumple
295	315	Cumple	Cumple	Cumple
296	337	Cumple	Cumple	Cumple
297	308	Cumple	Cumple	Cumple
298	162	Cumple	Cumple	Cumple
299	17	Cumple	Cumple	Cumple
300	37	Cumple	Cumple	Cumple
301	43	Cumple	Cumple	Cumple
302	43	Cumple	Cumple	Cumple
303	43	Cumple	Cumple	Cumple
304	43	Cumple	Cumple	Cumple
305	43	Cumple	Cumple	Cumple
306	43	Cumple	Cumple	Cumple
307	43	Cumple	Cumple	Cumple
309	43	Cumple	Cumple	Cumple
310	43	Cumple	Cumple	Cumple
311	43	Cumple	Cumple	Cumple
312	43	Cumple	Cumple	Cumple
313	43	Cumple	Cumple	Cumple
314	43	Cumple	Cumple	Cumple
315	22	Cumple	Cumple	Cumple
316	17	Cumple	Cumple	Cumple
317	37	Cumple	Cumple	Cumple
318	43	Cumple	Cumple	Cumple
319	43	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.20 – (Continuación).

Barra	Mz kg-m	Cedencia	Flexotorsión	Corte
320	43	Cumple	Cumple	Cumple
321	43	Cumple	Cumple	Cumple
322	43	Cumple	Cumple	Cumple
323	43	Cumple	Cumple	Cumple
324	43	Cumple	Cumple	Cumple
326	43	Cumple	Cumple	Cumple
327	43	Cumple	Cumple	Cumple
328	43	Cumple	Cumple	Cumple
329	43	Cumple	Cumple	Cumple
330	43	Cumple	Cumple	Cumple
331	43	Cumple	Cumple	Cumple
332	22	Cumple	Cumple	Cumple
483	37	Cumple	Cumple	Cumple
484	209	Cumple	Cumple	Cumple
485	209	Cumple	Cumple	Cumple
486	37	Cumple	Cumple	Cumple
487	37	Cumple	Cumple	Cumple
488	227	Cumple	Cumple	Cumple
489	227	Cumple	Cumple	Cumple
490	37	Cumple	Cumple	Cumple
494	37	Cumple	Cumple	Cumple
495	235	Cumple	Cumple	Cumple
496	235	Cumple	Cumple	Cumple
497	37	Cumple	Cumple	Cumple
501	37	Cumple	Cumple	Cumple
502	255	Cumple	Cumple	Cumple
503	255	Cumple	Cumple	Cumple
504	37	Cumple	Cumple	Cumple
508	37	Cumple	Cumple	Cumple
509	235	Cumple	Cumple	Cumple
510	235	Cumple	Cumple	Cumple
511	37	Cumple	Cumple	Cumple
515	37	Cumple	Cumple	Cumple
516	258	Cumple	Cumple	Cumple
517	258	Cumple	Cumple	Cumple
518	37	Cumple	Cumple	Cumple

La Tabla III.21, contiene momento y corte máximo actuante, y momento y corte máximo resistente, para todas las vigas de carga.

Además, se presenta la revisión de las mismas por corte cedencia y flexotorsión, según la normativa venezolana vigente.

Tabla III.21 – Revisión de las Vigas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.

	CODIGO	Mz (kg-m)	Corte (kg)	ΦM_t (kg*m)	ΦV_t (kg)	Cedencia	Flexotorsión	Corte
1	A-1-1-2	1701	4168	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
2	A-1-2-3	1486	2466	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
3	A-1-3-4	1067	3245	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
4	A-1-4-5	1000	3489	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
5	A-2-0-1	217	840	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
6	A-2-1-2	770	1390	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
7	A-2-2-3	660	1465	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
8	A-2-3-4	478	1266	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
9	A-2-4-5	466	1391	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
10	A-2-5-6	170	292	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
11	B-S-1-2	1701	4168	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
12	B-S-2-3	1489	2475	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
13	B-S-3-4	1528	3971	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
14	B-S-4-5	1265	4087	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
15	B-1-1-2	5409	11379	9936	28802	Cumple	Cumple	Cumple
16	B-1-2-3	4769	7577	9936	28802	Cumple	Cumple	Cumple
17	B-1-3-4	3109	8707	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
18	B-1-4-5	2993	9243	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
19	B-2-0-1	293	829	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
20	B-2-1-2	1379	2248	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
21	B-2-2-3	1139	2092	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
22	B-2-3-4	766	1680	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
23	B-2-4-5	754	1745	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
24	B-2-5-6	272	461	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
25	C-S-1-2	5408	11377	9936	28802	Cumple	Cumple	Cumple
26	C-S-2-3	4788	8405	9936	28802	Cumple	Cumple	Cumple
27	C-S-3-4	1528	3971	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
28	C-S-4-5	1265	4087	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
29	C-1-1-2	1701	4168	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
30	C-1-2-3	1486	2466	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
31	C-1-3-4	1067	3245	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
32	C-1-4-5	1000	3489	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
33	C-2-0-1	217	840	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
34	C-2-1-2	770	1390	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
35	C-2-2-3	660	1465	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
36	C-2-3-4	478	1266	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
37	C-2-4-5	466	1391	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
38	C-2-5-6	170	292	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
39	D-S-1-2	1734	4199	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple
40	D-S-2-3	1529	3279	4163	14829	Cumple	Cumple	Cumple

La Tabla III.22, contiene la fuerza axial máxima actuante y la resistente, para todas las columnas. También presenta el chequeo por esbeltez, pandeo flexional y pandeo flexotorsional, en ambas direcciones. Resulta curioso que la columna más cargada solo trabaja al 65% de su capacidad máxima. Por lo tanto, es claro que todos los elementos se ajustan al Capítulo 15 de la Norma COVENIN 1618-98.

Tabla III.22 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1.

Barra	Nu (kg)	ϕ Nt (kg)	Esbeltez Y	Pandeo Flexional Y	Pandeo Flexotorsional Y	Esbeltez Z	Pandeo Flexional Z	Pandeo Flexotorsional Z
1	8550	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	5013	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	5114	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	5197	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	5280	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	16371	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	9497	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	9597	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	9680	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	9764	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	24993	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
12	14443	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	14547	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	13081	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	8001	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
16	8463	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
17	8847	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
18	9231	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
19	13081	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
20	8002	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
21	8463	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
22	8847	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
23	9232	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
24	13081	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
25	8001	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
26	8463	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
27	8847	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
28	9231	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
29	3688	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
30	2246	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
31	2365	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
32	2464	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
33	2563	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.22 – (Continuación).

Barra	Nu (kg)	ϕ Nt (kg)	Esbeltez Y	Pandeo Flexional Y	Pandeo Flexotorsional Y	Esbeltez Z	Pandeo Flexional Z	Pandeo Flexotorsional Z
34	3036	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
35	1849	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
36	1947	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
37	2028	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
38	2109	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
39	3688	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
40	2246	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
41	2365	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
42	2464	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
43	2563	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
406	8508	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
407	4983	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
408	5083	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
409	5167	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
410	5251	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
411	16329	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
412	9466	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
413	9567	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
414	9651	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
415	9734	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
416	24952	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
417	14414	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
418	14517	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
419	13039	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
420	7971	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
421	8432	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
422	8817	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
423	9202	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
424	13039	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
425	7971	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
426	8433	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
427	8818	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
428	9202	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
429	13039	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
430	7971	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
431	8432	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
432	8817	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
433	9202	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
434	3648	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
435	2217	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
436	2336	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
437	2436	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
438	2535	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
439	2987	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
440	1814	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
441	1912	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
442	1993	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
443	2075	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.22 – (Continuación).

Barra	Nu (kg)	ϕ Nt (kg)	Esbeltez Y	Pandeo Flexional Y	Pandeo Flexotorsional Y	Esbeltez Z	Pandeo Flexional Z	Pandeo Flexotorsional Z
444	3648	37494	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
445	2217	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
446	2336	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
447	2436	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
448	2535	23174	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

En el caso del análisis para “ **Miembros sometidos a solicitaciones combinadas** ”, del capítulo 18 de la norma, se estudiaron los Miembros simétricos sometidos a flexión y fuerzas normales, evaluando dos casos:

a) Cuando $Nu / \Phi Nt \geq 0.2$

$$Nu / \Phi Nt + 8/9 * ((Mux / \Phi b Mtx) + (Muy / \Phi b Mty)) \leq 1 \quad (\text{Ecuación 18-1a})$$

b) Cuando $Nu / \Phi Nt < 0.2$

$$Nu / 2\Phi Nt + ((Mux / \Phi b Mtx) + (Muy / \Phi b Mty)) \leq 1 \quad (\text{Ecuación 18-1b})$$

Donde:

Nt = Resistencia teórica a la compresión.

Nu = Solicitación mayorada a compresión normal.

Mt = Resistencia teórica a flexión.

Mu = Solicitación mayorada a flexión.

$\Phi = \Phi_b$ = Factor de minoración de la resistencia teórica a flexión, 0.90.

Φ_c = Factor de minoración de la resistencia teórica a compresión, 0.85.

Para la columna 1:

$$\Phi Nt = 37494 \text{ kg}$$

$$Nu = 8550 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = 1519 \text{ kg-m}, M_{ty} = 3245 \text{ kg-m}$$

$$M_{ux} = 0.8 \text{ kg-m}, M_{uy} = 7.9 \text{ kg-m}$$

$$0.307 \leq 1 \text{ (18-1a y 18-1b)}$$

Los resultados de esta revisión, se encuentran en la Tabla III.23. Allí se expresan, en ese mismo orden: la fuerza axial máxima actuante, la fuerza axial resistente, el momento actuante en la dirección “x”, el momento resistente en la dirección “x”, el momento actuante en la dirección “y”, el momento resistente en la dirección “y” y, por último, el valor de la expresión 18-1a ó 18-1b, de la norma antes mencionada, según corresponda; el cual debe ser y es siempre menor o igual a 1.

Tabla III.23 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 1, bajo acción combinada.

Barra	Nu (Kg)	ΦN_t (Kg)	M_{ux} (kg*m)	M_{tx} (kg*m)	M_{uy} (kg*m)	M_{ty} (kg*m)	18-1a 18-1b	Verificación
1	8550	37494	0.8	1519	7.9	3245	0.307	cumple
2	5013	23174	5.2	358	7.9	2126	0.327	cumple
3	5114	23174	6.9	358	8.3	2126	0.331	cumple
4	5197	23174	5.0	358	8.6	2126	0.335	cumple
5	5280	23174	3.6	358	9.6	2126	0.339	cumple
6	16371	37494	1.4	1519	7.9	3245	0.515	cumple
7	9497	23174	6.9	358	7.9	2126	0.521	cumple
8	9597	23174	5.0	358	8.3	2126	0.525	cumple
9	9680	23174	3.9	358	8.7	2126	0.528	cumple
10	9764	23174	5.1	358	9.6	2126	0.532	cumple
11	24993	37494	2.1	1519	8.7	3245	0.745	cumple
12	14443	23174	5.1	358	8.7	2126	0.734	cumple
13	14547	23174	6.6	358	9.2	2126	0.738	cumple
14	13081	37494	9.1	1519	1603.7	3245	0.427	cumple
15	8001	23174	6.1	358	1389.4	2126	0.456	cumple
16	8463	23174	7.1	358	1376.9	2126	0.476	cumple
17	8847	23174	5.8	358	1366.5	2126	0.493	cumple
18	9231	23174	5.0	358	1355.7	2126	0.509	cumple
19	13081	37494	8.9	1519	1603.7	3245	0.427	cumple
20	8002	23174	7.2	358	1389.7	2126	0.456	cumple
21	8463	23174	6.2	358	1376.8	2126	0.476	cumple
22	8847	23174	4.8	358	1366.1	2126	0.493	cumple
23	9232	23174	5.6	358	1355.8	2126	0.509	cumple
24	13081	37494	8.8	1519	1603.7	3245	0.427	cumple
25	8001	23174	6.0	358	1389.4	2126	0.456	cumple
26	8463	23174	7.0	358	1376.9	2126	0.476	cumple

Tabla III.23 – (Continuación)

Barra	Nu (Kg)	Φ Nt (Kg)	Mux (kg*m)	Mtx (kg*m)	Muy (kg*m)	Mty (kg*m)	18-1a 18-1b	Verificación
27	8847	23174	5.7	358	1366.5	2126	0.493	cumple
28	9231	23174	5.0	358	1355.7	2126	0.509	cumple
29	3688	37494	5.9	1519	541.2	3245	0.137	cumple
30	2246	23174	6.5	358	469.6	2126	0.173	cumple
31	2365	23174	5.3	358	461.4	2126	0.176	cumple
32	2464	23174	4.3	358	454.3	2126	0.178	cumple
33	2563	23174	5.1	358	447.6	2126	0.180	cumple
34	3036	37494	4.1	1519	388.7	3245	0.129	cumple
35	1849	23174	6.1	358	317.3	2126	0.164	cumple
36	1947	23174	7.8	358	311.9	2126	0.167	cumple
37	2028	23174	5.1	358	307.3	2126	0.168	cumple
38	2109	23174	4.2	358	302.7	2126	0.170	cumple
39	3688	37494	5.4	1519	541.2	3245	0.137	cumple
40	2246	23174	6.5	358	469.6	2126	0.173	cumple
41	2365	23174	5.2	358	461.4	2126	0.176	cumple
42	2464	23174	4.2	358	454.3	2126	0.178	cumple
43	2563	23174	5.0	358	447.6	2126	0.180	cumple
406	8508	37494	0.8	1519	16.3	3245	0.305	cumple
407	4983	23174	6.8	358	14.6	1948	0.334	cumple
408	5083	23174	5.0	358	15.7	1969	0.338	cumple
409	5167	23174	3.7	358	16.7	1986	0.340	cumple
410	5251	23174	5.0	358	17.6	2001	0.343	cumple
411	16329	37494	1.3	1519	16.3	3245	0.514	cumple
412	9466	23174	5.2	358	14.6	1949	0.528	cumple
413	9567	23174	6.8	358	15.7	1970	0.531	cumple
414	9651	23174	4.9	358	16.7	1985	0.534	cumple
415	9734	23174	3.5	358	17.6	2000	0.537	cumple
416	24952	37494	2.0	1519	17.5	3245	0.744	cumple
417	14414	23174	6.9	358	15.9	1963	0.740	cumple
418	14517	23174	5.0	358	17.1	1984	0.744	cumple
419	13039	37494	9.0	1519	1600.1	3245	0.426	cumple
420	7971	23174	6.9	358	1387.0	2126	0.455	cumple
421	8432	23174	5.9	358	1374.1	2126	0.475	cumple
422	8817	23174	4.5	358	1363.4	2126	0.491	cumple
423	9202	23174	5.2	358	1353.2	2126	0.508	cumple
424	13039	37494	8.8	1519	1600.1	3245	0.426	cumple
425	7971	23174	5.7	358	1386.7	2126	0.455	cumple
426	8433	23174	6.8	358	1374.2	2126	0.475	cumple
427	8818	23174	5.4	358	1363.9	2126	0.491	cumple
428	9202	23174	4.7	358	1353.1	2126	0.508	cumple
429	13039	37494	8.7	1519	1600.1	3245	0.426	cumple
430	7971	23174	6.8	358	1387.0	2126	0.455	cumple
431	8432	23174	5.8	358	1374.1	2126	0.475	cumple
432	8817	23174	4.5	358	1363.4	2126	0.491	cumple
433	9202	23174	5.2	358	1353.2	2126	0.508	cumple
434	3648	37494	5.1	1519	537.4	3245	0.137	cumple
435	2217	23174	5.3	358	467.4	2126	0.172	cumple
436	2336	23174	7.0	358	459.4	2126	0.175	cumple
437	2436	23174	5.1	358	453.0	2126	0.177	cumple
438	2535	23174	3.9	358	446.2	2126	0.179	cumple
439	2987	37494	3.0	1519	383.3	3245	0.128	cumple
440	1814	23174	8.3	358	314.5	2126	0.164	cumple

Tabla III.23 – (Continuación)

Barra	Nu (Kg)	ΦN_t (Kg)	Mux (kg*m)	Mtx (kg*m)	Muy (kg*m)	Mty (kg*m)	18-1a 18-1b	Verificación
441	1912	23174	6.3	358	309.0	2126	0.166	cumple
442	1993	23174	4.0	358	304.5	2126	0.168	cumple
443	2075	23174	5.4	358	300.0	2126	0.169	cumple
444	3648	37494	4.6	1519	537.4	3245	0.137	cumple
445	2217	23174	5.3	358	467.4	2126	0.172	cumple
446	2336	23174	7.0	358	459.4	2126	0.175	cumple
447	2436	23174	5.1	358	453.0	2126	0.177	cumple
448	2535	23174	3.8	358	446.2	2126	0.179	cumple

III.3.6 Estructura con Combinaciones de Refuerzos - Opción 2

En éste caso se aplicaron diversos tipos de refuerzos, de acuerdo a las fallas existentes en la estructura original, entre los cuales se encuentran:

1. Acción mixta en entrepisos y techo: consiste en hacer trabajar los perfiles IPN100 de las correas de entrepiso y los IPN80 de las correas de techo, con las losas de concreto, mediante conectores de corte. El ancho efectivo del concreto es de 80 cm en ambos casos y el espesor es de 5 y 4 cm de para entrepiso y techo respectivamente. El número total de conectores de corte empleados es de 718 (7 por cada correa de entrepiso y 5 por cada correa de techo). La finalidad de este refuerzo es aumentar la resistencia de las correas (ver Figura III.46).

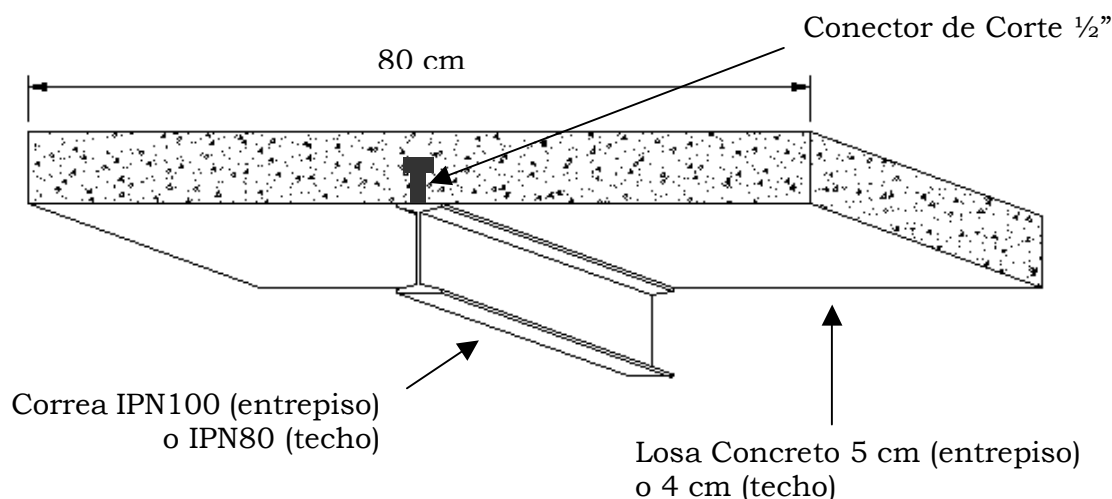


Figura III.46. Acción mixta-Opción 2

2. Refuerzo de las columnas: consiste en colocar un Perfil tipo canal de acero, soldado a todo lo largo de las columnas. Un total de 123.40 m de longitud, con Perfil UPN140. La finalidad es otorgar mayor resistencia a las columnas, evitando la colocación de diagonales,

cruces u otro elemento que interfiera con la arquitectura (ver Figura III.47).

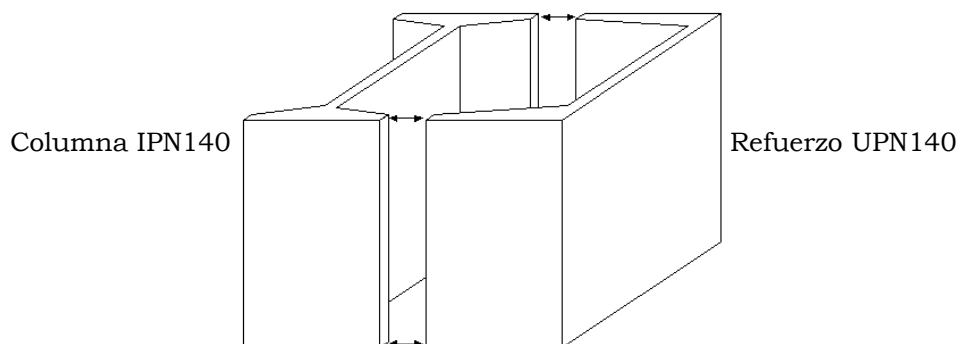


Figura III.47. Refuerzo de las columnas con perfil tipo Canal.

3. Colocación de cartelas: debido a la insuficiencia de resistencia de algunas vigas de carga, se hizo necesaria la colocación de cartelas. En total se colocaron 10, reforzando las vigas B-2-1-2, B-2-2-3, C-1-1-2 y C-1-2-3, en ambos extremos, y las vigas B-1-3-4 y C-1-3-4, en sólo uno de sus extremos. Las cartelas están fabricadas con perfiles IPN180, los cuales forman ángulos de 45° tanto con la viga como con la columna (ver Figura III.48).

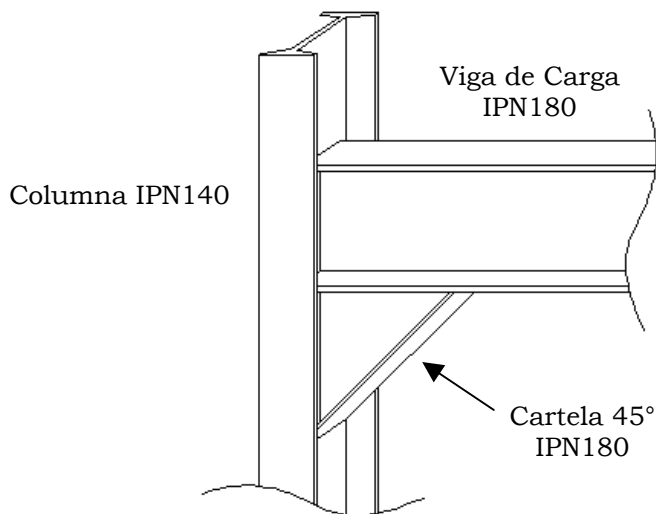


Figura III.48. Esquema del refuerzo tipo Cartela-Opción 2.

A continuación se presenta el detalle del arriostramiento en cada pórtico:

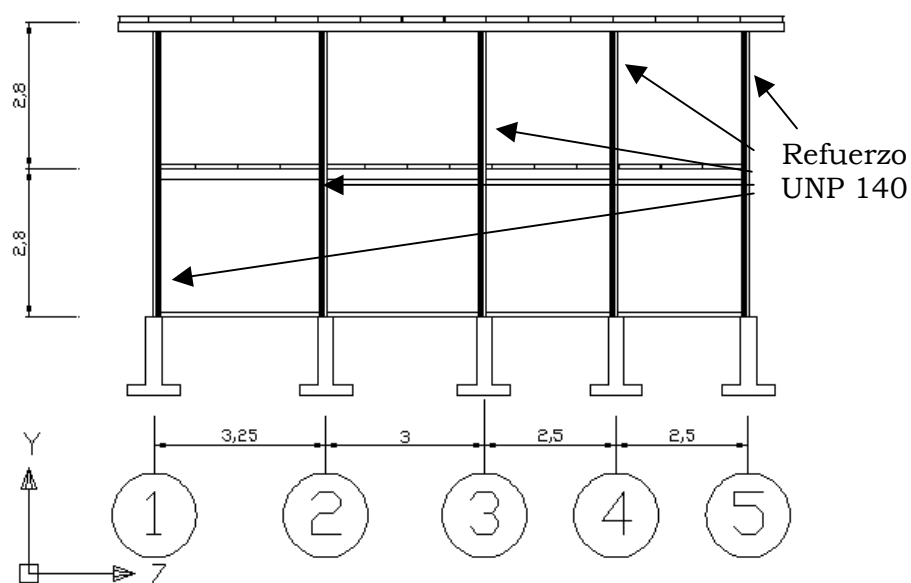


Figura III.49. Arriostramiento del Pórtico A-Opción 2.

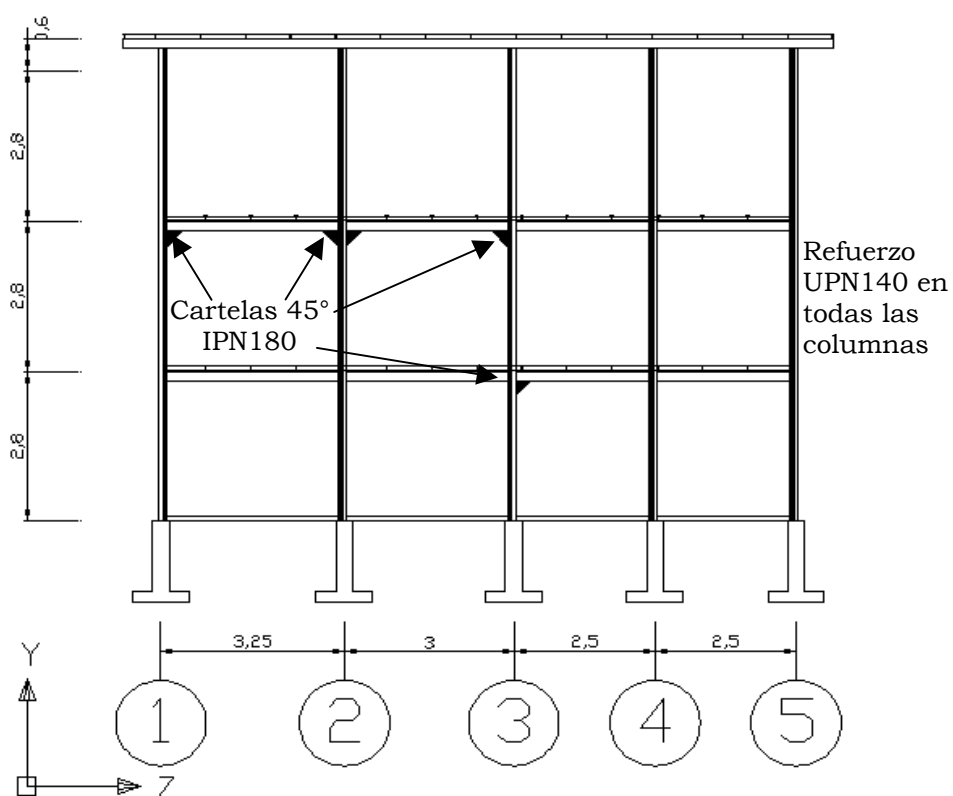


Figura III.50. Arriostramiento del Pórtico B-Opción 2.

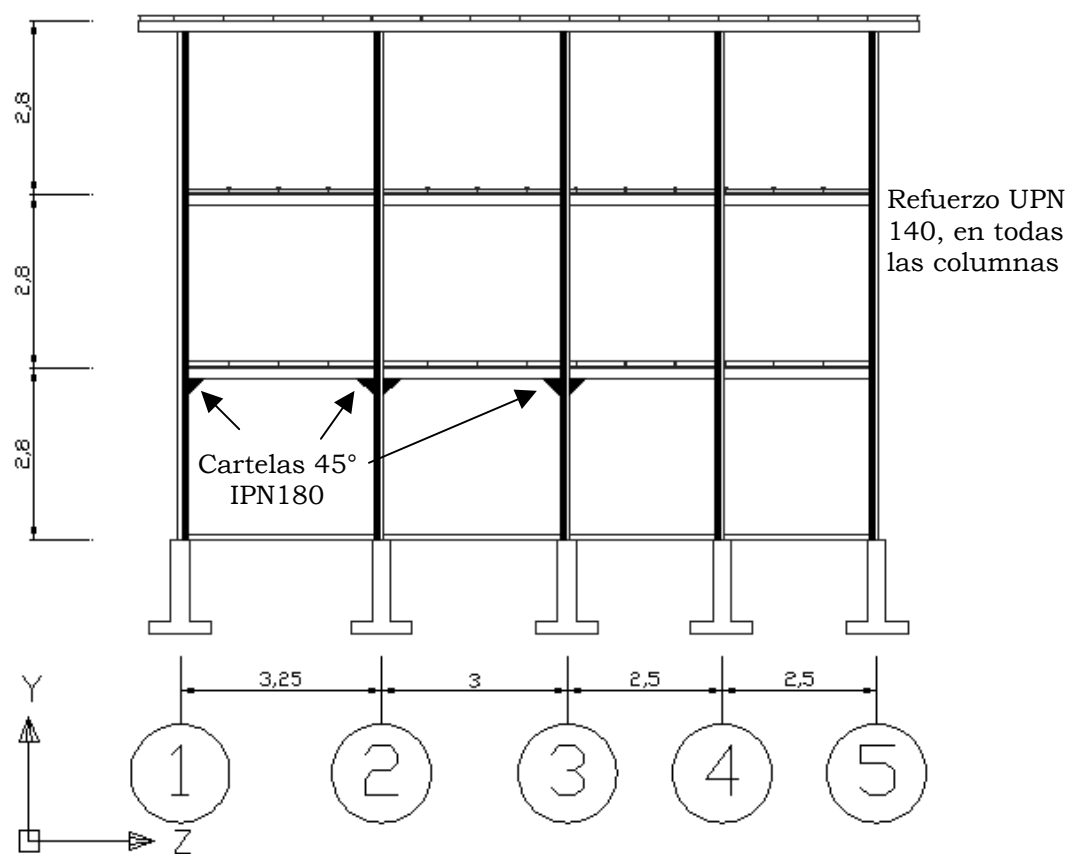


Figura III.51. Arriostramiento del Pórtico C-Opción 2.

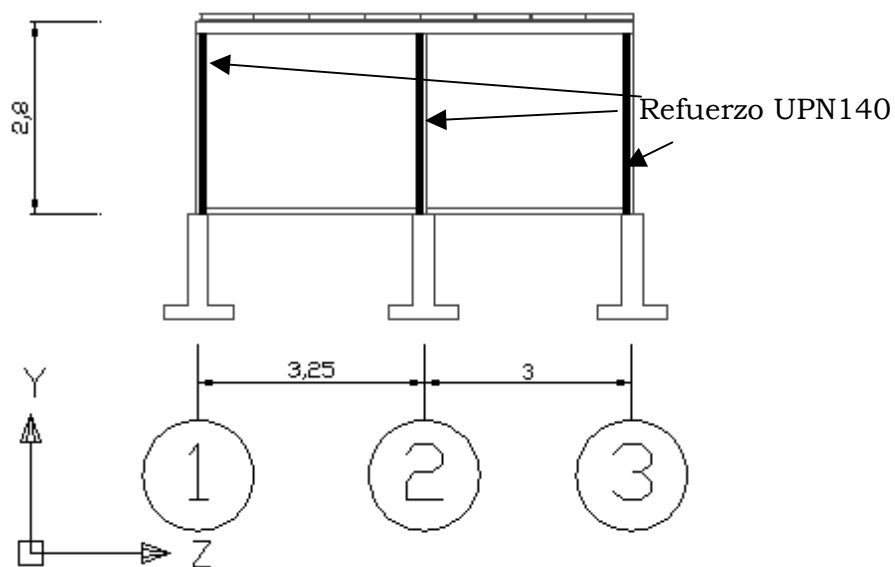


Figura III.52. Arriostramiento del Pórtico D-Opción 2.

En la Tabla III.24 se presentan los cálculos de la deriva en la estructura reforzada con las combinaciones antes descritas. Se puede afirmar que esta combinación de refuerzos, ofrece la estabilidad requerida por la estructura, ante un la acción de un sismo, ya que la deriva se encuentra siempre por debajo de 18 ^0_{00} .

En la Tabla III.25 se presentan las deflexiones máximas para correas y vigas de carga. Es de gran importancia señalar que en la estructura original todas las correas excedían el máximo valor de deflexión establecido, sin embargo, al hacerlas trabajar bajo la acción mixta cumplen con los valores normativos, sin perturbar la arquitectura.

En las Figuras III.53, III.54, III.55, III.56, III.57, III.58 y III.59 se muestran, cada uno de los pórticos A, B, C y D, y los planos de Piso 1, Piso 2 y techo, respectivamente; con la correspondiente numeración de cada uno de los miembros de la estructura reforzada mediante la Opción 2.

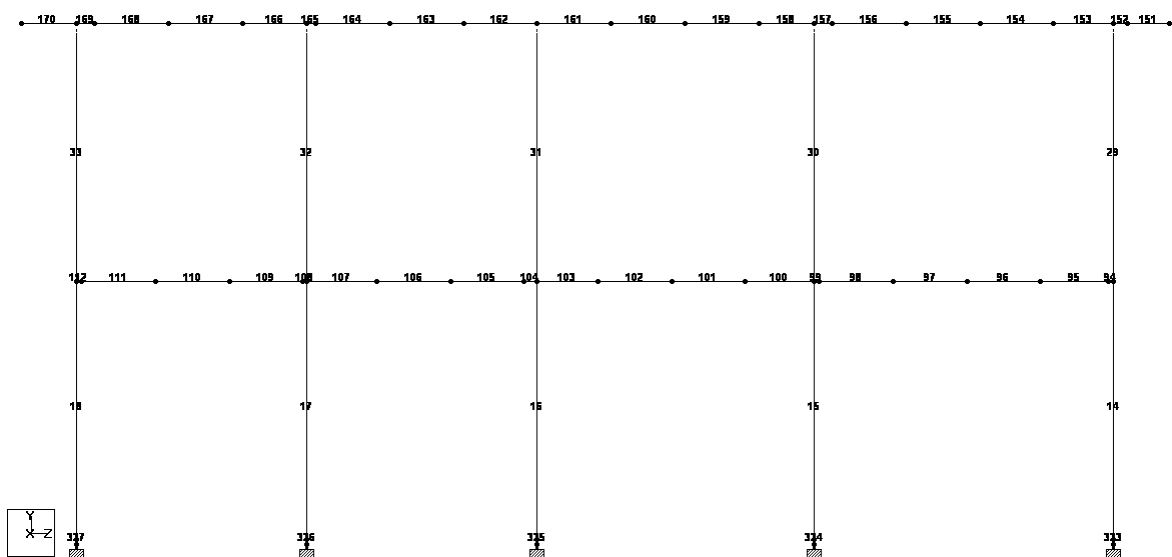


Figura III.53. Numeración de miembros. Pórtico A - Opción 2.

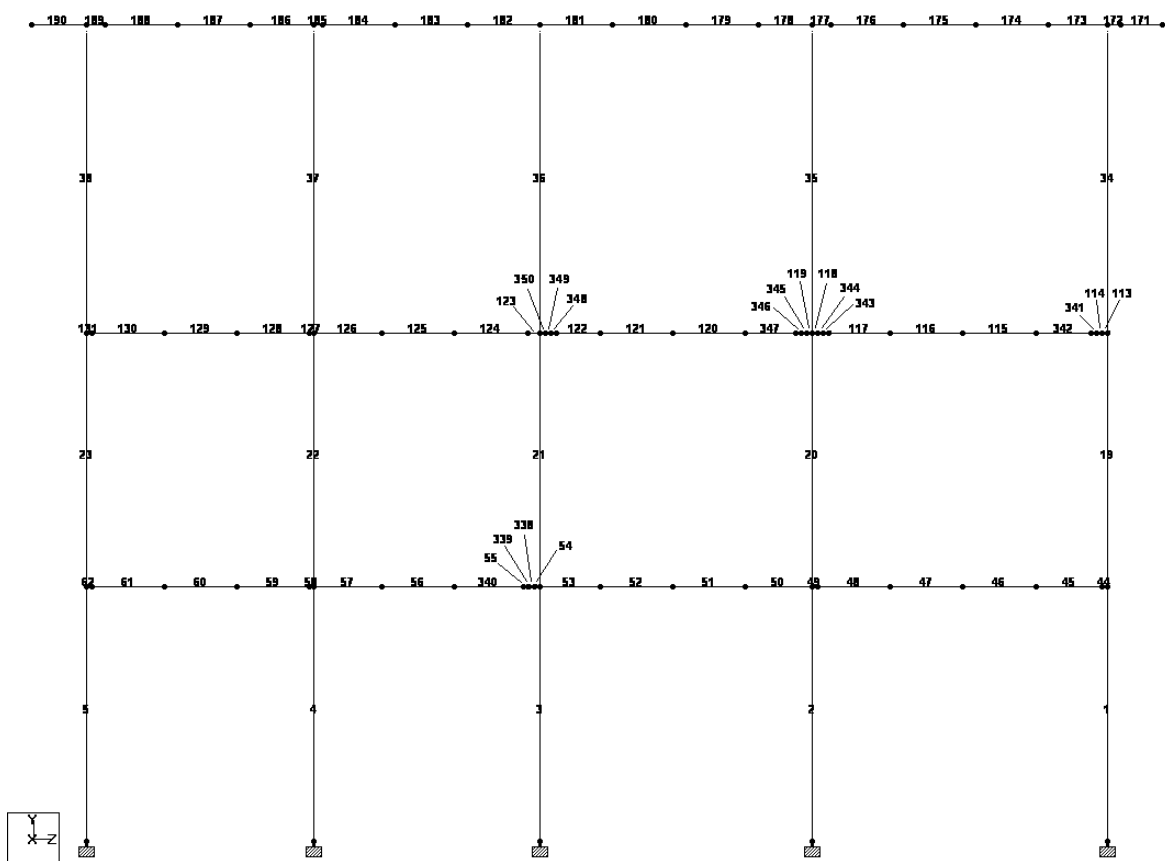


Figura III.54. Numeración de miembros. Pórtico B - Opción 2.

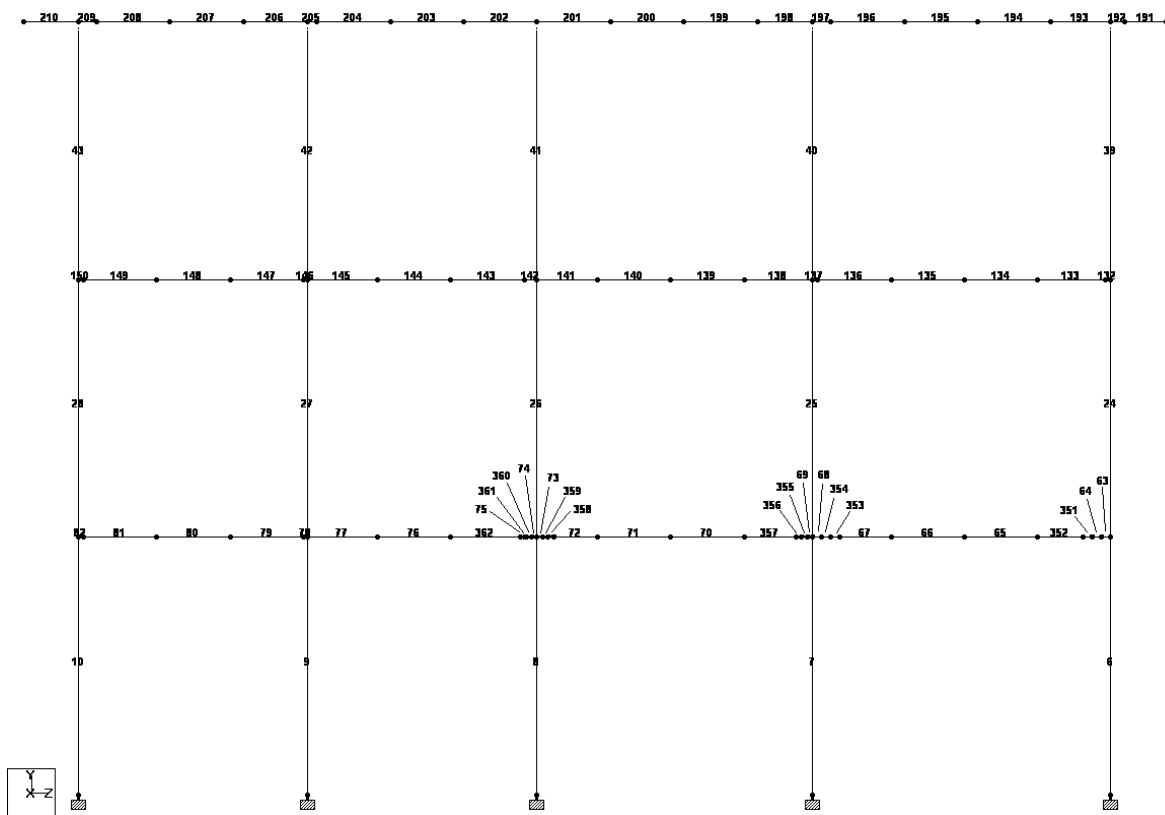


Figura III.55. Numeración de miembros. Pórtico C - Opción 2.

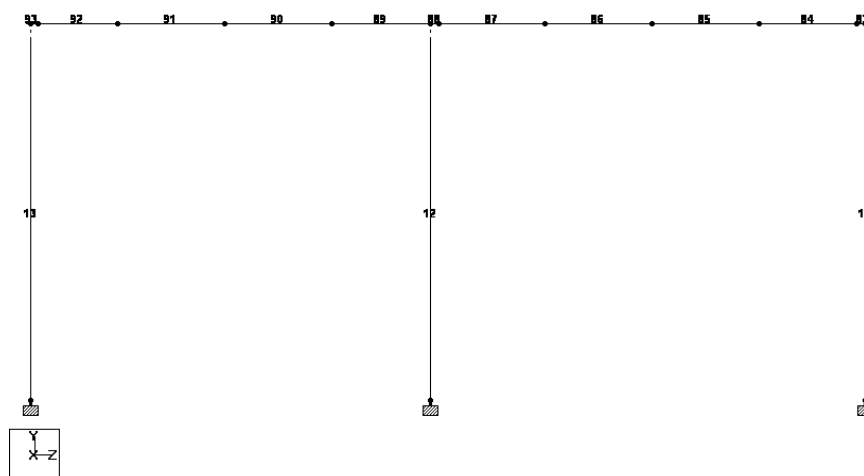


Figura III.56. Numeración de miembros. Pórtico D - Opción 2.

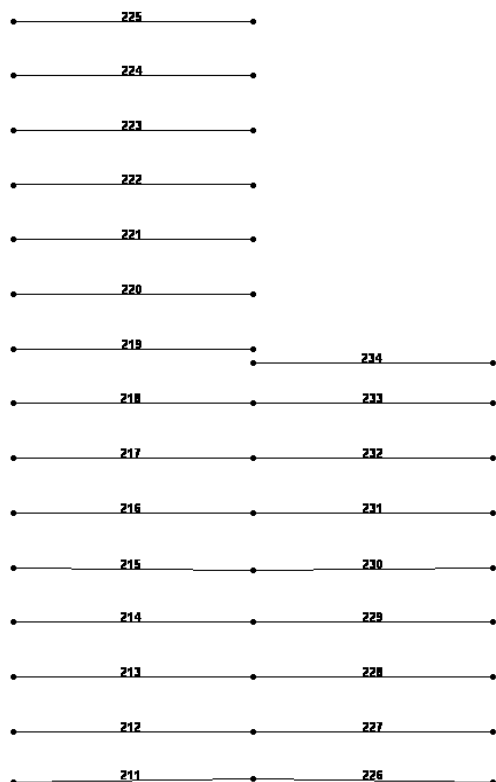


Figura III.57. Numeración de miembros.
Correas Piso 1 – Opción 2.

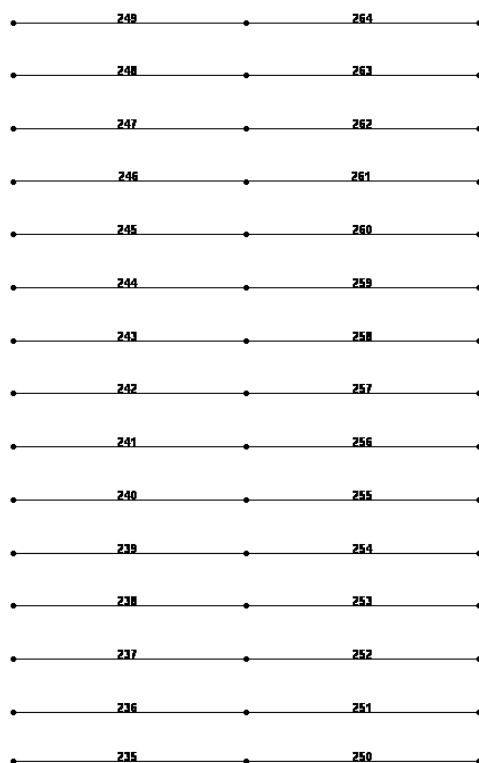


Figura III.58. Numeración de miembros.
Correas Piso 2 - Opción 2.

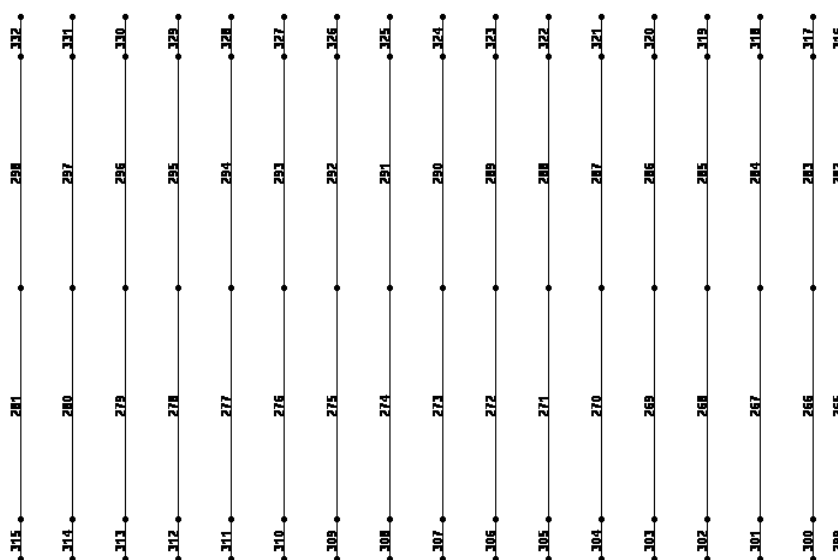


Figura III.59. Numeración de miembros. Correas Techo – Opción 2.

Tabla III.24 – Cálculo de la Deriva de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-
Opción 2, en las direcciones X y Z.

CÁLCULO DE LA DERIVA PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZOS COMBINADOS															
CASO DE CARGA						DIRECCIÓN									
4 SX						X									
Barra	Ni	Nf	Desp. X nodo inicial (m)	Desp. X nodo final (m)	L (m)	Deriva X (0/00)	Verificación (180/00)	Barra	Ni	Nf	Desp. Z nodo inicial (m)	Desp. Z nodo final (m)	L (m)	Deriva Z (0/00)	Verificación (180/00)
1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	1	1	19	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	2	2	20	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	3	3	21	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	4	4	22	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	5	5	23	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	6	6	24	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	7	7	25	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	8	8	26	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	9	9	27	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	10	10	28	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	11	11	29	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	12	12	30	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple	13	13	31	0.000	0.000	2.80	0	Cumple
14	14	32	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	14	14	32	0.000	0.017	2.80	6	Cumple
15	15	33	0.000	0.008	2.80	3	Cumple	15	15	33	0.000	0.017	2.80	6	Cumple
16	16	34	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	16	16	34	0.000	0.017	2.80	6	Cumple
17	17	35	0.000	0.010	2.80	4	Cumple	17	17	35	0.000	0.017	2.80	6	Cumple
18	18	36	0.000	0.013	2.80	5	Cumple	18	18	36	0.000	0.017	2.80	6	Cumple
19	19	37	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	19	19	37	0.000	0.015	2.80	5	Cumple
20	20	38	0.000	0.008	2.80	3	Cumple	20	20	38	0.000	0.015	2.80	5	Cumple
21	21	39	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	21	21	39	0.000	0.015	2.80	5	Cumple
22	22	40	0.000	0.010	2.80	4	Cumple	22	22	40	0.000	0.015	2.80	5	Cumple
23	23	41	0.000	0.013	2.80	5	Cumple	23	23	41	0.000	0.015	2.80	5	Cumple
24	24	42	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	24	24	42	0.000	0.013	2.80	5	Cumple
25	25	43	0.000	0.008	2.80	3	Cumple	25	25	43	0.000	0.013	2.80	5	Cumple
26	26	44	0.000	0.009	2.80	3	Cumple	26	26	44	0.000	0.013	2.80	5	Cumple
27	27	45	0.000	0.010	2.80	4	Cumple	27	27	45	0.000	0.013	2.80	5	Cumple
28	28	46	0.000	0.013	2.80	5	Cumple	28	28	46	0.000	0.013	2.80	5	Cumple
29	29	47	0.009	0.014	2.80	2	Cumple	29	32	47	0.017	0.027	2.80	3	Cumple
30	33	48	0.008	0.012	2.80	1	Cumple	30	33	48	0.017	0.027	2.80	3	Cumple
31	34	49	0.009	0.013	2.80	2	Cumple	31	34	49	0.017	0.027	2.80	3	Cumple
32	35	50	0.010	0.016	2.80	2	Cumple	32	35	50	0.017	0.027	2.80	3	Cumple
33	36	51	0.013	0.020	2.80	3	Cumple	33	36	51	0.017	0.027	2.80	3	Cumple
34	37	52	0.009	0.014	2.80	2	Cumple	34	37	52	0.015	0.023	2.80	3	Cumple
35	38	53	0.008	0.012	2.80	1	Cumple	35	38	53	0.015	0.023	2.80	3	Cumple
36	39	54	0.009	0.013	2.80	2	Cumple	36	39	54	0.015	0.023	2.80	3	Cumple
37	40	55	0.010	0.016	2.80	2	Cumple	37	40	55	0.015	0.023	2.80	3	Cumple
38	41	56	0.013	0.020	2.80	3	Cumple	38	41	56	0.015	0.023	2.80	3	Cumple
39	42	57	0.009	0.014	2.80	2	Cumple	39	42	57	0.013	0.020	2.80	2	Cumple
40	43	58	0.008	0.012	2.80	1	Cumple	40	43	58	0.013	0.020	2.80	2	Cumple
41	44	59	0.009	0.013	2.80	2	Cumple	41	44	59	0.013	0.020	2.80	2	Cumple
42	45	60	0.010	0.016	2.80	2	Cumple	42	45	60	0.013	0.020	2.80	2	Cumple
43	46	61	0.013	0.020	2.80	3	Cumple	43	46	61	0.013	0.020	2.80	2	Cumple

Tabla III.25 – Cálculo de la flecha en la estructura con Combinaciones de Refuerzos-
Opción 2, para Correas y Vigas de Carga.

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES PARA LA ESTRUCTURA CON REFUERZOS COMBINADOS															
CASO DE CARGA 2 CV				BARRA CORREAS				CASO DE CARGA 2 CV				BARRA VIGAS			
Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.	Barra	Deflexión (m)	Deflexión máxima (m)	Verif.
211	0.000	0.0117	Cumple	252	0.002	0.0117	Cumple	293	0.001	0.0148	Cumple	A-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
212	0.001	0.0117	Cumple	253	0.002	0.0117	Cumple	294	0.001	0.0148	Cumple	A-1-2-3	0.000	0.01	Cumple
213	0.002	0.0117	Cumple	254	0.001	0.0117	Cumple	295	0.001	0.0148	Cumple	A-1-3-4	0.000	0.01	Cumple
214	0.002	0.0117	Cumple	255	0.002	0.0117	Cumple	296	0.001	0.0148	Cumple	A-1-4-5	0.000	0.01	Cumple
215	0.001	0.0117	Cumple	256	0.002	0.0117	Cumple	297	0.001	0.0148	Cumple	A-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
216	0.002	0.0117	Cumple	257	0.002	0.0117	Cumple	298	0.000	0.0148	Cumple	A-2-1-2	0.000	0.01	Cumple
217	0.002	0.0117	Cumple	258	0.001	0.0117	Cumple	299	0.000	0.0025	Cumple	A-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
218	0.002	0.0117	Cumple	259	0.002	0.0117	Cumple	300	0.000	0.0025	Cumple	A-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
219	0.001	0.0117	Cumple	260	0.002	0.0117	Cumple	301	0.000	0.0025	Cumple	A-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
220	0.004	0.0117	Cumple	261	0.001	0.0117	Cumple	302	0.000	0.0025	Cumple	A-2-5-6	0.000	0.01	Cumple
221	0.004	0.0117	Cumple	262	0.002	0.0117	Cumple	303	0.000	0.0025	Cumple	B-S-1-2	0.001	0.01	Cumple
222	0.001	0.0117	Cumple	263	0.002	0.0117	Cumple	304	0.000	0.0025	Cumple	B-S-2-3	0.000	0.01	Cumple
223	0.004	0.0117	Cumple	264	0.000	0.0117	Cumple	305	0.000	0.0025	Cumple	B-S-3-4	0.000	0.01	Cumple
224	0.004	0.0117	Cumple	265	0.000	0.0148	Cumple	306	0.000	0.0025	Cumple	B-S-4-5	0.000	0.01	Cumple
225	0.001	0.0117	Cumple	266	0.000	0.0148	Cumple	307	0.000	0.0025	Cumple	B-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
226	0.000	0.0117	Cumple	267	0.001	0.0148	Cumple	308	0.000	0.0025	Cumple	B-1-2-3	0.001	0.01	Cumple
227	0.001	0.0117	Cumple	268	0.001	0.0148	Cumple	309	0.000	0.0025	Cumple	B-1-3-4	0.001	0.01	Cumple
228	0.002	0.0117	Cumple	269	0.001	0.0148	Cumple	310	0.000	0.0025	Cumple	B-1-4-5	0.001	0.01	Cumple
229	0.002	0.0117	Cumple	270	0.001	0.0148	Cumple	311	0.000	0.0025	Cumple	B-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
230	0.001	0.0117	Cumple	271	0.001	0.0148	Cumple	312	0.000	0.0025	Cumple	B-2-1-2	0.000	0.01	Cumple
231	0.002	0.0117	Cumple	272	0.001	0.0148	Cumple	313	0.000	0.0025	Cumple	B-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
232	0.002	0.0117	Cumple	273	0.001	0.0148	Cumple	314	0.000	0.0025	Cumple	B-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
233	0.001	0.0117	Cumple	274	0.001	0.0148	Cumple	315	0.000	0.0025	Cumple	B-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
234	0.001	0.0117	Cumple	275	0.001	0.0148	Cumple	316	0.000	0.0025	Cumple	B-2-5-6	0.000	0.00	Cumple
235	0.000	0.0117	Cumple	276	0.001	0.0148	Cumple	317	0.000	0.0025	Cumple	C-S-1-2	0.001	0.01	Cumple
236	0.001	0.0117	Cumple	277	0.001	0.0148	Cumple	318	0.000	0.0025	Cumple	C-S-2-3	0.001	0.01	Cumple
237	0.002	0.0117	Cumple	278	0.001	0.0148	Cumple	319	0.000	0.0025	Cumple	C-S-3-4	0.000	0.01	Cumple
238	0.002	0.0117	Cumple	279	0.001	0.0148	Cumple	320	0.000	0.0025	Cumple	C-S-4-5	0.000	0.01	Cumple
239	0.001	0.0117	Cumple	280	0.001	0.0148	Cumple	321	0.000	0.0025	Cumple	C-1-1-2	0.001	0.01	Cumple
240	0.002	0.0117	Cumple	281	0.000	0.0148	Cumple	322	0.000	0.0025	Cumple	C-1-2-3	0.001	0.01	Cumple
241	0.002	0.0117	Cumple	282	0.000	0.0148	Cumple	323	0.000	0.0025	Cumple	C-1-3-4	0.000	0.01	Cumple
242	0.002	0.0117	Cumple	283	0.000	0.0148	Cumple	324	0.000	0.0025	Cumple	C-1-4-5	0.000	0.01	Cumple
243	0.001	0.0117	Cumple	284	0.001	0.0148	Cumple	325	0.000	0.0025	Cumple	C-2-0-1	0.000	0.00	Cumple
244	0.002	0.0117	Cumple	285	0.001	0.0148	Cumple	326	0.000	0.0025	Cumple	C-2-1-2	0.000	0.01	Cumple
245	0.002	0.0117	Cumple	286	0.001	0.0148	Cumple	327	0.000	0.0025	Cumple	C-2-2-3	0.000	0.01	Cumple
246	0.001	0.0117	Cumple	287	0.001	0.0148	Cumple	328	0.000	0.0025	Cumple	C-2-3-4	0.000	0.01	Cumple
247	0.002	0.0117	Cumple	288	0.001	0.0148	Cumple	329	0.000	0.0025	Cumple	C-2-4-5	0.000	0.01	Cumple
248	0.002	0.0117	Cumple	289	0.001	0.0148	Cumple	330	0.000	0.0025	Cumple	C-2-5-6	0.000	0.00	Cumple
249	0.000	0.0117	Cumple	290	0.001	0.0148	Cumple	331	0.000	0.0025	Cumple	D-S-1-2	0.001	0.01	Cumple
250	0.000	0.0117	Cumple	291	0.001	0.0148	Cumple	332	0.000	0.0025	Cumple	D-S-2-3	0.001	0.01	Cumple
251	0.001	0.0117	Cumple	292	0.001	0.0148	Cumple								

En la Tabla III.26 y III.27 se presentan las correas de entrepiso y techo, respectivamente, según la nomenclatura empleada en el programa de computadora. Además, contiene la revisión de la acción mixta y resistencia al corte según la Norma COVENIN 1618-98.

Al observar los resultados de dichas tablas se puede afirmar que, a través de la acción mixta se logra que las correas de entrepiso y techo, cumplan con los requerimientos establecidos en la norma, empleando un total de 718 conectores de corte de $\frac{1}{2}$ " en todas las correas.

En la Tabla III.28, se presentan las vigas de carga con sus respectivos momentos y cortes máximos, actuantes y resistentes, acompañados de la revisión realizada por corte, cedencia y flexotorsión, según la Norma COVENIN 1618-98, en la cual se observa que ninguna de las vigas de carga presenta deficiencias con respecto dichos parámetros.

Tabla III.26– Revisión de las Correas de Entrepiso de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.

Barra	Momento-Z kg-m	Acción Mixta	Corte	Φ conec	Nº conectores	S _{conectores} (cm)
211	630.343	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
212	1632.775	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
213	1719.436	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
214	1730.725	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
215	1392.046	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
216	1723.532	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
217	1723.483	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
218	1685.815	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
219	1059.507	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
220	1712.608	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
221	1669.171	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
222	1128.192	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
223	1698.199	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
224	1695.748	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
225	562.752	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
226	627.481	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
227	1631.303	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
228	1719.41	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
229	1730.701	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
230	1392.044	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
231	1723.581	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
232	1726.519	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
233	1670.391	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
234	518.94	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
235	625.065	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
236	1617.108	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
237	1700.05	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
238	1716.636	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
239	1392.511	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
240	1723.126	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
241	1724.383	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
242	1717.241	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
243	1434.011	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
244	1727.968	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
245	1721.441	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
246	1420.387	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
247	1726.557	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
248	1724.744	Cumple	Cumple	1/2"	7	58

Tabla III.26– (Continuación)

Barra	Momento-Z kg-m	Acción Mixta	Corte	Φ conec	Nº conectores	S _{conectores} (cm)
249	702.729	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
250	625.065	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
251	1617.108	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
252	1700.05	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
253	1716.636	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
254	1392.511	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
255	1723.126	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
256	1724.383	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
257	1717.241	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
258	1434.011	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
259	1727.968	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
260	1721.441	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
261	1420.387	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
262	1726.557	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
263	1724.744	Cumple	Cumple	1/2"	7	58
264	702.729	Cumple	Cumple	1/2"	7	58

Tabla III.27 – Revisión de las Correas de Techo de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.

Barra	Momento-Z kg-m	Acción Mixta	Corte	Φ conec	Nº conectores	S _{conectores} (cm)
265	195.227	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
266	507.848	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
267	726.421	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
268	768.32	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
269	750.599	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
270	675.46	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
271	721.029	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
272	759.833	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
273	735.179	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
274	639.504	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
275	726.479	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
276	730.625	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
277	658.483	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
278	721.832	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
279	734.219	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
280	674.799	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
281	361.372	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
282	195.227	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
283	507.848	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
284	726.421	Cumple	Cumple	1/2"	5	89

Tabla III.27– (Continuación)

Barra	Momento-Z kg-m	Acción Mixta	Corte	Φ conec	Nº conectores	S _{conectores} (cm)
285	768.32	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
286	750.599	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
287	675.46	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
288	721.029	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
289	759.833	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
290	735.179	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
291	639.504	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
292	726.479	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
293	730.625	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
294	658.483	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
295	721.832	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
296	734.219	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
297	674.799	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
298	361.375	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
299	124.765	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
300	187.243	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
301	436.737	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
302	496.229	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
303	399.234	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
304	302.54	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
305	443.134	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
306	406.003	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
307	427.927	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
308	18.948	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
309	447.097	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
310	441.264	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
311	182.122	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
312	451.369	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
313	436.806	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
314	305.541	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
315	231.155	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
316	124.765	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
317	187.243	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
318	436.737	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
319	496.229	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
320	399.234	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
321	302.54	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
322	443.134	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
323	406.003	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
324	427.927	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
325	18.948	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
326	447.097	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
327	441.264	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
328	182.122	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
329	451.369	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
330	436.806	Cumple	Cumple	1/2"	5	89

Tabla III.27– (Continuación)

Barra	Momento-Z kg-m	Acción Mixta	Corte	Φ conec	Nº conectores	S _{conectores} (cm)
331	305.541	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
332	231.157	Cumple	Cumple	1/2"	5	89
718						

Tabla III.28 – Revisión de las Vigas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.

	CODIGO	Momento Z (kg-m)	Corte (kg)	Φ Mt (kg*m)	Φ Vt (kg)	Cedencia	Flexotorsión	Corte
1	A-1-1-2	1769.43	4336.62	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
2	A-1-2-3	1545.50	2565.61	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
3	A-1-3-4	1109.60	3376.21	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
4	A-1-4-5	1040.61	3630.03	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
5	A-2-0-1	486.80	2199.23	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
6	A-2-1-2	1384.64	3786.59	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
7	A-2-2-3	1321.08	2612.11	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
8	A-2-3-4	1083.87	3823.08	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
9	A-2-4-5	1149.23	3618.35	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
10	A-2-5-6	524.49	1013.30	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
11	B-S-1-2	1765.87	4329.71	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
12	B-S-2-3	1549.31	2574.57	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
13	B-S-3-4	1589.43	4131.41	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
14	B-S-4-5	1315.93	4252.44	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
15	B-1-1-2	5626.86	11839.89	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
16	B-1-2-3	4963.37	7884.86	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
17	B-1-3-4	3235.27	9061.72	4163	14829.480	Cumple	Cumple	Cumple
18	B-1-4-5	3114.48	9619.76	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
19	B-2-0-1	537.07	2122.84	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
20	B-2-1-2	1705.57	3961.60	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
21	B-2-2-3	1559.15	2814.37	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
22	B-2-3-4	1201.14	3838.97	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
23	B-2-4-5	1275.62	3630.26	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
24	B-2-5-6	589.42	1014.09	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
25	C-S-1-2	5993.453	11852.654	4162.500	14829.480	Cumple	Cumple	Cumple
26	C-S-2-3	4982.83	8746.09	4163	14829.480	Cumple	Cumple	Cumple
27	C-S-3-4	1589.43	4131.41	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
28	C-S-4-5	1315.93	4252.44	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
29	C-1-1-2	1769.43	4336.62	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
30	C-1-2-3	1545.50	2565.61	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
31	C-1-3-4	1109.60	3376.21	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
32	C-1-4-5	1040.61	3630.03	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.28 – (Continuación)

	CODIGO	Momento Z (kg-m)	Corte (kg)	ΦM_t (kg*m)	ΦV_t (kg)	Cedencia	Flexotorsión	Corte
33	C-2-0-1	486.80	2199.23	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
34	C-2-1-2	1384.64	3786.59	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
35	C-2-2-3	1321.08	2612.11	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
36	C-2-3-4	1083.87	3823.08	4163	14829.480	Cumple	Cumple	Cumple
37	C-2-4-5	1149.23	3618.35	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
38	C-2-5-6	524.46	1013.21	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
39	D-S-1-2	1800.34	4362.52	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple
40	D-S-2-3	1591.12	3411.28	4163	14829.48	Cumple	Cumple	Cumple

Por otra parte, el análisis de las columnas se realizó con base en el Capítulo 15 de la Norma COVENIN 1618-98, y los resultados obtenidos se resumen en la Tabla III.29, donde se muestra inicialmente la fuerza axial máxima actuante y resistente. Posteriormente, se tiene el chequeo realizado por esbeltez, pandeo flexional y pandeo flexotorsional, en la dirección “y” y “z”, en la cual se observa que todos los perfiles evaluados cumplen con los parámetros de diseño planteados en el estudio.

Seguidamente, se presenta la revisión de cada columna por el Capítulo 18 de la Norma COVENIN 1618-98. En las tablas III.30, III.31 y III.32 se encuentran los resultados de verificar las expresiones 18-1a y 18-1b, de la norma antes mencionada, con los tres de los casos más desfavorables de momento actuante máximo en la dirección “y”, momento actuante máximo en la dirección “z” y fuerza axial máxima actuante, respectivamente; verificando que en todos los casos la expresión evaluada es igual o menor a 1. De esto se puede decir que casi el 10% de las columnas se encuentran trabajando óptimamente, entre un 50 y un 60% de su capacidad; un 49% de las columnas trabaja por debajo del 50% de su capacidad, y poco más del 40% trabaja por encima del 60% de su capacidad.

Tabla III.29 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2.

Barra	Nu (kg)	ϕ Nt (kg)	Esbeltez Y	Pandeo Flexional Y	Pandeo Flexotorsional Y	Esbeltez Z	Pandeo Flexional Z	Pandeo Flexotorsional Z
1	7330	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	7328	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	7327	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	7327	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	7326	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	14118	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	14117	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	14116	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	14115	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	14114	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	21598	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
12	21597	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	21596	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	14672	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	13963	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
16	13308	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
17	12762	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
18	12217	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
19	14672	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
20	13963	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
21	13308	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
22	12762	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
23	12217	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
24	14672	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
25	13963	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
26	13308	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
27	12762	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
28	12217	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
29	6431	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
30	6120	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
31	5832	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
32	5593	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
33	5353	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
34	5285	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
35	5030	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
36	4795	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
37	4599	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
38	4403	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
39	6431	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
40	6120	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
41	5832	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
42	5593	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
43	5353	64920	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla III.30 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con M_y máximo.

Barra	Nu (Kg)	ΦN_t (Kg)	Mux (kg*m)	Mtx (kg*m)	Muy (kg*m)	Mty (kg*m)	18-1a 18-1b Mymax	Verificación Mymax
1	5457	64920	1.3	2972	18.5	4476	0.0	CUMPLE
2	5405	64920	1.3	2973	17.7	4476	0.0	CUMPLE
3	5373	64920	1.3	2973	17.1	4476	0.0	CUMPLE
4	5383	64920	1.3	2972	17.7	4476	0.0	CUMPLE
5	5416	64920	1.3	2973	18.3	4476	0.0	CUMPLE
6	10508	64920	1.8	2957	18.5	4476	0.1	CUMPLE
7	10466	64920	1.8	2958	17.7	4476	0.1	CUMPLE
8	10441	64920	1.8	2958	17.1	4476	0.1	CUMPLE
9	10439	64920	1.8	2957	17.7	4476	0.1	CUMPLE
10	10455	64920	1.8	2958	18.3	4476	0.1	CUMPLE
11	16087	64920	2.4	2948	20.0	4476	0.3	CUMPLE
12	16049	64920	2.4	2948	19.1	4476	0.3	CUMPLE
13	16027	64920	2.4	2948	18.5	4476	0.3	CUMPLE
14	12708	64920	1730.6	2915	1006.6	4272	1.0	CUMPLE
15	11500	64920	1734.5	2915	569.3	4272	0.9	CUMPLE
16	10751	64920	1734.5	2915	183.7	4275	0.8	CUMPLE
17	10779	64920	1730.6	2915	213.0	4273	0.8	CUMPLE
18	10857	64920	1734.5	2915	536.4	4272	0.9	CUMPLE
19	12789	64920	1534.7	2915	1006.6	4272	0.9	CUMPLE
20	11558	64920	1538.1	2915	569.3	4272	0.8	CUMPLE
21	10566	64920	1538.1	2915	183.7	4275	0.7	CUMPLE
22	10655	64920	1534.7	2915	213.0	4273	0.7	CUMPLE
23	10744	64920	1538.1	2915	536.4	4272	0.8	CUMPLE
24	12901	64920	1361.5	2915	1006.6	4272	0.9	CUMPLE
25	11684	64920	1364.5	2915	569.3	4272	0.8	CUMPLE
26	10688	64920	1364.5	2915	183.7	4275	0.7	CUMPLE
27	10593	64920	1361.5	2915	213.0	4273	0.7	CUMPLE
28	10664	64920	1364.5	2915	536.4	4272	0.7	CUMPLE
29	5500	64920	1080.7	2915	759.1	4271	0.7	CUMPLE
30	5051	64920	1083.1	2915	419.3	4272	0.6	CUMPLE
31	4746	64920	1083.1	2915	117.0	4273	0.5	CUMPLE
32	4696	64920	1080.7	2915	175.7	4272	0.5	CUMPLE
33	4660	64920	1083.1	2915	431.8	4272	0.6	CUMPLE
34	4543	64920	620.9	2915	511.8	4272	0.4	CUMPLE
35	4170	64920	622.3	2915	282.7	4272	0.3	CUMPLE
36	3861	64920	622.3	2915	78.9	4273	0.3	CUMPLE
37	3835	64920	620.9	2915	118.4	4272	0.3	CUMPLE
38	3809	64920	622.3	2915	291.0	4272	0.3	CUMPLE
39	5557	64920	787.1	2915	759.1	4271	0.5	CUMPLE
40	5105	64920	788.9	2915	419.3	4272	0.4	CUMPLE
41	4726	64920	788.9	2915	117.0	4273	0.4	CUMPLE
42	4641	64920	787.1	2915	175.7	4272	0.4	CUMPLE
43	4604	64920	788.9	2915	431.8	4272	0.4	CUMPLE

Tabla III.31 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con Mz máximo.

Barra	Nu (Kg)	ΦN_t (Kg)	Mux (kg*m)	Mtx (kg*m)	Muy (kg*m)	Mty (kg*m)	18-1a 18-1b Mzmax	Verificación Mzmax
1	7330	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
2	7328	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
3	7327	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
4	7327	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
5	7326	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
6	14118	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
7	14117	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
8	14116	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
9	14115	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
10	14114	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
11	21598	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
12	21597	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
13	21596	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
14	1398	64920	289.7	2915	1621.6	4273	0.5	CUMPLE
15	1390	64920	290.4	2915	1452.4	4274	0.5	CUMPLE
16	1387	64920	290.4	2915	1616.5	4274	0.5	CUMPLE
17	1388	64920	289.7	2915	1937.6	4273	0.6	CUMPLE
18	1393	64920	290.4	2915	2356.1	4273	0.7	CUMPLE
19	161	64920	223.8	2915	1621.6	4273	0.5	CUMPLE
20	73	64920	224.3	2915	1452.4	4274	0.5	CUMPLE
21	10	64920	224.3	2915	1616.5	4274	0.5	CUMPLE
22	78	64920	223.8	2915	1937.6	4273	0.6	CUMPLE
23	146	64920	224.3	2915	2356.1	4273	0.7	CUMPLE
24	1397	64920	639.4	2915	1621.6	4273	0.7	CUMPLE
25	1390	64920	640.8	2915	1452.4	4274	0.6	CUMPLE
26	1389	64920	640.8	2915	1616.5	4274	0.7	CUMPLE
27	1392	64920	639.4	2915	1937.6	4273	0.8	CUMPLE
28	1398	64920	640.8	2915	2356.1	4273	0.9	CUMPLE
29	392	64920	265.7	2915	1099.3	4272	0.4	CUMPLE
30	388	64920	266.3	2915	844.6	4272	0.3	CUMPLE
31	385	64920	266.3	2915	887.8	4273	0.3	CUMPLE
32	383	64920	265.7	2915	1113.8	4272	0.4	CUMPLE
33	383	64920	266.3	2915	1430.8	4272	0.5	CUMPLE
34	37	64920	71.2	2915	741.1	4272	0.2	CUMPLE
35	17	64920	71.4	2915	569.5	4273	0.2	CUMPLE
36	2	64920	71.4	2915	598.7	4273	0.2	CUMPLE
37	18	64920	71.2	2915	751.0	4272	0.2	CUMPLE
38	34	64920	71.4	2915	964.7	4272	0.3	CUMPLE
39	383	64920	405.2	2915	1099.3	4272	0.4	CUMPLE
40	383	64920	406.1	2915	844.6	4272	0.4	CUMPLE
41	385	64920	406.1	2915	887.8	4273	0.4	CUMPLE
42	388	64920	405.2	2915	1113.8	4272	0.4	CUMPLE
43	392	64920	406.1	2915	1430.8	4272	0.5	CUMPLE

Tabla III.32 – Revisión de las Columnas de la estructura con Combinaciones de Refuerzos-Opción 2, bajo acción combinada con Nu máximo.

Barra	Nu (Kg)	ΦN_t (Kg)	Mux (kg*m)	Mtx (kg*m)	Muy (kg*m)	Mty (kg*m)	18-1a 18-1b Numax	Verificación Numax
1	7330	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
2	7328	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
3	7327	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
4	7327	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
5	7326	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.1	CUMPLE
6	14118	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
7	14117	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
8	14116	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
9	14115	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
10	14114	64920	0.0	3003	23.0	4476	0.2	CUMPLE
11	21598	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
12	21597	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
13	21596	64920	0.0	3003	24.9	4476	0.3	CUMPLE
14	14672	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
15	13963	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
16	13308	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
17	12762	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.1	CUMPLE
18	12217	64920	0.37	2915	0.00	4271	0.1	CUMPLE
19	14672	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
20	13963	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
21	13308	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
22	12762	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.1	CUMPLE
23	12217	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.1	CUMPLE
24	14672	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
25	13963	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
26	13308	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.2	CUMPLE
27	12762	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.1	CUMPLE
28	12217	64920	0.4	2915	0.0	4271	0.1	CUMPLE
29	6431	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.05	CUMPLE
30	6120	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.05	CUMPLE
31	5832	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
32	5593	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
33	5353	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
34	5285	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
35	5030	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
36	4795	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
37	4599	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
38	4403	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.03	CUMPLE
39	6431	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.05	CUMPLE
40	6120	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.05	CUMPLE
41	5832	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
42	5593	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE
43	5353	64920	0.2	3003	0.0	4271	0.04	CUMPLE

III.3. Comparación y Selección de la Estructura Reforzada.

Luego de estudiar la estructura original y de determinar dos posibles opciones adecuadas a la normativa vigente, se hace necesario seleccionar la mejor de ellas. Para esto, es imprescindible realizar una evaluación de cada opción, con la finalidad de establecer sus principales ventajas y desventajas. Las características de ambas opciones, serán analizadas tomando en cuenta dos criterios de evaluación: funcionalidad y costo.

III.3.1 Comparación de acuerdo a la funcionalidad.

Una estructura es funcional, cuando permite al usuario emplearla para el fin con el cual fue proyectada, de manera eficiente, cómoda, versátil y segura. Ambas estructuras, al estar adecuadas a la norma, cumplen con las características de eficiencia y seguridad. Sin embargo, dichas estructuras no cuentan con las mismas condiciones de comodidad y versatilidad.

Para el refuerzo de la Opción 1, se hizo imprescindible la modificación de la arquitectura en algunos puntos. Las diagonales del piso 2, ubicadas entre los pórticos 2 y 3, pertenecientes a los pórticos A y C, interfieren con las ventanas de una habitación y de la sala de estar, respectivamente. La diagonal del piso 1, perteneciente al pórtico A, ubicada entre los pórticos 2 y 3 obstaculiza la colocación de la ventana de la cocina. En estos casos se requiere modificar la ubicación de las ventanas de la habitación y la cocina y eliminar la ventana de la sala de estar, lo cual resta comodidad a los usuarios de la vivienda. En la Opción 2, no es necesario realizar ninguna modificación a la arquitectura, ya que ni las cartelas ni los perfiles tipo canal soldados a las columnas lo

requirieron; por tal motivo esta resulta ser la opción más cómoda de las dos.

La Opción 1, a diferencia de la Opción 2, requiere para su adecuación, de la colocación de una serie de refuerzos diagonales y horizontales, los cuales imposibilitarían la modificación de ciertos espacios a futuro. Tal es el caso de las diagonales pertenecientes al pórtico B, ubicados en los pisos 1 y 2 de la vivienda. Por este motivo, La Opción 2 resulta ser la más versátil de las dos.

Desde el punto de vista de comodidad y versatilidad, la Opción 2, es la más conveniente, por lo tanto es esta la más funcional.

III.3.2 Comparación de acuerdo a los costos.

El costo de un bien o un servicio, siempre es un factor determinante para comprarlo o contratarlo. En el presente trabajo se plantearon dos soluciones para adecuar la estructura con deficiencias, presentada originalmente. El costo total es el resultado de la suma del costo de los materiales a emplear, de los equipos a utilizar y de la mano de obra contratada. Los equipos y la mano de obra dependen del tiempo de ejecución, mientras que los materiales no.

A continuación se detallan los costos de las dos opciones presentadas con base en los refuerzos que se deben colocar, sin tomar en cuenta equipos ni mano de obra; con la finalidad de determinar cual de las dos alternativas resulta mas económica.

Opción 1:

- Materiales:

Tabla III.33 – Cálculo de costos de materiales de la Opción 1.

Descripción	Uni	Cantidad	PU	Total
Perfil IPN100 para diagonales	m	63.25	14,777.10	934,651.58
Perfil IPN120 para diagonales	m	4.50	18,537.00	83,416.50
Perfil IPN80 para horizontales	m	47.00	10,217.50	480,222.50
Plancha acero e=5mm b=14cm	m	51.60	19,242.27	992,901.09
Conectores de corte 1/2"	Pza	378.00	6,295.00	2,379,510.00
Madera para machiembado	m ²	103.21	42,920.00	4,429,794.66
Perfil IPN80 para correas de techo	m	62.25	10,217.50	254,415.75
Angulo 65x5mmm	m	24.90	9,800.00	244,020.00
				9,798,932.08

Opción 2:

- Materiales:

Tabla III.34 – Cálculo de costos de materiales de la Opción 2.

Descripción	Uni	Cantidad	PU	Total
Perfil UPN140 refuerzo columnas	m	123.40	22,952.49	2,832,337.27
Conectores de corte 1/2"	pza	718.00	6,295.00	4,519,810.00
Losa de conctrcto e=5 cm fc=200	m ³	5.16	302,280.00	1,559,764.80
Tabelones 80x20x6	pza	646.00	1,780.00	1,149,880.00
Perfil IPN180 para cartelas	m	0.90	10,217.50	9,195.75
				10,070,987.82

III.3.3 Selección Final.

Finalmente, la Opción 2 es seleccionada como la mejor adecuación aplicable entre las dos propuestas, por las siguientes razones:

- 1 La Opción 2 es más funcional, ya que permite llevar a cabo la adecuación, sin modificar en lo absoluto, algún aspecto arquitectónico y además permite realizar modificaciones de las áreas internas de la vivienda.
- 2 En la Opción 1, el costo por materiales es menor que en la Opción 2. Sin embargo, la diferencia de costos de la Opción 2, respecto a la Opción 1, es tan solo un 2,4% (Bs. 235.031,64).
- 3 La diferencia en costos por materiales entre ambas opciones es muy pequeña, mientras que las ventajas funcionales de la Opción 2, son notablemente mas significativas.
- 4 La cantidad de modificaciones que se deben aplicar a la Estructura Original, en la Opción 2, son menores.

CONCLUSIONES

Se ha realizado un análisis de la estructura modelo con problemas de estabilidad seleccionada para el estudio, aplicando un protocolo de recálculo basado en el establecido por el Departamento de Ingeniería Estructural. Se logró la recopilación de la información planimétrica necesaria y se verificó mediante la inspección visual; además, se logró el procesamiento de los datos y la determinación de los miembros deficientes, a través del programa de cálculo estructural STAAD.Pro 2004 y su posterior revisión con base en la Norma COVENIN 1618-98.

Se pudo observar que la edificación estudiada presenta grandes deficiencias. Entre ellas destaca la elevada vulnerabilidad sísmica, la cual se debe a la falta de rigidez de la estructura en la dirección horizontal (Z), ya que las columnas se orientaron todas de igual manera y el perfil utilizado (Tipo IPN) es considerablemente menos rígido en una dirección que en otra. Otra de las fallas es la gran esbeltez de sus columnas, lo cual limita su resistencia. Además, las correas no cuentan con la resistencia necesaria para soportar las cargas a las que estarán sometidas y algunas vigas de carga presentan solicitaciones de momentos tan elevadas, que sobrepasan su capacidad resistente.

En la fase de refuerzos de prueba, se determinó que las diagonales y las cruces de San Andrés empleados por separado a la estructura original, permiten disminuir la desplazabilidad de la estructura, pero su colocación limita y es limitada por la arquitectura; es decir, sólo pueden ser colocadas en ciertos pórticos, los cuales tendrían restringida la circulación a través de ellos, permanentemente. Por otra parte, las cartelas y los refuerzos diagonales colocados en las conexiones viga-columna, sólo disminuyen las

deflexiones en vigas o incrementan la resistencia en una zona específica de las mismas; sin afectar la arquitectura.

Es importante destacar, que el análisis sísmico realizado en el programa de cálculo estructural STAAD.Pro 2004, se realizó mediante un análisis dinámico con un total de 130 modos de vibración, lo cual garantizó un factor de participación de masas superior al 90% en cada una de las direcciones estudiadas.

De las dos estructuras adecuadas a la normativa vigente, se tiene que la combinación de refuerzos en la primera opción, con diagonales y horizontales, mejoró notablemente la respuesta de la estructura ante eventos sísmicos, ya que cumple con la desplazabilidad en ambas direcciones, al igual que con las deflexiones y la esbeltez en las columnas. Sin embargo, para llevar a cabo este refuerzo se hizo necesaria la modificación de la arquitectura, en varios aspectos como: cambiar de posición la puerta de la cocina, modificar la ventana de una habitación, de la cocina y eliminar la ventana de la sala de estar.

Sin modificar la arquitectura, aplicando sólo la acción mixta en las correas, y reforzando todas las columnas con el perfil tipo canal (UPN140), en la segunda opción con refuerzos definitivos, se logró solucionar más del 91% de las deficiencias. Finalmente, con la colocación de cartelas en las vigas de carga, el porcentaje restante fue solucionado en su totalidad.

Finalmente, se tiene que la opción seleccionada es la dos (2), ya que su funcionalidad con respecto a la Opción 1 es mayor y la diferencia en costos por materiales entre ellas es despreciable.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda elaborar un presupuesto más detallado de las dos opciones consideradas para la adecuación de la estructura original, ya que esto aseguraría que la opción seleccionada es, efectivamente la mejor en cuanto a costos se refiere.
- ✓ Contar con una tercera opción de adecuación de la estructura original, sería un gran aporte ya que el campo de selección sería más amplio.
- ✓ Es recomendable que la estructura seleccionada para la adecuación cuente con su respectivo estudio de suelos, para así evitar suposiciones y obtener resultados aun más precisos.
- ✓ Se recomienda analizar el efecto de los refuerzos a nivel de las fundaciones, ya que la colocación de arriostramientos diagonales puede generar efectos de tracción importantes a nivel de las mismas.
- ✓ Resultaría favorable realizar el diseño detallado de las conexiones entre los elementos estructurales.
- ✓ Es recomendable realizar los cálculos estructurales de toda obra civil, con la finalidad de cumplir con los parámetros de seguridad establecidos en la norma.
- ✓ Resulta imprescindible, aparte de aplicar todos los refuerzos a la edificación, realizar un mantenimiento correctivo a nivel de la corrosión existente, el cual consiste en eliminar los residuos de material corroído

mediante frotamiento con un cepillo metálico, para luego aplicar al menos dos capas de fondo anticorrosivo.

✓ Es importante señalar que una vez iniciado un trabajo de éste tipo, se cuente con el conocimiento y el manejo de al menos un programa especializado de cálculo estructural, ya que de no ser así se pueden causar retrasos innecesarios para el cumplimiento de los objetivos.

REFERENCIAS

- 1_Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones, (1988). Norma COVENIN 2002-88.
- 2_Edificaciones Sismorresistentes, (2001). Norma COVENIN 1756-01 .
- 3_Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites, [1998]. Norma COVENIN 1618-98.
- 4_Specification for Structural Steel Buildings, (2005). American Institute of Steel Construction, AISC. EEUU: ANSI / AISC 360-05.
- 5_ <http://www.elhatillo.gov.ve/geografia.html>. (Consulta:2006, agosto 15)
- 6_ http://www.gobiernoenlinea.gob.ve/images/perfil_miranda.html
(Consulta:2006, agosto 15)
- 7_ <http://www.une.edu.ve/hatillo/ubicacion.htm>. (Consulta:2006, agosto 15)

APÉNDICES

Apéndice 1. Minuta para la recopilación de datos

Características del Perfil					
Miembro	Altura (cm)	Espesor del ala (cm)	Ancho del ala (cm)	Longitud (cm)	Obs.
IPN80	*	*	*	*	-----
IPN100	10	0,50	5	**	-----
IPN140	14	0,70	6,50	**	-----
IPN180	18	0,80	9,50	**	-----

* No fue posible tomar las medidas del perfil IPN80, ya que se encuentran en el techo, y el acceso a éste nivel es imposible, dado que no existen escaleras ni medios para subir a ésta zona.

**Depende del pórtico de ubicación.

Apéndice 2. Constancia de permisología de la Asociación de Vecinos del Sector Corralito

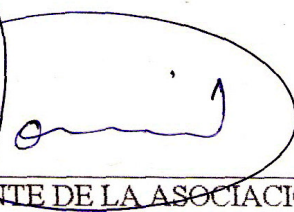
ASOCIACION DE VECINOS SECTOR CORRALITO.
Presidente Sr Jesús Pérez.

A QUIEN PUEDA INTERESAR

La presente carta quiere manifestar que las casas que se han construido y las que se están construyendo en el SECTOR CORRALITO DEL MUNICIPIO AUTONOMO DE EL HATILLO carecen de la permisología respectiva ya que han realizado las diligencias pertinente sin poder obtener resultados, lo que ha permitido que hoy en día hay un gran número de casas construidas y desde hace muchos años.

Sin otro particular a cual hacer referencia y dando fe de la situación actual, atentamente



1 
PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN
SR JESUS PEREZ
C. I. 2944094

Apéndice 3. Zonificación expedida por la Alcaldía del Municipio El Hatillo

MUNICIPIO EL HATILLO
ESTADO MIRANDA



DDUC.-----735

Recep. 1209.00

Presente.

En respuesta a su comunicación de fecha del 16 de Agosto, mediante la cual solicita Información sobre la Zonificación que le corresponde a un lote de terreno, que acusa un área de 463,58m², ubicado en el Sector Corralito, Municipio El Hatillo del Estado Miranda; la Dirección de Desarrollo Urbano y Catastro cumple con informarle lo siguiente:

ZONIFICACIÓN:

El lote de terreno objeto de la consulta se encuentra situado dentro de los límites urbanos que fija el Plano Regulador de Zonificación que acompaña la Reforma Parcial de la Ordenanza de Zonificación del Sector Sureste, publicado en Gaceta Municipal de Sucre No. Extraordinario 1-5 de fecha 23 de enero de 1.984.

De acuerdo con la mencionada Ordenanza de Zonificación el lote de terreno se encuentra definido de la siguiente manera:

ZONA:

RECA (Reglamentación Especial de Conservación Ambiental)

USOS:

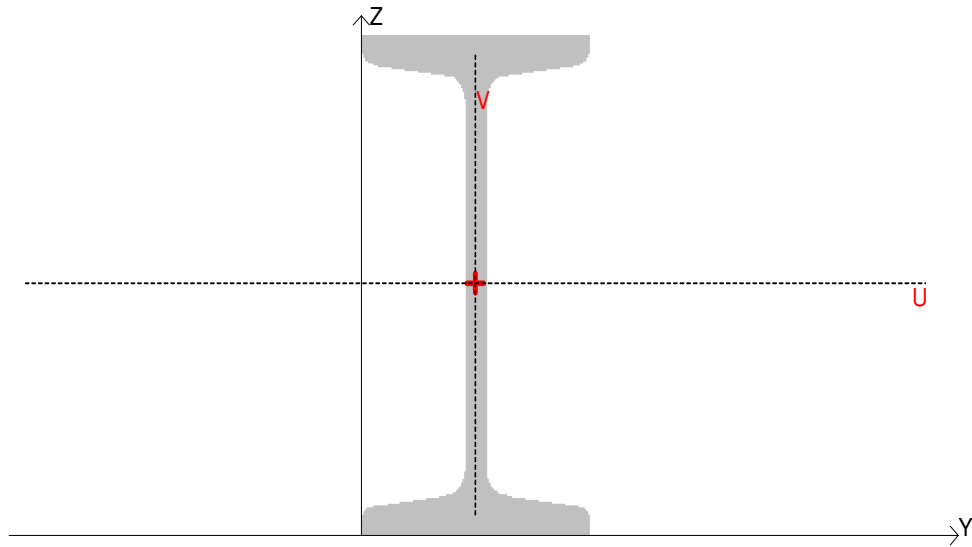
Actividades educativas, asistenciales, de investigación científica, educacionales, asistenciales, recreacionales y residenciales.

CARACTERÍSTICAS DE DESARROLLO:

El lote de terreno podrá ser desarrollado según lo establecido en la Sección IV sobre las disposiciones relativas a la Zona RECA, de la mencionada Ordenanza de Zonificación, según los Artículos 27°, 28°, 29° y 30° y según lo establecido en el Capítulo II sobre Áreas de Oferta y RECA en los Artículos 9°, 10°, 11°, 12° y 13°.

Apéndice 4. Propiedades de los perfiles empleados en la estructura original

4.1._ Perfil IPN80. Correas de techo.



Sección	Material	E (Kg. / mm ²)
IPN80	Acero	20897,04

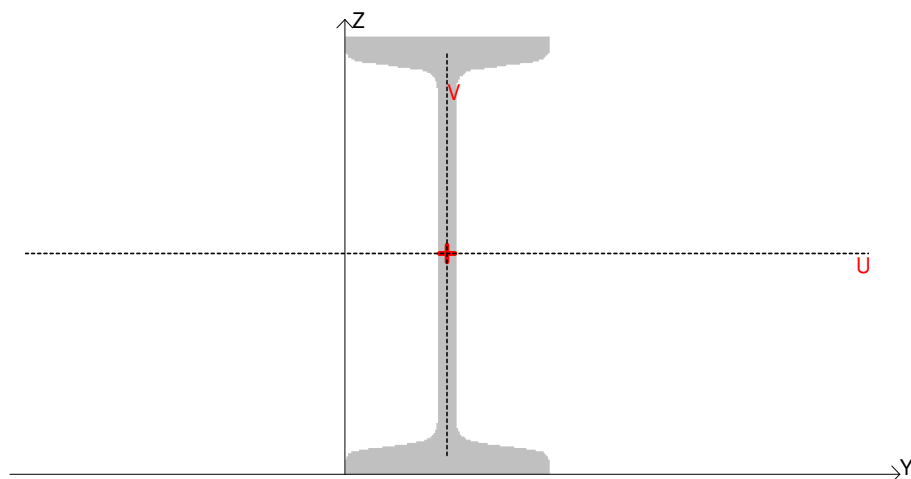
Las dimensiones de la sección son 41,9 x 79,9 mm

Geometría básica de la sección:

	Parámetros	Valor	Unidades
A	Área de la sección	758,00	mm ²
α	Angulo del eje principal de inercia	0,00	°
I_y	Momento de inercia alrededor del centro del eje Y1 paralelo al eje Y	778000,02	mm ⁴
I_z	Momento de inercia alrededor del centro del eje Z1 paralelo al eje Z	62900,00	mm ⁴
I_t	Momento torsional de inercia (St. Venant)	8700,00	mm ⁴
i_y	Radio inercial alrededor del eje Y1	32,04	mm
i_z	Radio inercial alrededor del eje Z1	9,11	mm
W_{u+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	19450,00	mm ³
W_{u-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	19450,00	mm ³

W_{v+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	2995,24	mm^3
W_{v-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	2995,24	mm^3
$W_{pl,u}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje U	22497,57	mm^3
$W_{pl,v}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje V	4867,65	mm^3
I_u	Momento de inercia máximo	778000,02	mm^4
I_v	Momento de inercia máximo	62900,00	mm^4
i_u	Máximo radio inercial	32,04	mm
i_v	Máximo radio inercial	9,11	mm
a_{u+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Y(U)	3,95	mm
a_{u-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Y(U)	3,95	mm
a_{v+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Z(V)	25,66	mm
a_{v-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Z(V)	25,66	mm
y_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Y	21,00	mm
z_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Z	-40,00	mm

4.2._ Perfil IPN100. Correas de entrepiso.



Sección	Material	E (Kg. / mm ²)
IPN100	Acero	20897,044

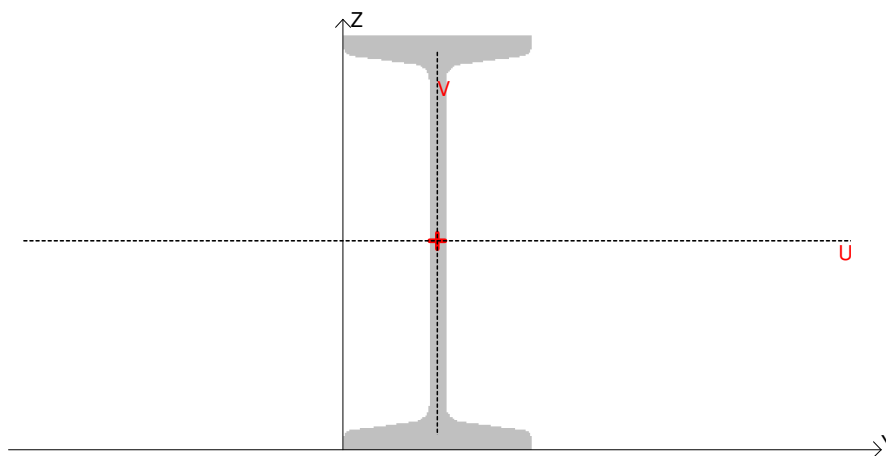
Las dimensiones de la sección son 50,0 x 100,0 mm.

Geometría básica de la sección:

	Parámetros	Valores	Unidades
A	Área de la sección	1060,00	mm ²
α	Angulo del eje principal de inercia	0,00	°
I_y	Momento de inercia alrededor del centro del eje Y1 paralelo al eje Y	1709999,99	mm ⁴
I_z	Momento de inercia alrededor del centro del eje Z1 paralelo al eje Z	122000,00	mm ⁴
I_t	Momento torsional de inercia (St. Venant)	16000,00	mm ⁴
i_y	Radio inercial alrededor del eje Y1	40,17	mm
i_z	Radio inercial alrededor del eje Z1	10,73	mm
W_{u+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	34199,99	mm ³
W_{u-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	34199,99	mm ³
W_{v+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	4880,00	mm ³
W_{v-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	4880,00	mm ³
$W_{pl,u}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje U	40128,30	mm ³
$W_{pl,v}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje V	8133,92	mm ³
I_u	Momento de inercia máximo	1709999,99	mm ⁴
I_v	Momento de inercia máximo	122000,00	mm ⁴
i_u	Máximo radio inercial	40,17	mm
i_v	Máximo radio inercial	10,73	mm

a_{u+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Y(U)	4,60	mm
a_{u-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Y(U)	4,60	mm
a_{v+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Z(V)	32,26	mm
a_{v-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Z(V)	32,26	mm
y_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Y	25,00	mm
z_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Z	-50,00	mm

4.3._ Perfil IPN140. Columnas.



Sección	Material	E (Kg. / mm ²)
IPN140	Acero	20897,04

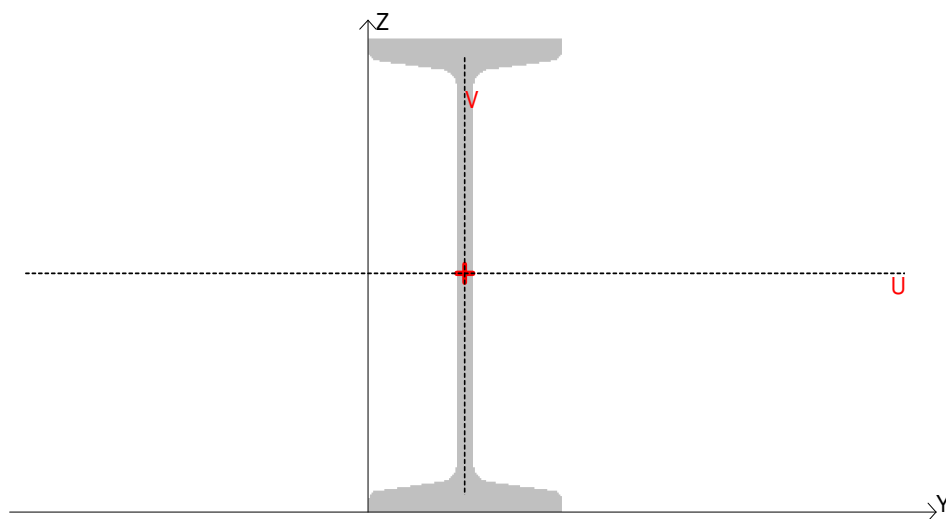
Las dimensiones de la sección son 65,9 x 140,0 mm.

Geometría básica de la sección:

	Parámetros	Valores	Unidades
A	Área de la sección	1830,00	mm ²
α	Angulo del eje principal de inercia	0,00	°
I_y	Momento de inercia alrededor del centro del eje Y1 paralelo al eje Y	5729999,88	mm ⁴
I_z	Momento de inercia alrededor del centro del eje Z1 paralelo al eje Z	352000,00	mm ⁴
I_t	Momento torsional de inercia (St. Venant)	43200,00	mm ⁴
i_y	Radio inercial alrededor del eje Y1	55,96	mm
i_z	Radio inercial alrededor del eje Z1	13,87	mm
W_{u+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	81857,14	mm ³
W_{u-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	81857,14	mm ³
W_{v+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	10666,68	mm ³
W_{v-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	10666,68	mm ³
$W_{pl,u}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje U	95666,79	mm ³
$W_{pl,v}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje V	17795,45	mm ³
I_u	Momento de inercia máximo	5729999,88	mm ⁴
I_v	Momento de inercia máximo	352000,00	mm ⁴
i_u	Máximo radio inercial	55,96	mm
i_v	Máximo radio inercial	13,87	mm

a_{u+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Y(U)	5,83	mm
a_{u-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Y(U)	5,83	mm
a_{v+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Z(V)	44,73	mm
a_{v-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Z(V)	44,73	mm
y_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Y	33,00	mm
z_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Z	-70,00	mm

4.4._ Perfil IPN180. Vigas.



Sección	Material	E (Kg. / mm ²)
IPN180	Acero	20897,044

Las dimensiones de la sección son 82,0 x 180,0 mm.

Geometría básica de la sección:

	Parámetros	Valores	Unidades
A	Área de la sección	2790,00	mm ²
α	Angulo del eje principal de inercia	0,00	°
I_y	Momento de inercia alrededor del centro del eje Y1 paralelo al eje Y	14500000,36	mm ⁴
I_z	Momento de inercia alrededor del centro del eje Z1 paralelo al eje Z	813000,04	mm ⁴
I_t	Momento torsional de inercia (St. Venant)	95799,99	mm ⁴
i_y	Radio inercial alrededor del eje Y1	72,09	mm
i_z	Radio inercial alrededor del eje Z1	17,07	mm
W_{u+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	161111,11	mm ³
W_{u-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje U	161111,11	mm ³
W_{v+}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	19829,27	mm ³
W_{v-}	Resistencia máxima al momento alrededor del eje V	19829,27	mm ³
$W_{pl,u}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje U	187873,20	mm ³
$W_{pl,v}$	Resistencia al momento plástico alrededor del eje V	33483,98	mm ³
I_u	Momento de inercia máximo	14500000,36	mm ⁴
I_v	Momento de inercia máximo	813000,04	mm ⁴

i_u	Máximo radio inercial	72,09	mm
i_v	Máximo radio inercial	17,07	mm
a_{u+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Y(U)	7,11	mm
a_{u-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Y(U)	7,11	mm
a_{v+}	Punto medio a lo largo de la dirección positiva del eje Z(V)	57,75	mm
a_{v-}	Punto medio a lo largo de la dirección negativa del eje Z(V)	57,75	mm
y_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Y	41,00	mm
z_M	Coordenadas del centro de gravedad a lo largo del eje Z	-90,00	mm