

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL
REHABILITACIÓN DEL PARQUE ANA TEX, CIUDAD JUÁREZ,
CHIHUAHUA

Ubicación:

Rivera Anáhuac 554, Los Ojitos 32594, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.
2. INFORMACIÓN DEL INMUEBLE
- 2.1 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA
- 2.2 ESTRUCTURACIÓN
3. NORMATIVA
4. SEGURIDAD ESTRUCTURAL
5. REVISIÓN ESTRUCTURAL
- 5.1 MATERIALES
- 5.2 CARGAS CONSIDERADAS
- 5.3 ANÁLISIS SÍSMICO
- 5.4 MÉTODO DE ANÁLISIS
- 5.5 FACTORES DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCIÓN
- 5.6 COMBINACIONES DE CARGA
6. REVISIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO
- 6.1 DEFORMACIONES PERMISIBLES POR CARGAS GRAVITACIONALES
- 6.2 DESPLAZAMIENTOS LATERALES PROPICIADOS POR FUERZAS HORIZONTALES
7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
- REVISIÓN DE RESISTENCIA EN COLUMNAS
- REVISIÓN DE RESISTENCIA EN TRABES
8. ANEXO

1. ANTECEDENTES

Se solicitó realizar el proyecto ejecutivo estructural para la rehabilitación del Parque Ana Tex que se ubicará en Ciudad Juárez Chihuahua.

La presente memoria contiene el análisis y diseño estructural de la rehabilitación del parque como se describe en los planos arquitectónicos. Se realizaron los modelos correspondientes en software especializado con base en los planos arquitectónicos originales, adecuándolos con las dimensiones de elementos estructurales finales después del diseño estructural.

En la presente descripción y bases de diseño se indicarán los datos, parámetros y coeficientes utilizados para el desarrollo del proyecto estructural.

2. INFORMACIÓN DEL INMUEBLE

2.1 DESCRIPCIÓN AQUITECTÓNICA

El parque alojará espacios de descanso y esparcimiento, las estructuras están compuestas por un solo nivel.

A continuación, se muestran los axonómetricos de ambas estructuras para mejor entendimiento de la distribución de espacios.

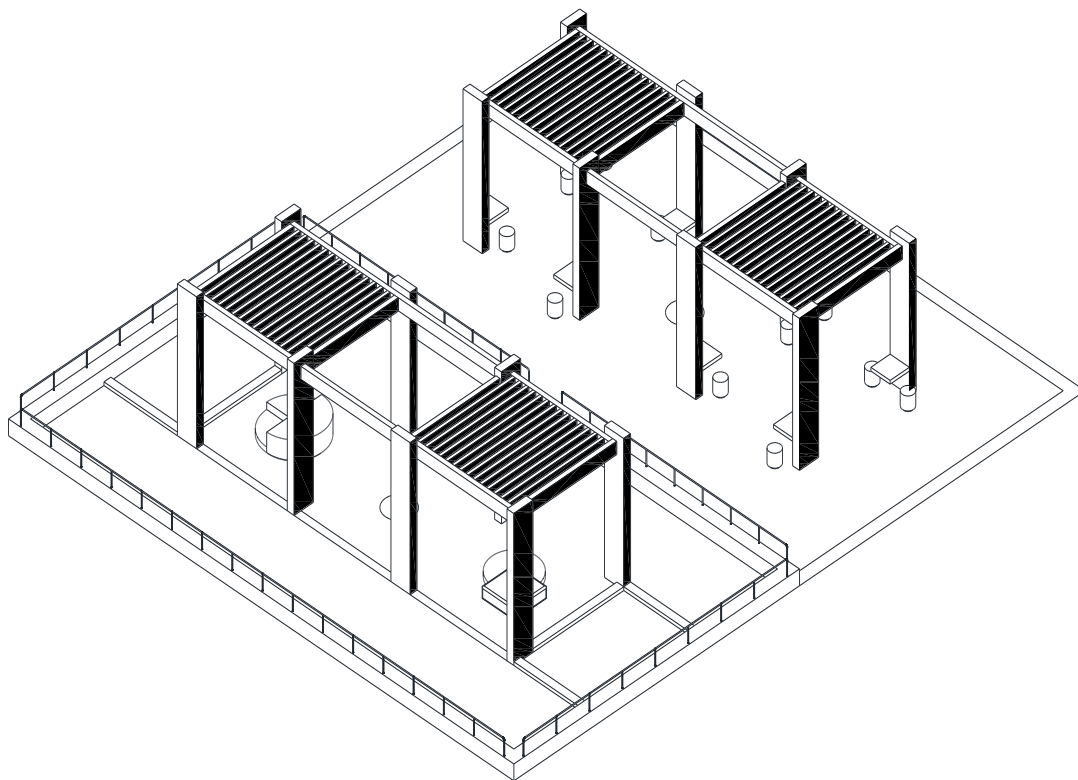


Figura 1. Isométrico de módulos tipo.

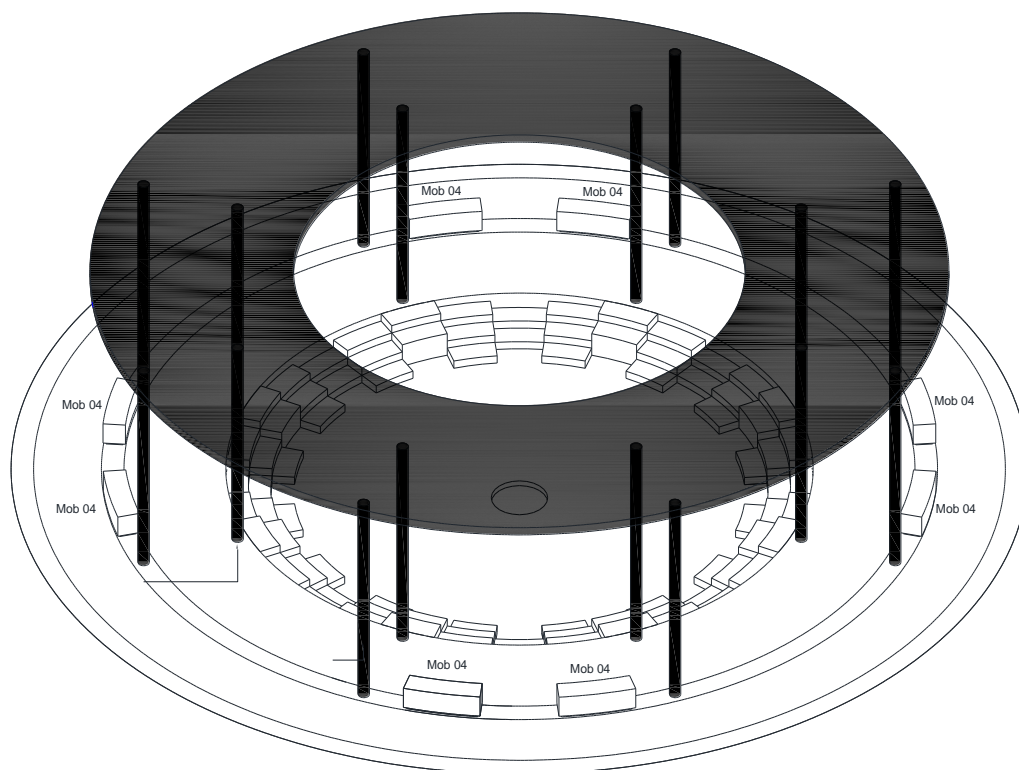


Figura 2. Isométrico de plaza central.

2.2 ESTRUCTURACIÓN

CIMENTACIÓN

La cimentación se resolvió utilizando losas de cimentación rigidizadas y unidas mediante contratraveses.

De acuerdo con las características mecánicas que presenta el suelo resulta una forma adecuada de cimentación la cual, es suficientemente rígida para proporcionar estabilidad en la estructura y realizar una correcta distribución de cargas que se transmiten al suelo.

MÓDULOS TIPO:

La estructura está resuelta con marcos rígidos de concreto sin losas como cubierta, los módulos laterales cuentan con un sistema de parteluces y el central con un vacío para el paso de árboles.

PLAZA CENTRAL:

Se resolvió con columnas metálicas que soportan una losa de concreto, los marcos se forman con trabes acostadas que proporcionan la rigidez necesaria para que el sistema se mantenga estable.

3. NORMATIVA

Los documentos que se tomaron como referencia para el análisis y diseño de las estructuras son los siguientes:

- Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México (para efectos comparativos de diseño estructural de estructuras) y sus Normas Técnicas complementarias.
- Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para El Diseño Estructural de Edificaciones.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero.

- Diseño de estructuras de acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero. (IMCA).
- American Institute of Steel Construction (AISC).
- American Concrete Institute (ACI).
- Manual de Diseño por sismo de la Comisión Federal de Electricidad.
- Programa PRODISIS de CFE.

4. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El inmueble se clasifica como estructura tipo “B” del Manual de CFE, citando; “Estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas moderadas o pondría en peligro otras construcciones de este grupo o del grupo A, tales como naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en el grupo A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas.”

- Toda la estructura, y cada uno de los elementos que lo conforman, se diseñarán para que cuente con la seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla, ante la combinación de las acciones más desfavorables que pudieran presentarse durante su vida útil.
- En ninguno de los elementos de la estructura ni del conjunto se rebasarán los estados límite de servicio, ante la combinación de acciones que correspondan a condiciones normales de operación.
- La estructura se analizará bajo el concepto de marcos rígidos, conectados en sus uniones con la continuidad adecuada, para que los efectos de carga axial, fuerza cortante, momentos flexionantes y momentos torsionantes, generados por las cargas gravitacionales de cargas muertas y cargas vivas, y los derivados de las fuerzas horizontales de sismo, se distribuyan adecuadamente entre los elementos estructurales y se transmitan a la cimentación.

De acuerdo con su estructuración, el inmueble se clasifica como “Tipo 1”; estructuras comunes tales como edificios urbanos, naves industriales típicas, salas de espectáculos y estructuras semejantes, en que las fuerzas laterales se resisten en cada nivel por marcos continuos contraventeados o no, por diafragmas o muros o por la combinación de estos.

5. REVISIÓN ESTRUCTURAL

5.1 MATERIALES

| Concreto | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|
| Elemento | f'_c kg/cm ² | Módulo de elasticidad kg/cm ² | P. Específico t/m ³ |
| Contratraveses y cimentación. | 250 | $14000\sqrt{f'_c}$ | 2.4 |
| Firme para desplante de cimentación. | 100 | $14000\sqrt{f'_c}$ | 2.4 |
| Columnas, traveses y losa maciza. | 250 | $14000\sqrt{f'_c}$ | 2.4 |
| Dallas y castillos. | 250 | $14000\sqrt{f'_c}$ | 2.4 |

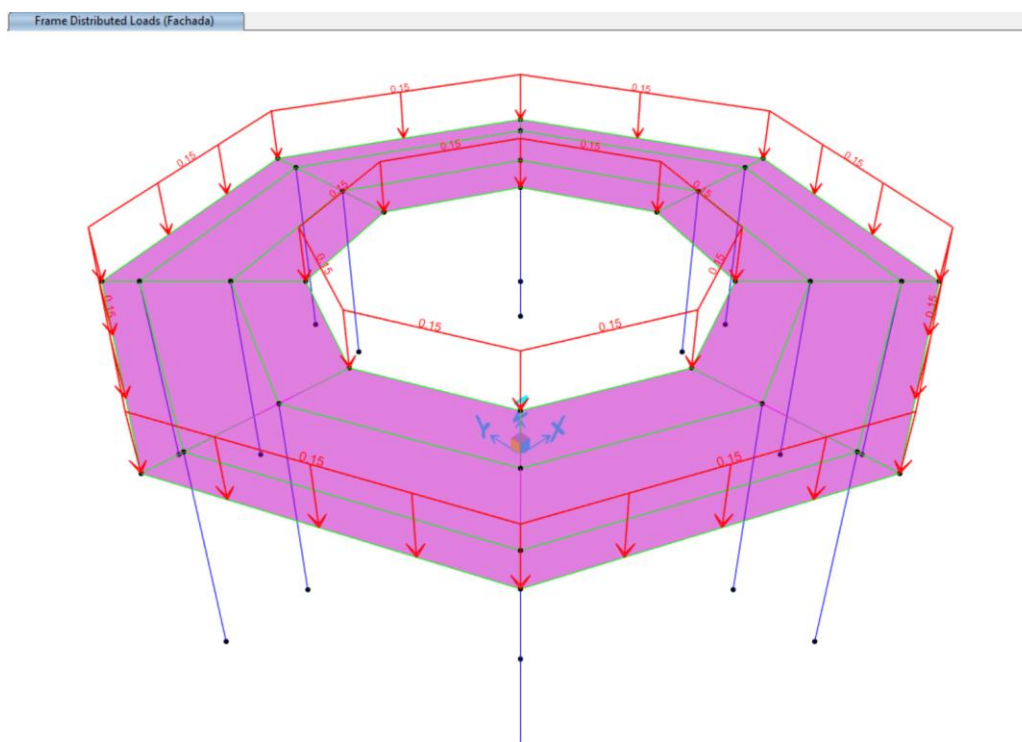
| Acero de refuerzo | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| Especificación | f_y kg/cm ² | Módulo de elasticidad kg/cm ² | P. Específico t/m ³ |
| Varillas menores al No. 3 y Armex | 6000 (G60) | 2039000 | 7.83 |
| Varillas mayores al No. 3 | 4200 (G40) | 2039000 | 7.83 |
| Malla electrosoldada | 5000 (G50) | 2039000 | 7.83 |

| Acero estructural | | | | | |
|--|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| Elemento | Designación | f_y kg/cm ² | f_u kg/cm ² | Módulo de elasticidad kg/cm ² | P. Específico t/m ³ |
| Elementos principales (vigas y columnas) | A992-G50 | 3515 | 4570 | 2039000 | 7.83 |
| Placas | A36 | 2530 | 4080 | 2039000 | 7.83 |

5.2 CARGAS CONSIDERADAS

-Estimación de cargas en cubierta [Plaza Central]:

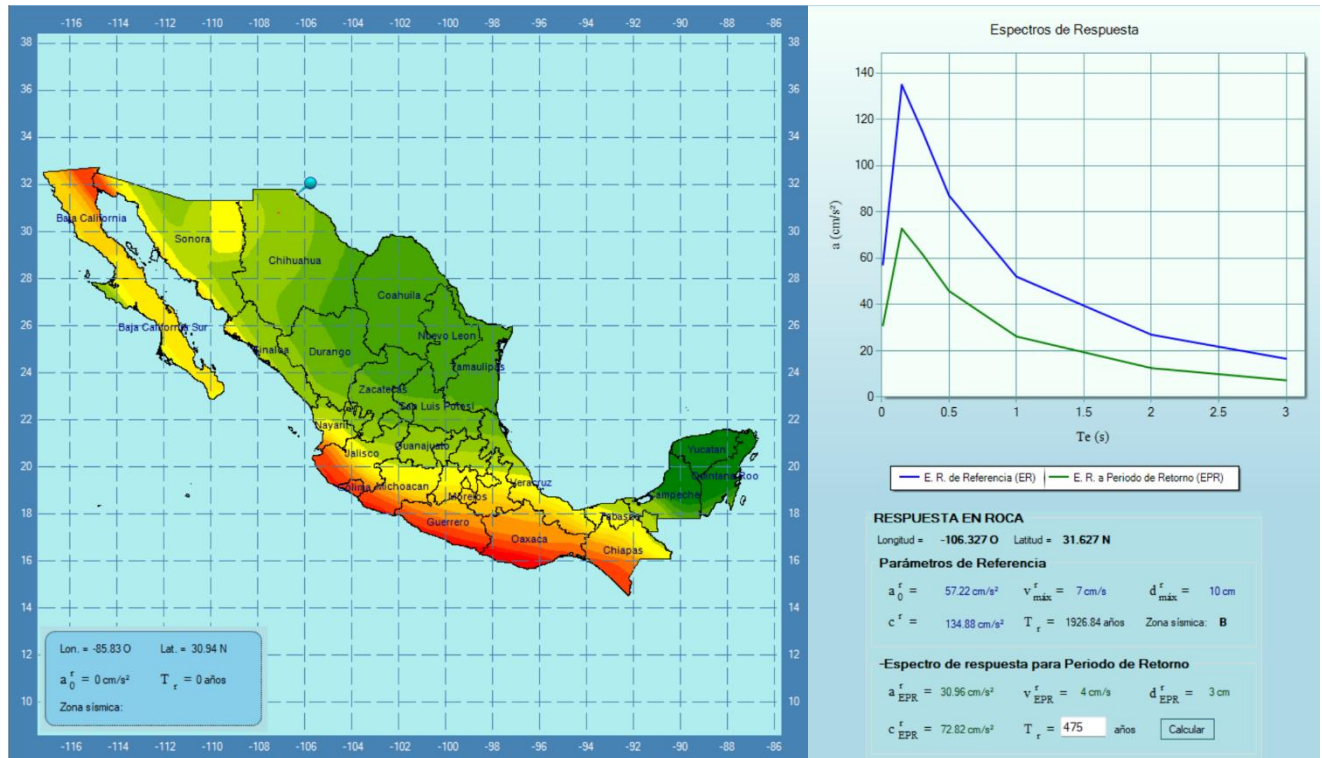
| Concepto: | kg/m ² | Tipo de Carga |
|---|-------------------|-----------------------------|
| Firme h= 15 cm | 360 | (se toma dentro del modelo) |
| Impermeabilizante | 30 | |
| Instalaciones | 20 | |
| Carga adicional Art. 197 | 40 | |
| Carga Muerta total | 450 | |
| Carga Viva Media (W) | 15 | Asentamientos |
| Carga Viva Accidental (W _a) | 70 | Sismo |
| Carga Viva Máxima (W _{max}) | 100 | Gravitacional |



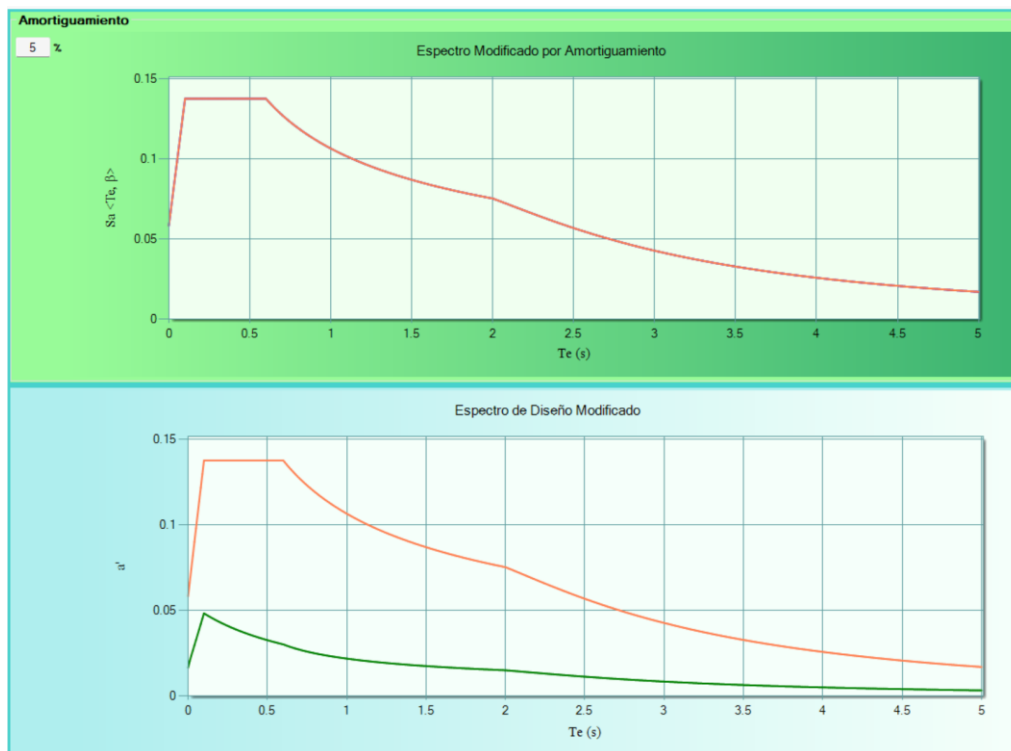
Cargas distribuidas mínimas que exige la normatividad para considerar pretils en Plaza Central.

[Aunque estos no existan de proyecto, la normatividad pide se tome en cuenta dicha carga].

5.3 ANÁLISIS SÍSMICO



Localización sísmica de acuerdo al programa PRODISIS aplicable por el MDOC de la CFE.



Espectro regional transparente (elástico) y espectro de diseño (abajo, línea verde).

5.4 MÉTODO DE ANÁLISIS

La estructura se modeló en un espacio tridimensional mediante software especializado para poder obtener un resultado del comportamiento del inmueble que se aproxima a la realidad, modelado a base de barras y placas que a manera general representan respectivamente vigas, columnas y sistema de piso para generar un análisis más exacto. Se toman en cuenta todos los elementos existentes en la estructura que intervienen en la respuesta sísmica y ante carga vertical.

En el modelo, se introducen las características geométricas de todos los elementos que constituyen a la estructura, asimismo se han distribuyen las cargas en sus respectivas combinaciones en cada uno de los elementos portantes bajo el criterio de áreas tributarias.

Debido a que los métodos tradicionales de análisis a base de marcos planos dan como resultados deformaciones mayores que las obtenidas por el método de análisis espacial es más factible apegarse al método de análisis tridimensional.

El programa utilizado permite visualizar de mejor manera la estructura en diversas secciones, permitiendo obtener imágenes gráficas, deformaciones, esfuerzos y animación de la estructura en sus diferentes estados de carga.

El programa se basa en el método del elemento finito el cual a su vez se apoya en el método de las rigideces para resolver las estructuras. Dado que el método del elemento finito tiene la capacidad de modelar elementos placas, muros, etc., la estructura se analiza conteniendo los elementos totales de la misma y no únicamente los elementos unifilares (trabes, columnas) que normalmente se representan en los programas de análisis.

Cabe destacar que el diseño final está dado con base en los requerimientos de la normatividad elegida para el correcto funcionamiento de la estructura y seguridad de la misma.

Se utiliza para el programa para evaluar los elementos mecánicos de flexión, cortante y fuerza normal, así como los desplazamientos en los nodos que generarán las cargas gravitacionales y las fuerzas horizontales.

Cabe resaltar que ningún programa de análisis sustituye a un buen juicio estructural y a una estructuración congruente, basada en la experiencia.

5.5 FACTORES DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCIÓN

Para obtener los elementos mecánicos de diseño se emplearon los siguientes factores de carga:

➤ Para combinación de carga vertical (gravitacional)

- CARGAS PERMANENTES F.C.= 1.3
- CARGA VIVA MÁXIMA F.C.= 1.5

➤ Para combinaciones accidentales

- CARGA PERMANENTE + CARGA VIVA ACCIDENTAL F.C.= 1.1

Para obtener las resistencias nominales de las piezas se utilizaron los siguientes factores de reducción de resistencia según el tipo de acción del miembro:

- FLEXIÓN F.R.= 0.9 PARA
- CORTANTE Y TORSIÓN F.R.= 0.8
- FLEXOCOMPRESION F.R.= 0.7
- CUANDO EL MIEMBRO FALLA EN TENSION F.R.= 0.8
- CUANDO EL MIEMBRO FALLA EN COMPRESIÓN F.R.= 0.7

5.5 COMBINACIONES DE CARGA

Análisis Sísmico Dinámico

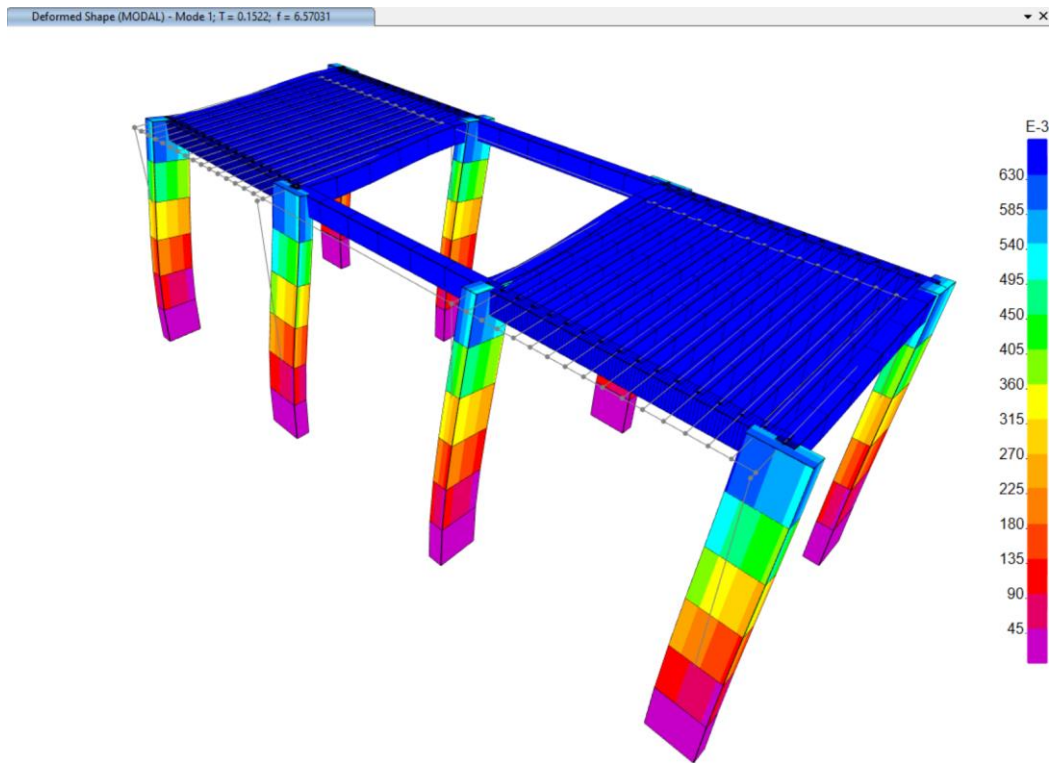
| Combinación | (PoPo) | (SCM) | (CVm) | (CVa) | (SDX) | (SDY) |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C-01 Gravitacio | 1.3 | 1.3 | 1.5 | | | |
| C-02 Accidental | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 1.1 | 0.33 |
| C-03 Accidental | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 0.33 | 1.1 |
| C-04 Servicio | 1 | 1 | 1 | | | |

(PoPo) Peso propio
 (SCM) Sobre Carga Muerta
 (CVm) Carga Viva máxima
 (CVa) Sobre Viva accidental
 (SDX) Sismo dinámico en dirección X
 (SDY) Sismo dinámico en dirección Y

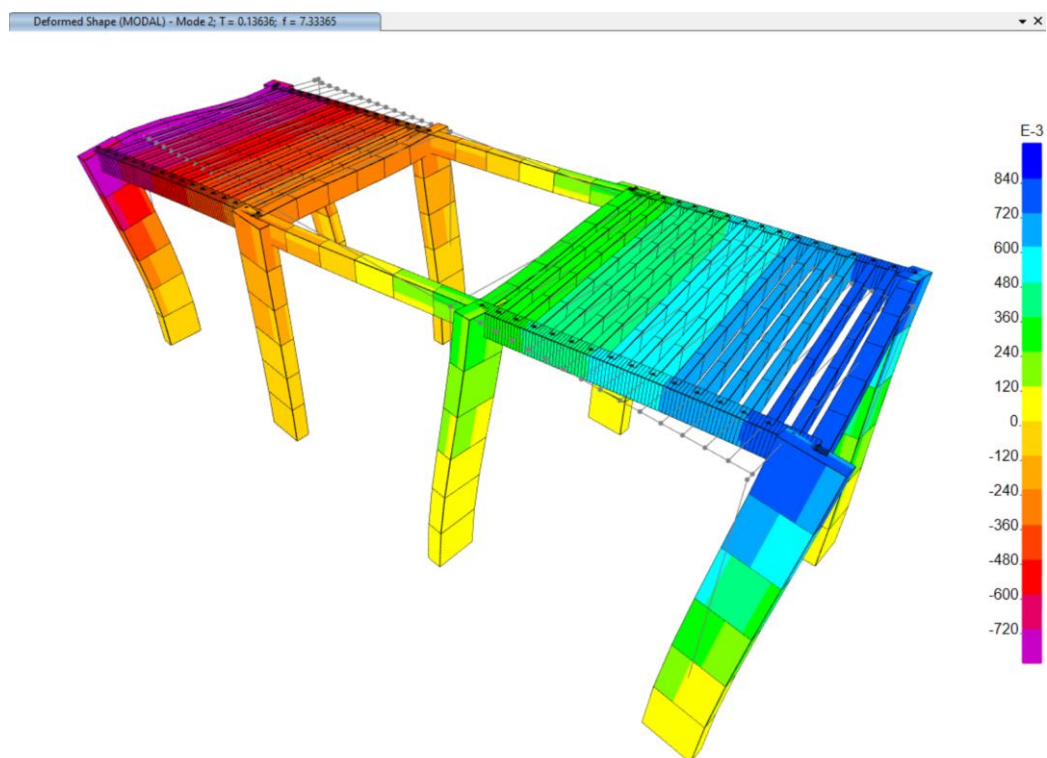
Análisis Sísmico Estático

| Combinación | (PoPo) | (SCM) | (CVm) | (CVa) | (SX) | (SY) |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C-01 Gravitacional | 1.3 | 1.3 | 1.5 | | | |
| C-02 Acc. (+X +Y) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 1.1 | 0.33 |
| C-03 Acc. (+X -Y) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 1.1 | -0.33 |
| C-04 Acc. (-X +Y) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | -1.1 | 0.33 |
| C-05 Acc. (-X -Y) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | -1.1 | -0.33 |
| C-06 Acc. (+Y +X) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 0.33 | 1.1 |
| C-07 Acc. (+Y -X) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | -0.33 | 1.1 |
| C-08 Acc. (-Y +X) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | 0.33 | -1.1 |
| C-09 Acc. (-Y -X) | 1.1 | 1.1 | | 1.1 | -0.33 | -1.1 |
| C-10 Servicio | 1 | 1 | 1 | | | |

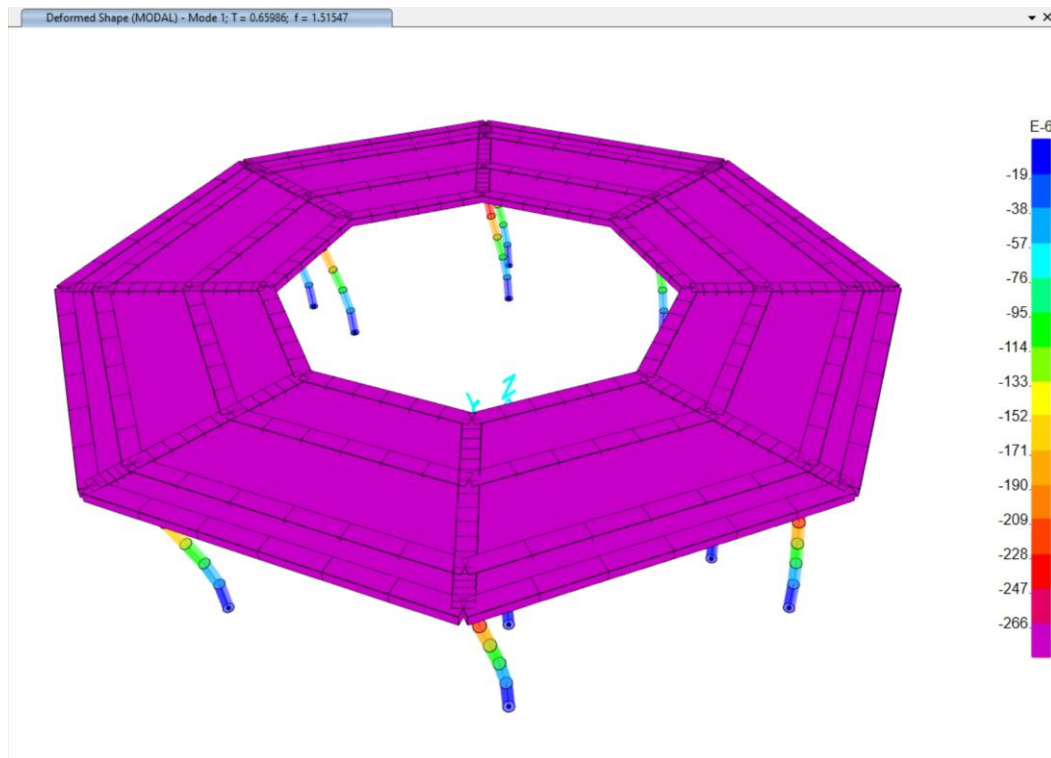
(PoPo) Peso propio
 (SCM) Sobre Carga Muerta
 (CVm) Carga Viva máxima
 (CVa) Sobre Viva accidental
 (SX) Sismo en dirección X
 (SY) Sismo en dirección Y



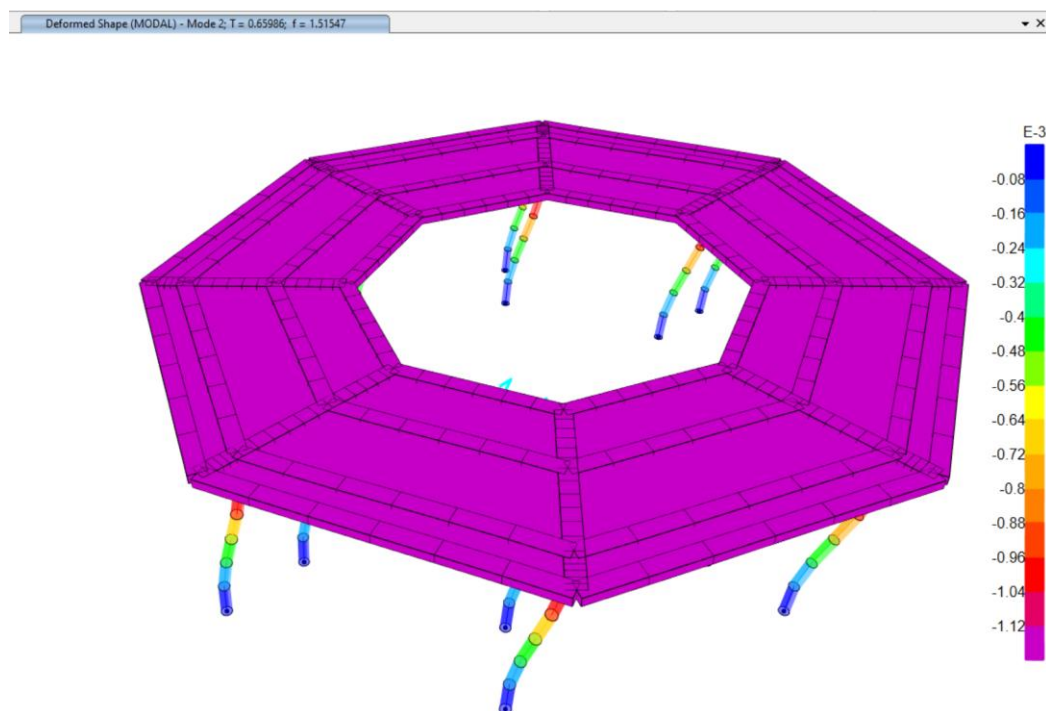
Módulo tipo; Modo de vibrar en X; $T_x = T_1 = 0.152$ seg



Módulo tipo; Modo de vibrar en Torsión; $T_{x-y} = T_1 = 0.136$ seg



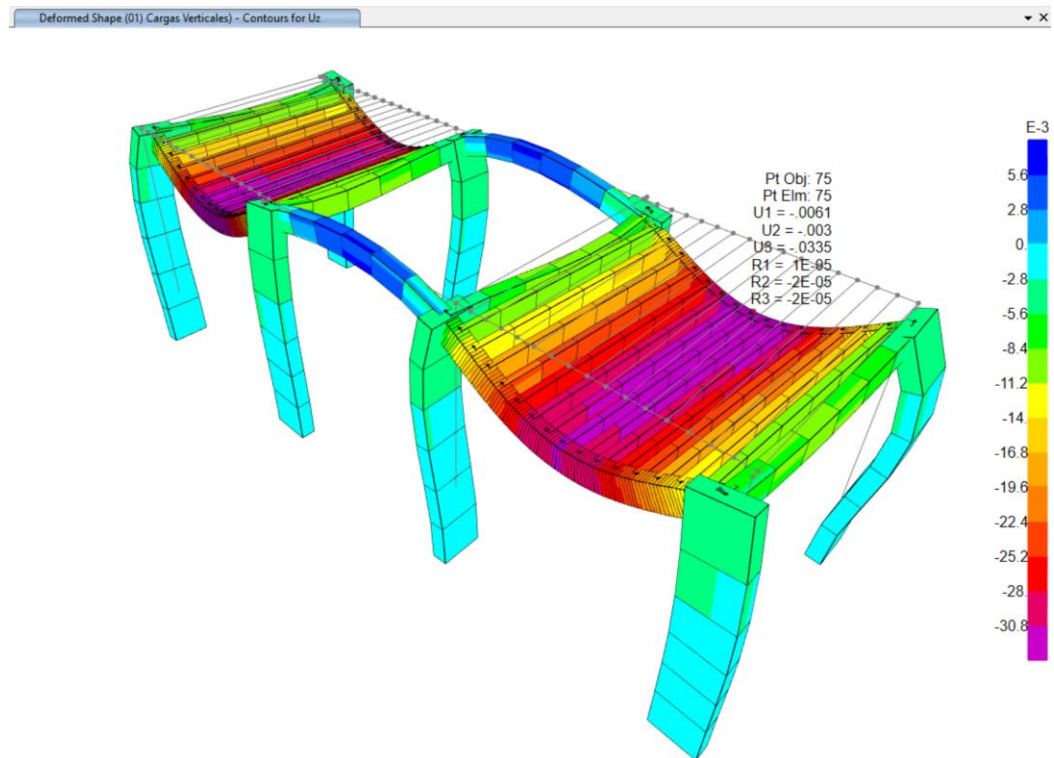
Plaza Central; Modo de vibrar en X; $T_x = T_1 = 0.659$ seg



Plaza Central; Modo de vibrar en Y; $T_y = T_2 = 0.659$ seg

6. REVISIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

6.1 DEFORMACIONES PERMISIBLES POR CARGAS GRAVITACIONALES

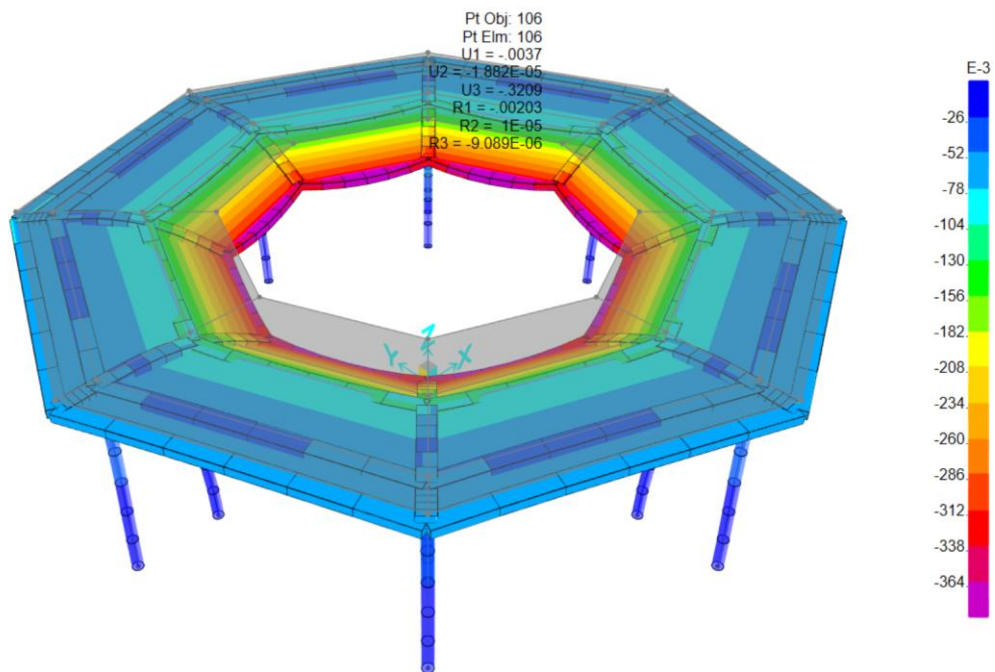


Deformación máxima en Módulos tipo (cm).

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{L}{240}$$

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 0.033 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{400 \text{ cm}}{240} = 1.66 \text{ cm, Cumple con los lineamientos}$$



Deformación máxima en Plaza Central (cm).

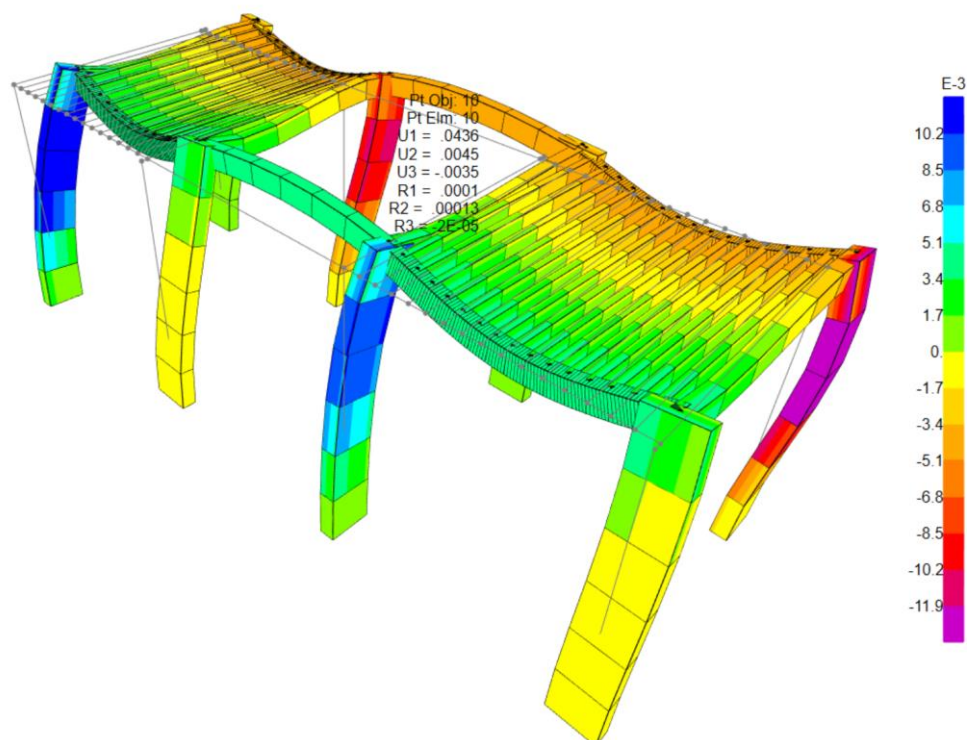
$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{L}{240}$$

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 0.32 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{380 \text{ cm}}{240} = 1.58 \text{ cm, Cumple con los lineamientos}$$

6.2 DESPLAZAMIENTOS LATERALES PROPICIADOS POR FUERZAS HORIZONTALES

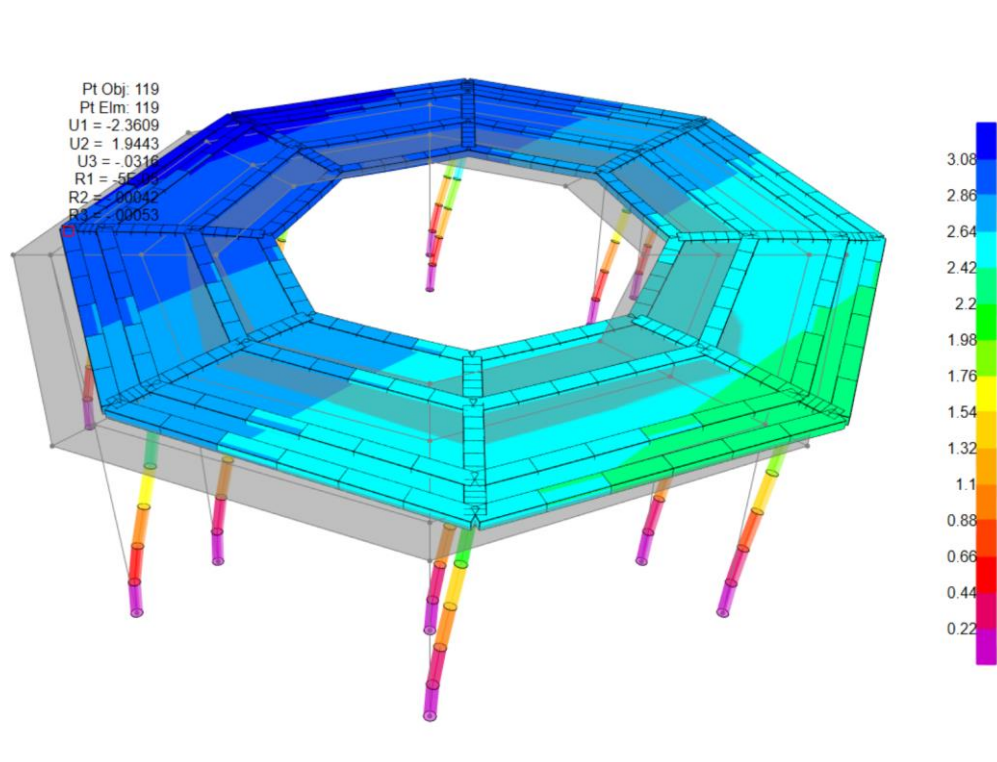
Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por las fuerzas cortantes sísmicas de entrepiso, calculados con alguno de los métodos de análisis sísmico, no excederán de 0.008 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables, como muros de mampostería, o estos estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En tal caso, el límite en cuestión será de 0.012. El desplazamiento será el que resulte del análisis con las fuerzas sísmicas reducidas multiplicado por el factor de comportamiento sísmico Q .



Módulo tipo; Deformación máxima en dirección Y(cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 0.43 cm<3.32cm



Plaza Central; Deformación máxima en dirección X (cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 2.36 cm < 3.32 cm

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

REVISIÓN DE RESISTENCIA EN COLUMNAS

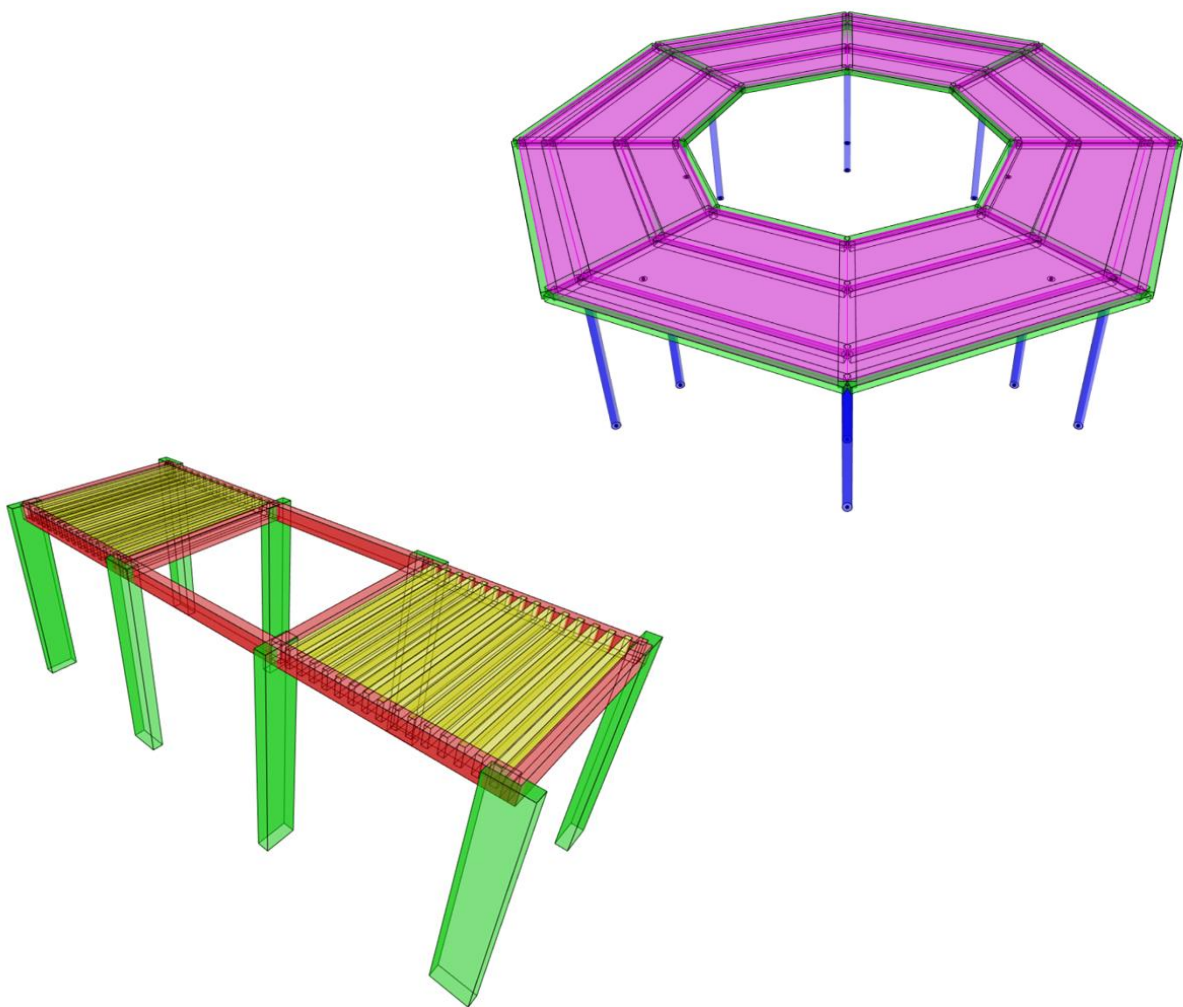
Para la revisión de las columnas (elementos en flexocompresión), se procedió de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

De cada una de las columnas que se modelan, se obtienen del programa los elementos mecánicos actuantes, (momentos flexionantes, cortantes y fuerzas axiales) bajo la condición más crítica. Con estos valores se calculan las áreas de acero longitudinal requerido, así como del refuerzo transversal necesario.

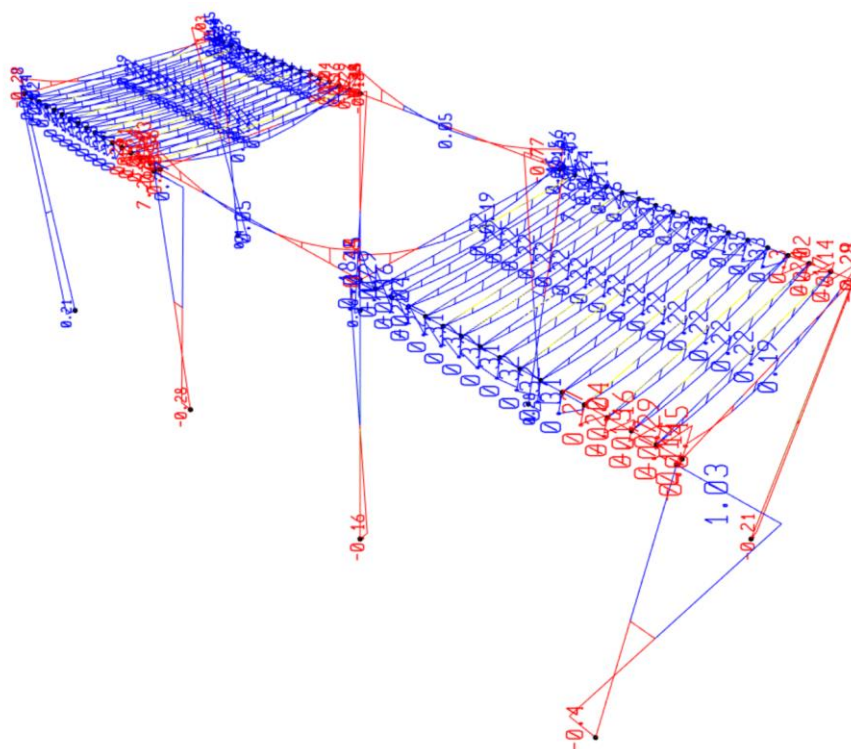
REVISIÓN DE RESISTENCIA EN TRABES

Para la revisión de las trabes (elementos en flexión), se procedió de acuerdo a los establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto

De cada una de las trabes que se modelan, se obtienen del programa los elementos mecánicos actuantes, (momentos flexionantes, cortantes y fuerzas axiales) bajo la condición más crítica. Con estos valores se calculan las áreas de acero longitudinal requerido, así como del refuerzo transversal necesario.

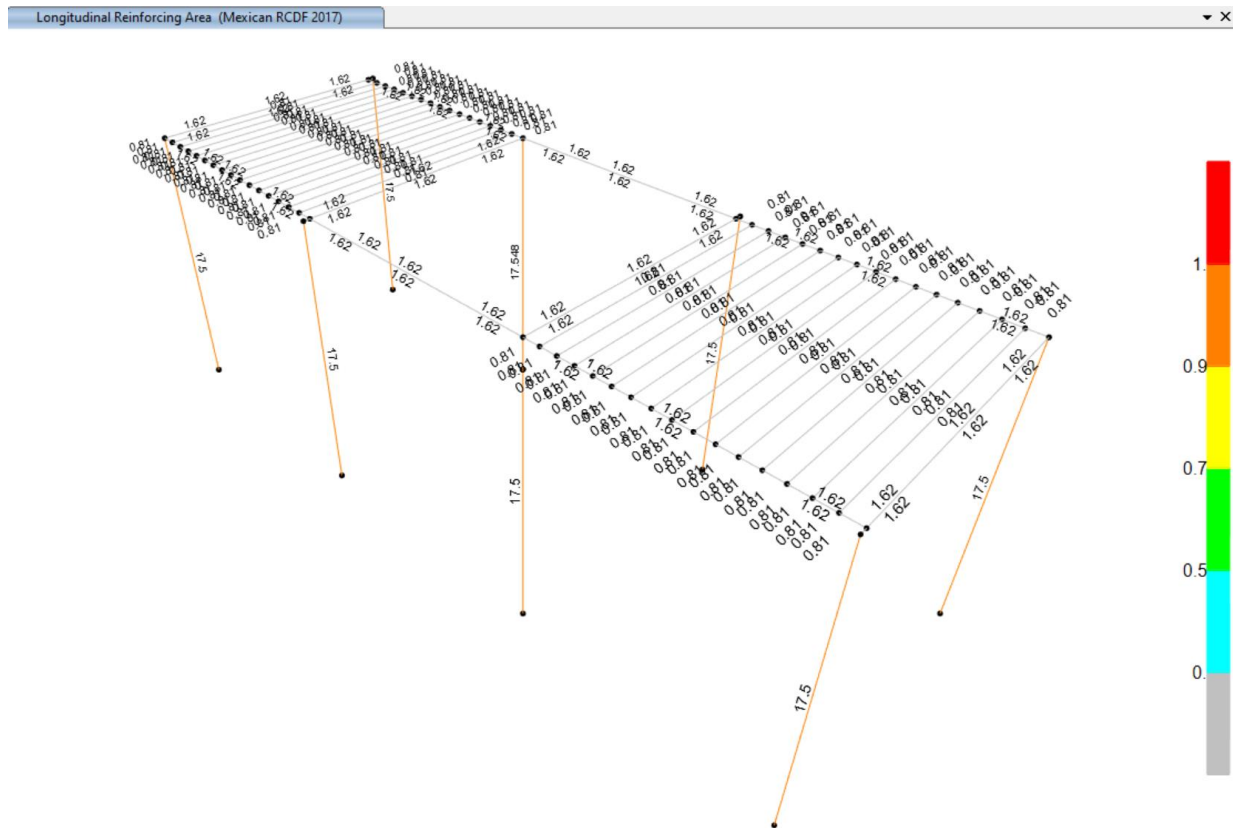


Vista general del modelo estructural en 3D.





Con la información anterior se obtuvieron las cantidades de acero para cada una de las trabes de concreto que componen el inmueble, del mismo modo la interacción de elementos de acero.



Áreas de acero por flexión en trabes de Módulo tipo (cm^2).

