

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

REHABILITACIÓN DE LA PLAZA Y ÁREA DE EJERCICIOS DE “LAS BRUJAS”, EN LA UNIDAD HABITACIONAL EL ROSARIO, CIUDAD DE MÉXICO”

Ubicación:

Agustín Aragón, Rosario 1 Sector II CB, Azcapotzalco, 54090, 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 de plaza y área de ejercicios de “Las Brujas” en la Unidad Habitacional El Rosario, en Azcapotzalco Ciudad de México.

La presente memoria contiene el análisis y diseño de las estructuras que componen la plaza, que tiene como finalidad la convivencia vecinal, tal como se describe en los planos arquitectónicos. Se realizó un modelo 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

En su conjunto se tienen 4 estructuras, 2 para el área de niños y 2 para usos múltiples en un nivel, se tomarán en cuenta las cargas mínimas de la normatividad vigente.

A continuación, se muestran las plantas del edificio de oficinas para mejor entendimiento de la distribución de espacios.

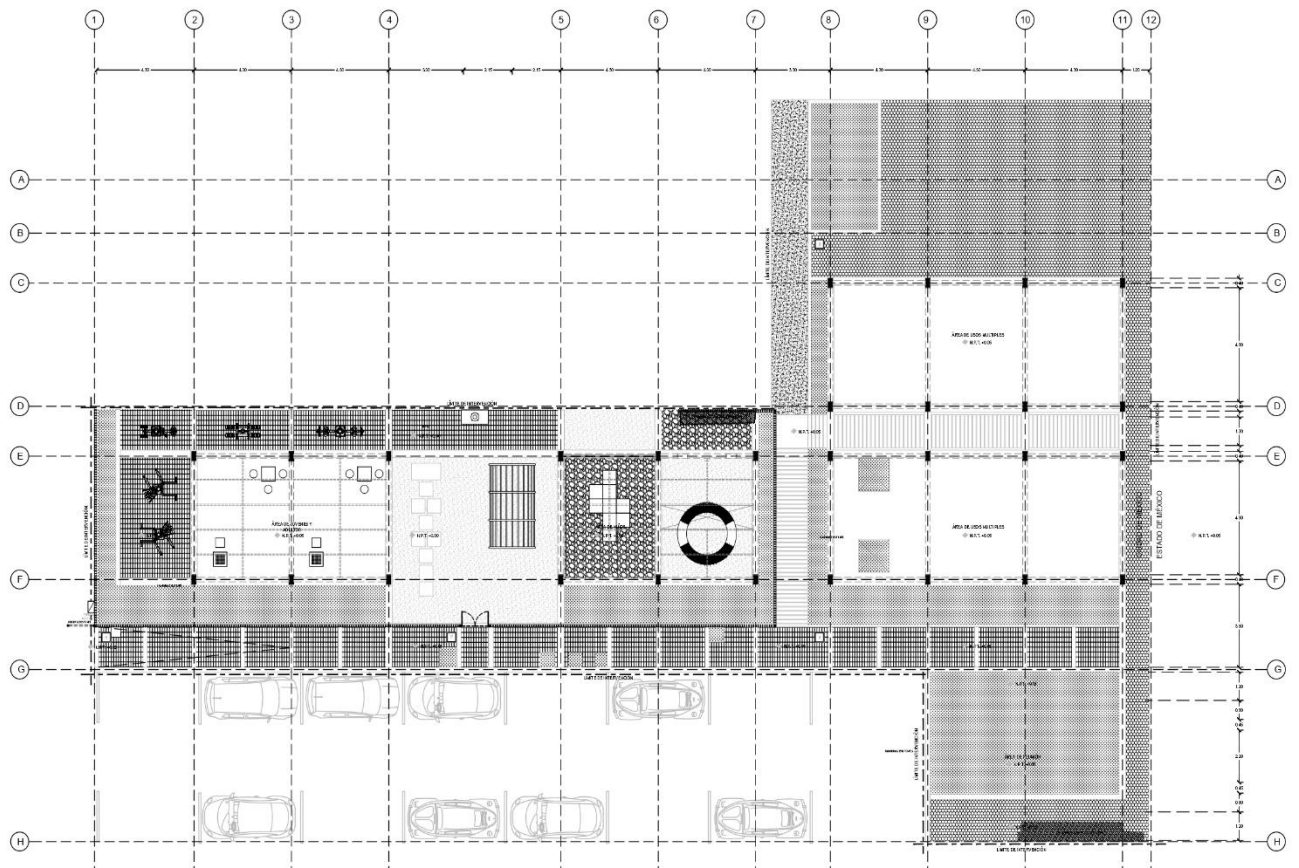


Figura 1. Planta Baja.

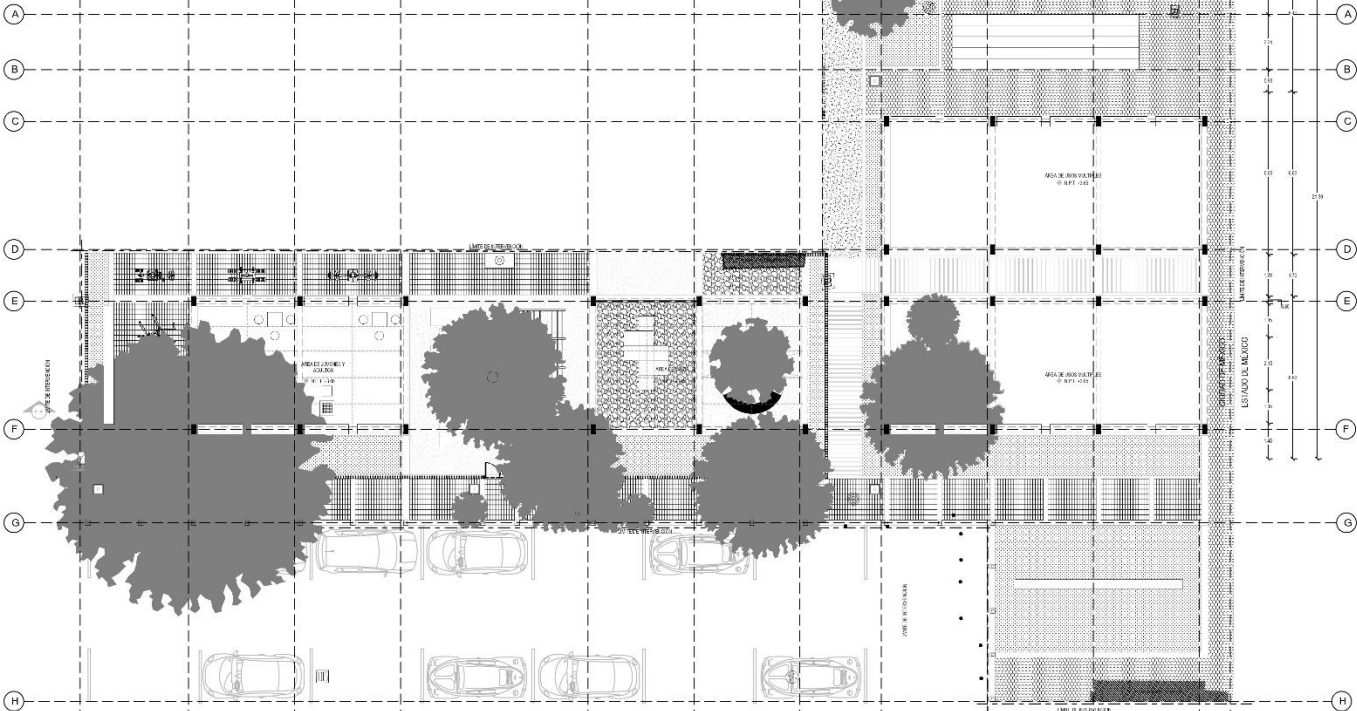


Figura 2. Planta alta

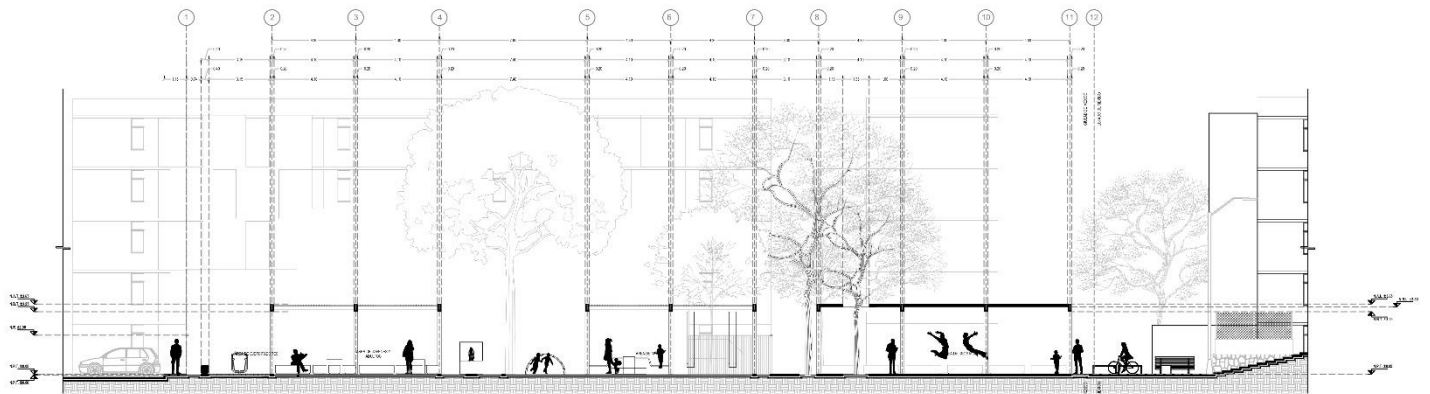


Figura 3. Corte esquemático longitudinal.

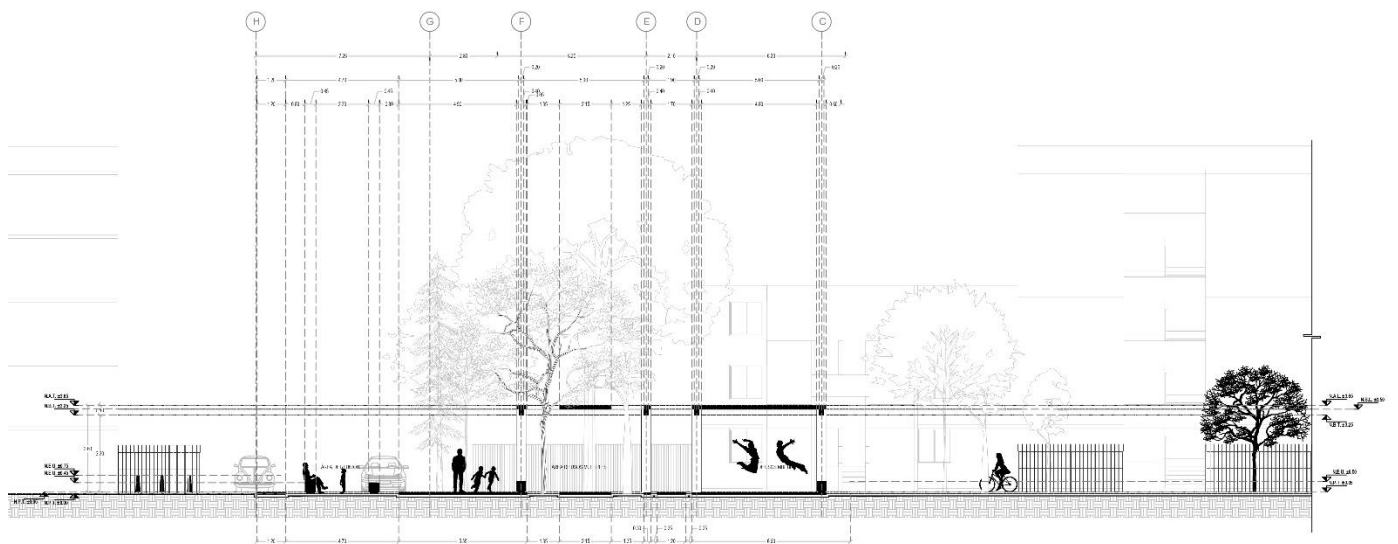


Figura 5. Corte esquemático transversal.

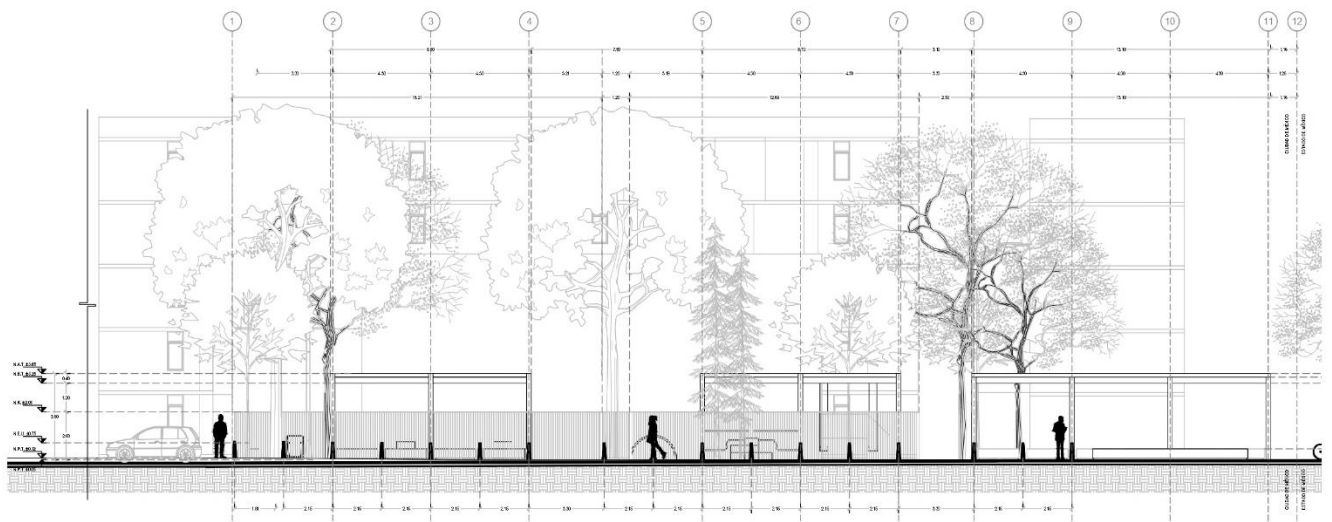


Figura 9. Corte esquemático de Fachada.

2.2 ESTRUCTURACIÓN

CIMENTACIÓN

La cimentación se resolvió con losa de cimentación con contratraveses de acuerdo a recomendación del estudio de mecánica de suelos.

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.

SUPERESTRUCTURA (CUBIERTAS)

Las estructuras están resueltas con marcos ortogonales de concreto, el área de niños cuenta con una cubierta con perfiles metálicos rectangulares tipo PTR con malla ondulada, el área de usos múltiples cuenta con losa de azotea de concreto reforzado.

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.
- American Concrete Institute (ACI).
- Manual de Diseño por sismo de la Comisión Federal de Electricidad.
- Programa SASID para la obtención de valores sísmicos.

4. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El inmueble se clasifica como estructura tipo “B” de acuerdo a las recomendaciones del artículo 139 del Reglamento de Construcciones para la CDMX y sus Normas Técnicas Complementarias.

- 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.

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

5.2 CARGAS CONSIDERADAS

-Estimación de cargas en Niveles tipo para usos múltiples:

Concepto:	kg/m ²	Tipo de Carga
Losa de Concreto $h=10$ cm	240	(se toma dentro del modelo)
Instalaciones	30	
Carga adicional Art. 197	40	
Carga Muerta total	310	
Carga Viva Media (W)	15	Asentamientos
Carga Viva Accidental (W_a)	70	Sismo
Carga Viva Máxima (W_{max})	100	Gravitacional

-Estimación de cargas en Niveles tipo para zona de niños:

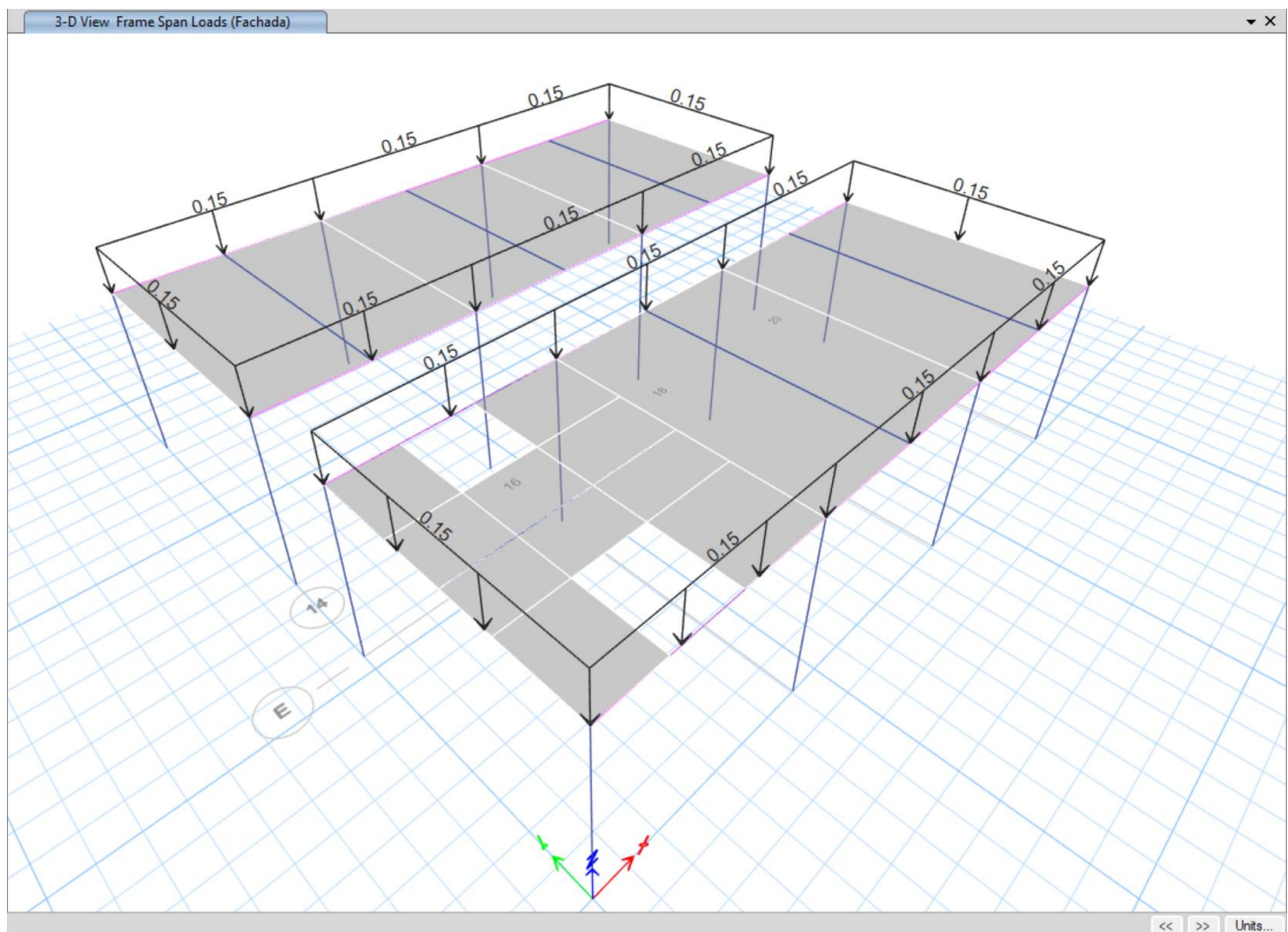
Concepto:	kg/m ²	Tipo de Carga
Instalaciones	30	
Carga adicional Art. 197	40	
Rejilla ondulada	72	
Carga Muerta total	142	
Carga Viva Media (W)	15	Asentamientos
Carga Viva Accidental (W_a)	70	Sismo
Carga Viva Máxima (W_{max})	100	Gravitacional

Para el sistema de cubierta del área de niños, se empleará rejilla ondulada de alambre galvanizado soportado por perfiles metálicos tipo PTR, dicho sistema no trabaja como diafragma rígido, por lo que el sistema de columnas y traveses de alma abierta que conforman los marcos, trabajan entre sí ante las cargas gravitacionales y accidentales que actúan sobre el sistema.

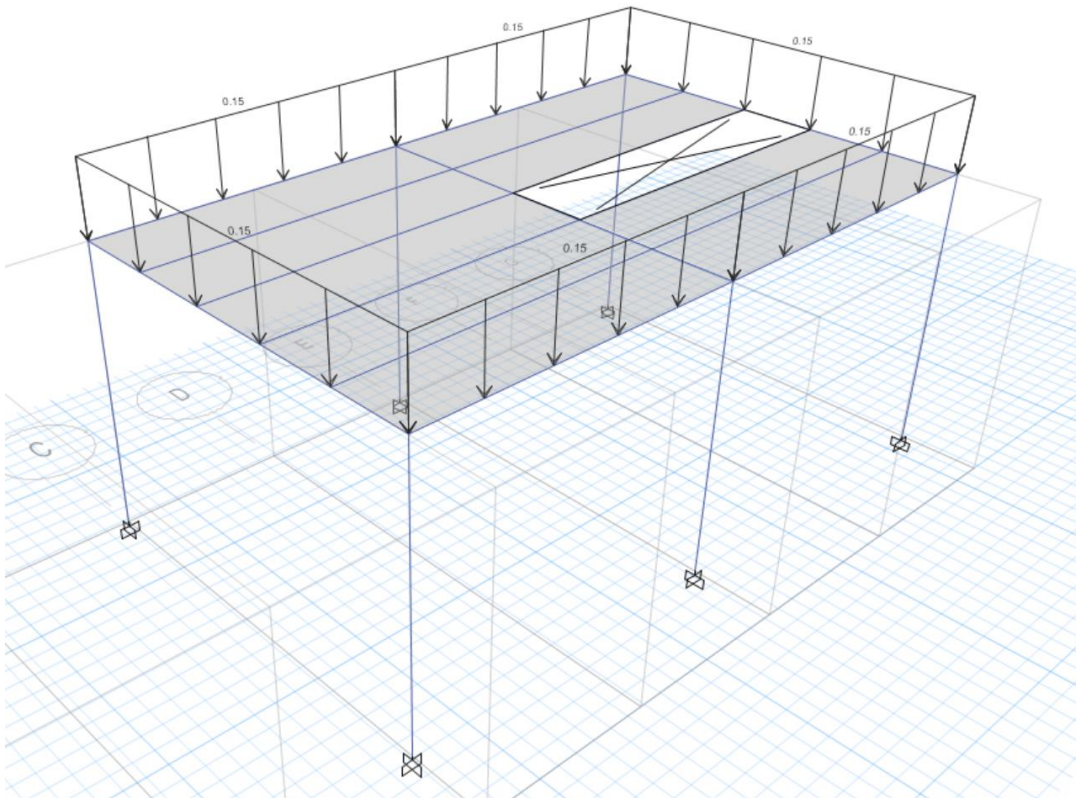
Para realizar la distribución de las cargas en los muros y traveses del prototipo se usaron hojas de cálculo basándose en el método de las rigideces y elementos finitos.

La geometría individual de la estructura se introdujo al programa, y de acuerdo con el análisis de cargas obtenido por metro cuadrado se procedió a colocarle dichas cargas a elementos que usa el programa, el cual nos permite realizar una distribución de cargas mediante la metodología de áreas tributarias. Obteniendo así las cargas por metro lineal que le corresponde a elemento principal de soporte.

Las cargas obtenidas de cada planta estructural se bajaron hasta la zona de cimentación.



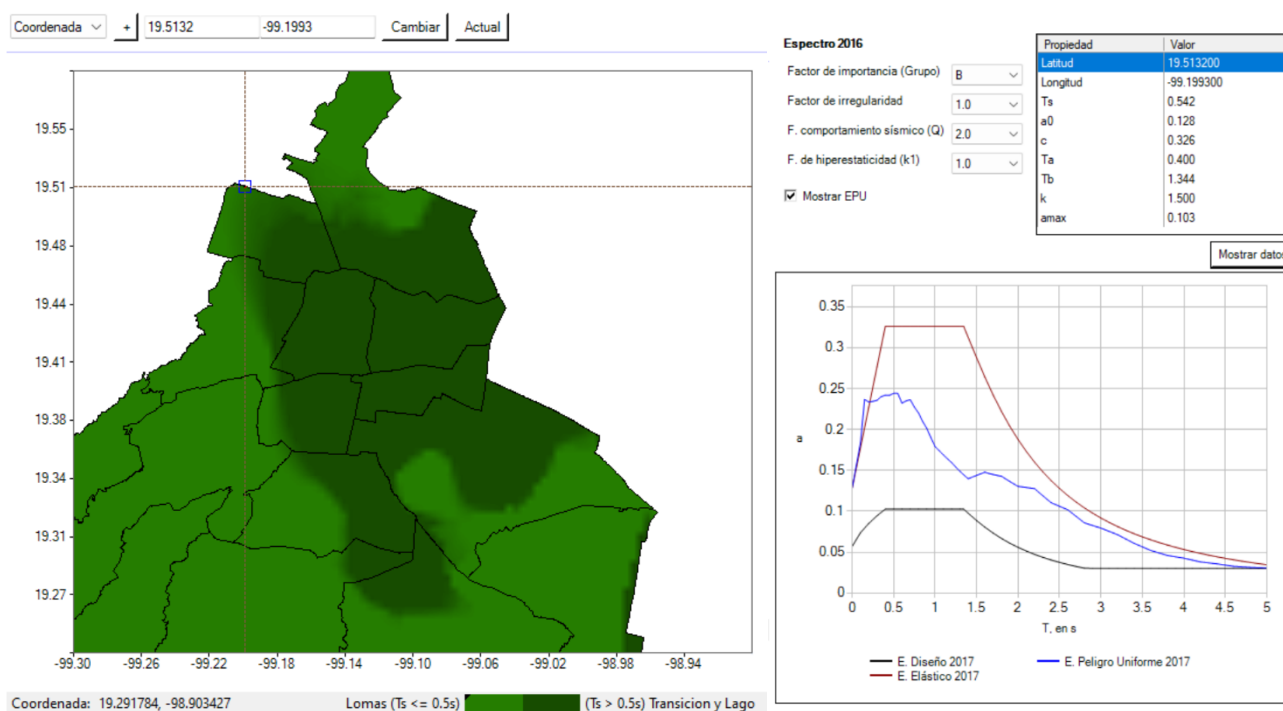
Cargas uniformemente distribuidas sobre la estructura.



Cargas uniformemente distribuidas sobre la estructura.

5.3 ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis sísmico se obtuvo utilizando el programa SASID que recomienda el Gobierno de la CDMX, dicho programa ubica el espectro elástico el cual al verse afectado por los factores de comportamiento sísmico, hiperestaticidad, irregularidad e importancia nos arroja el espectro de diseño.



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

La combinación de las acciones actuantes en la estructura se enumera a continuación:

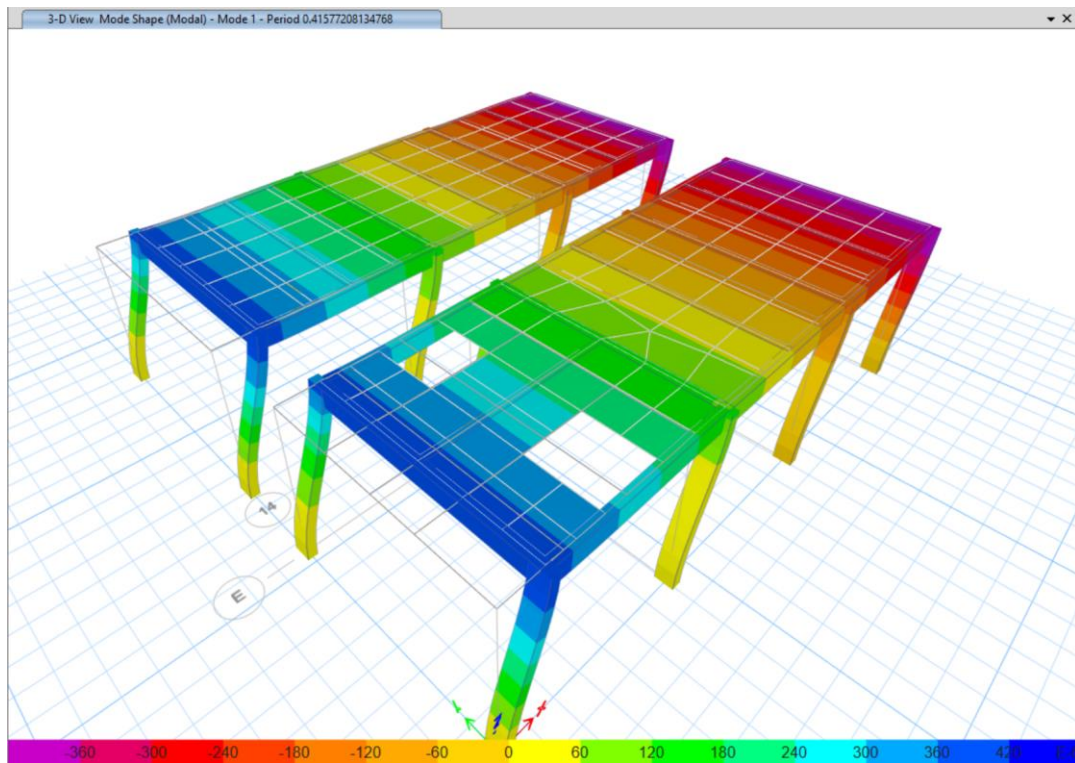
1)	1.3	PoPo	+	1.3	CM	+	1.5	W_{max}		
2)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	±	1.1/Q	Sx	+	0.33/Q Sy
3)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	±	0.33/Q	Sx	+	1.1/Q Sy

Debido a que el programa realiza el análisis en ambas direcciones al ingresar el espectro, no es necesario indicar todas las combinaciones

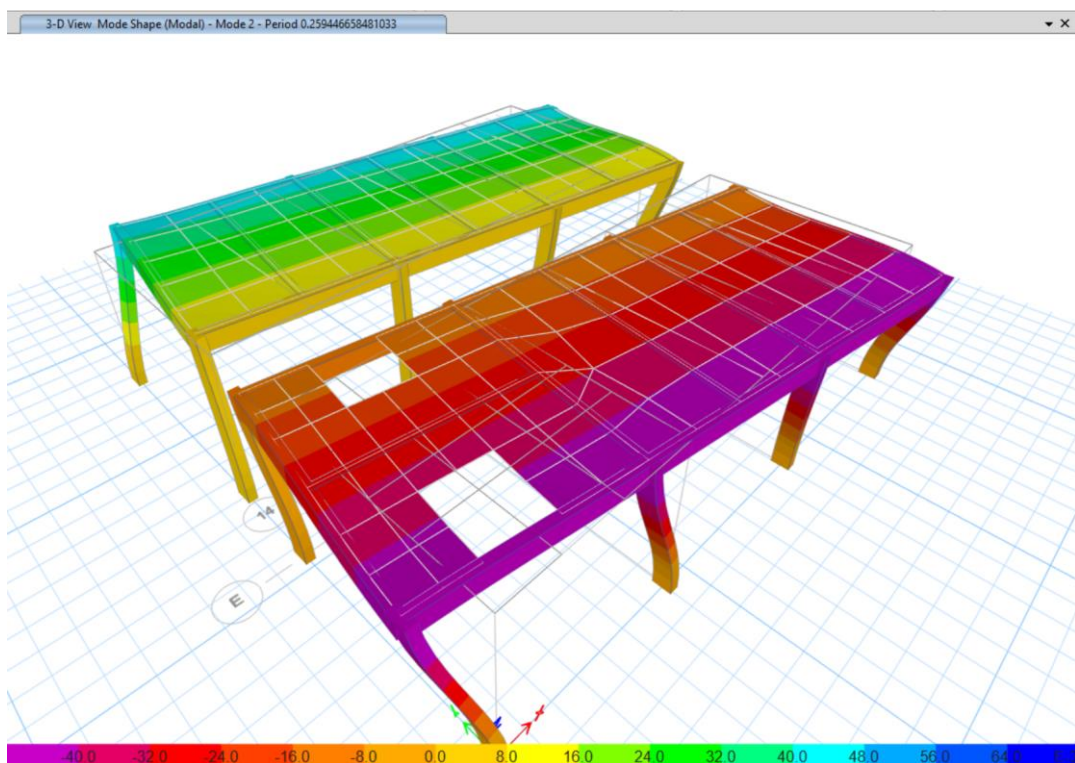
De igual manera se declararon en el programa combinaciones estáticas de sismo:

4)	1.1	PoPo	+	1.1	CM	+	1.1	Sx	+	0.33 Sy
5)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	+	1.1	Sx	-	0.33 Sy
6)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	-	1.1	Sx	+	0.33 Sy
7)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	-	1.1	Sx	-	0.33 Sy
8)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	+	0.33	Sx	+	1.1 Sy
9)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	+	0.33	Sx	-	1.1 Sy
10)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	-	0.33	Sx	+	1.1 Sy
11)	1.1	PoPo	+	1.1	W_a	-	0.33	Sx	-	1.1 Sy

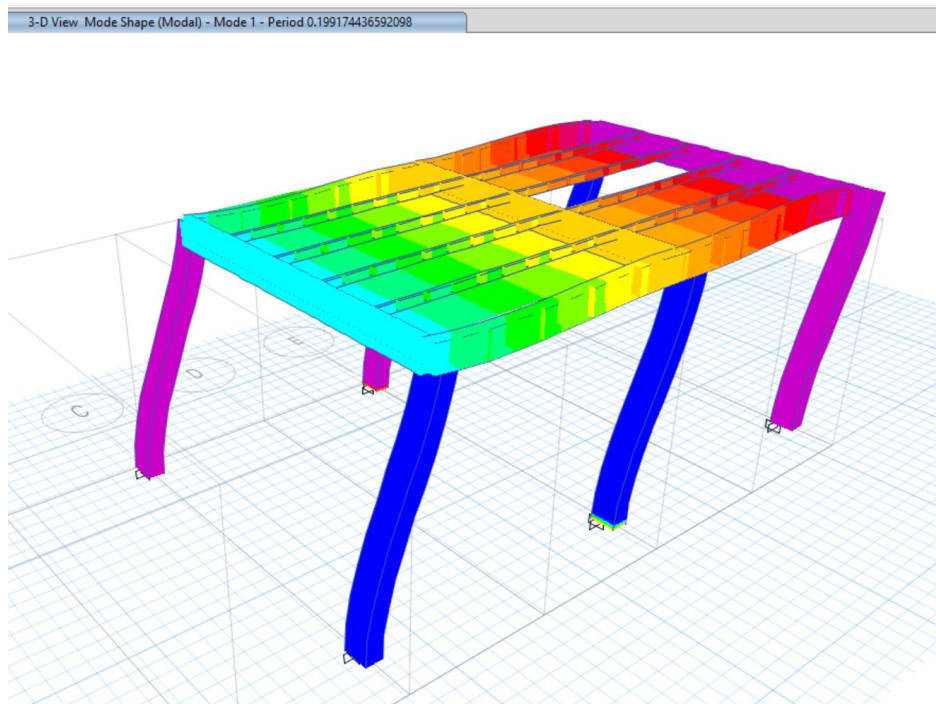
Cada grupo de combinaciones cuenta con su respectiva envolvente, esto con la intención de obtener los elementos mecánicos mayores bajo condiciones estáticas o dinámicas.



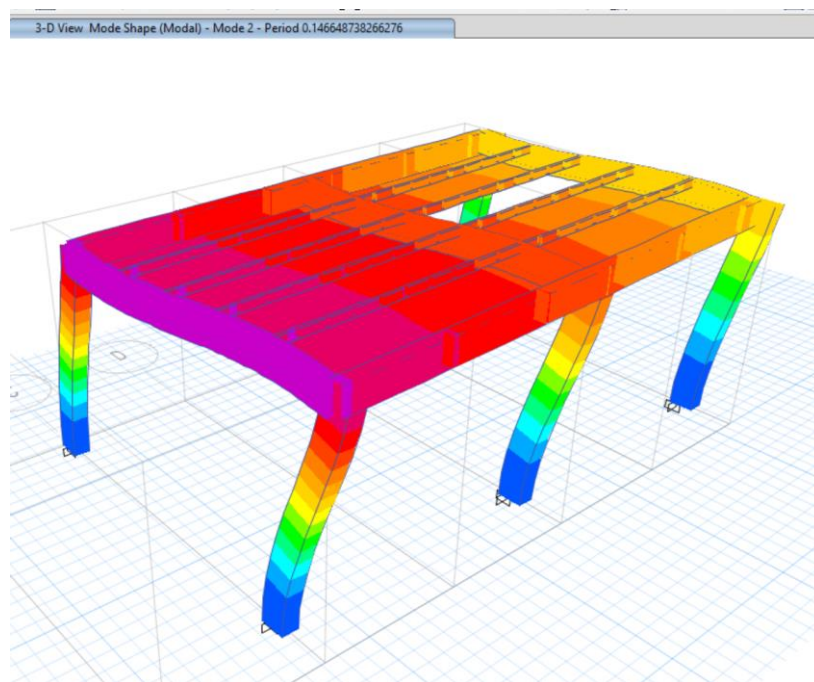
Modo de vibrar en X; $T_x = T_1 = 0.415$ seg



Modo de vibrar en Torsión; $T_y = T_2 = 0.25$ seg



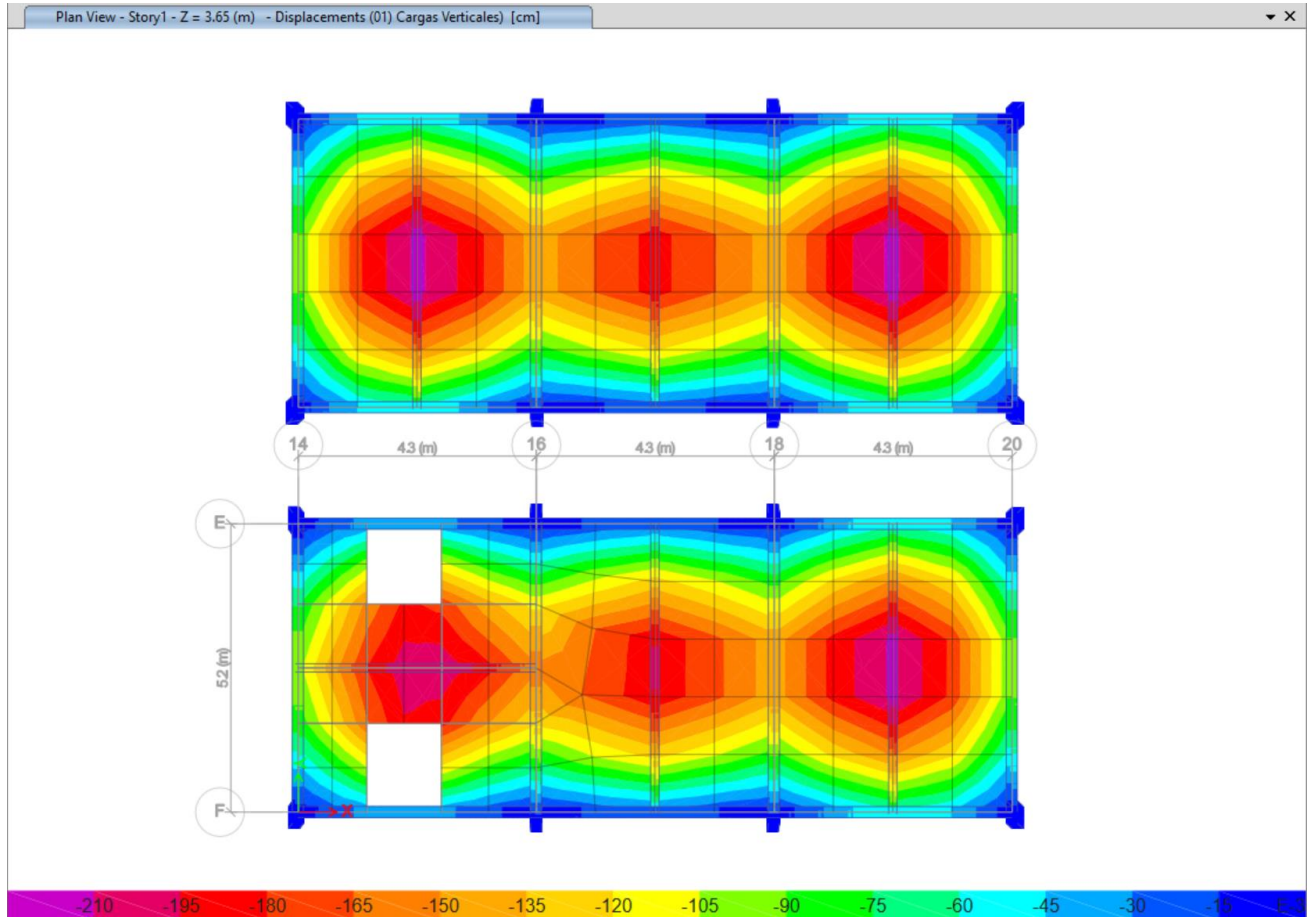
Modo de vibrar en X; $T_x = T_1 = 0.19 \text{ seg}$



Modo de vibrar ; $T_y = T_2 = 0.14 \text{ seg}$

6. REVISIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

6.1 DEFORMACIONES PERMISIBLES POR CARGAS GRAVITACIONALES

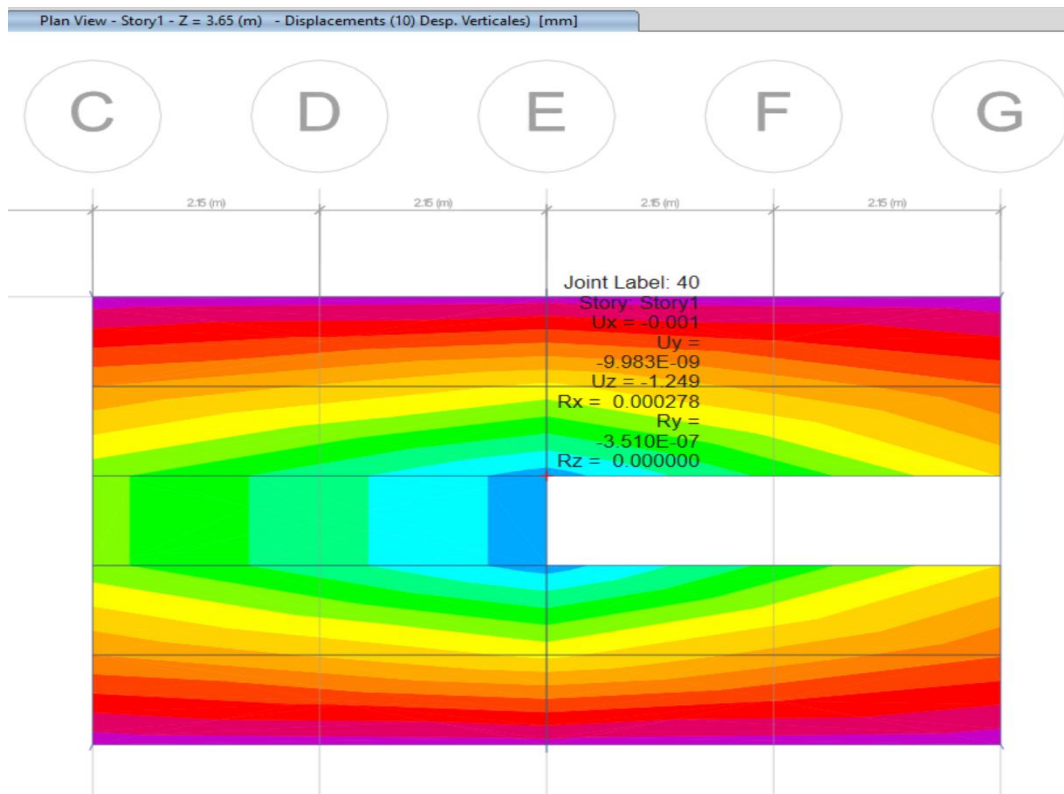


Deformación máxima en Losa de Azotea (-0.54cm).

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

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 0.54 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{520 \text{ cm}}{240} = 2.16 \text{ cm}, \gg 0.54 \text{ cm} \therefore \text{Cumple con los lineamientos}$$

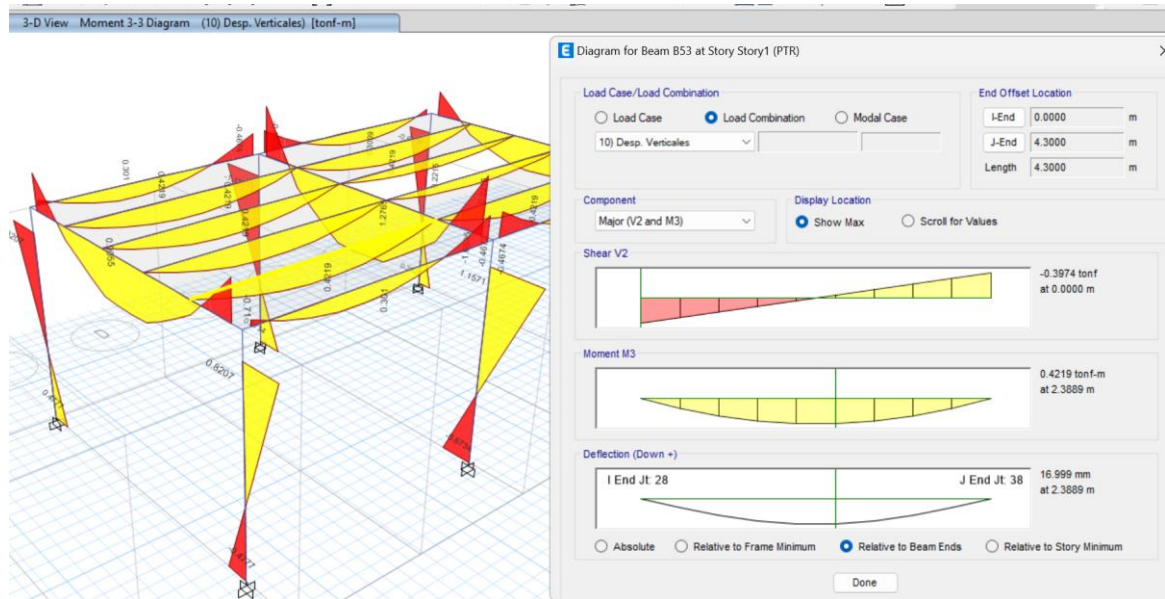


Deformación máxima en Losa de Azotea (-0.54cm).

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

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 0.1 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{520 \text{ cm}}{240} = 2.16 \text{ cm}, \gg 0.1 \text{ cm} \therefore \text{Cumple con los lineamientos}$$

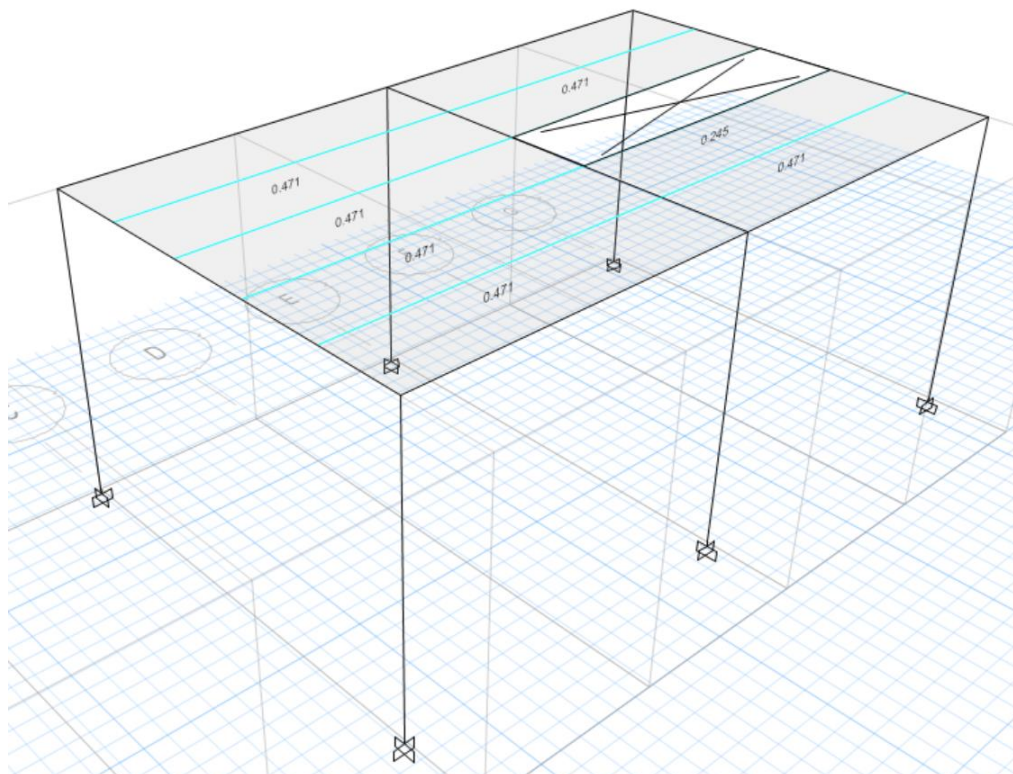


Analizando la sección de acero “PTR”

- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{430}{240} \approx 1.8 \text{ cm}, \gg 1.6 \text{ cm} \therefore \text{Cumple con los lineamientos}$$

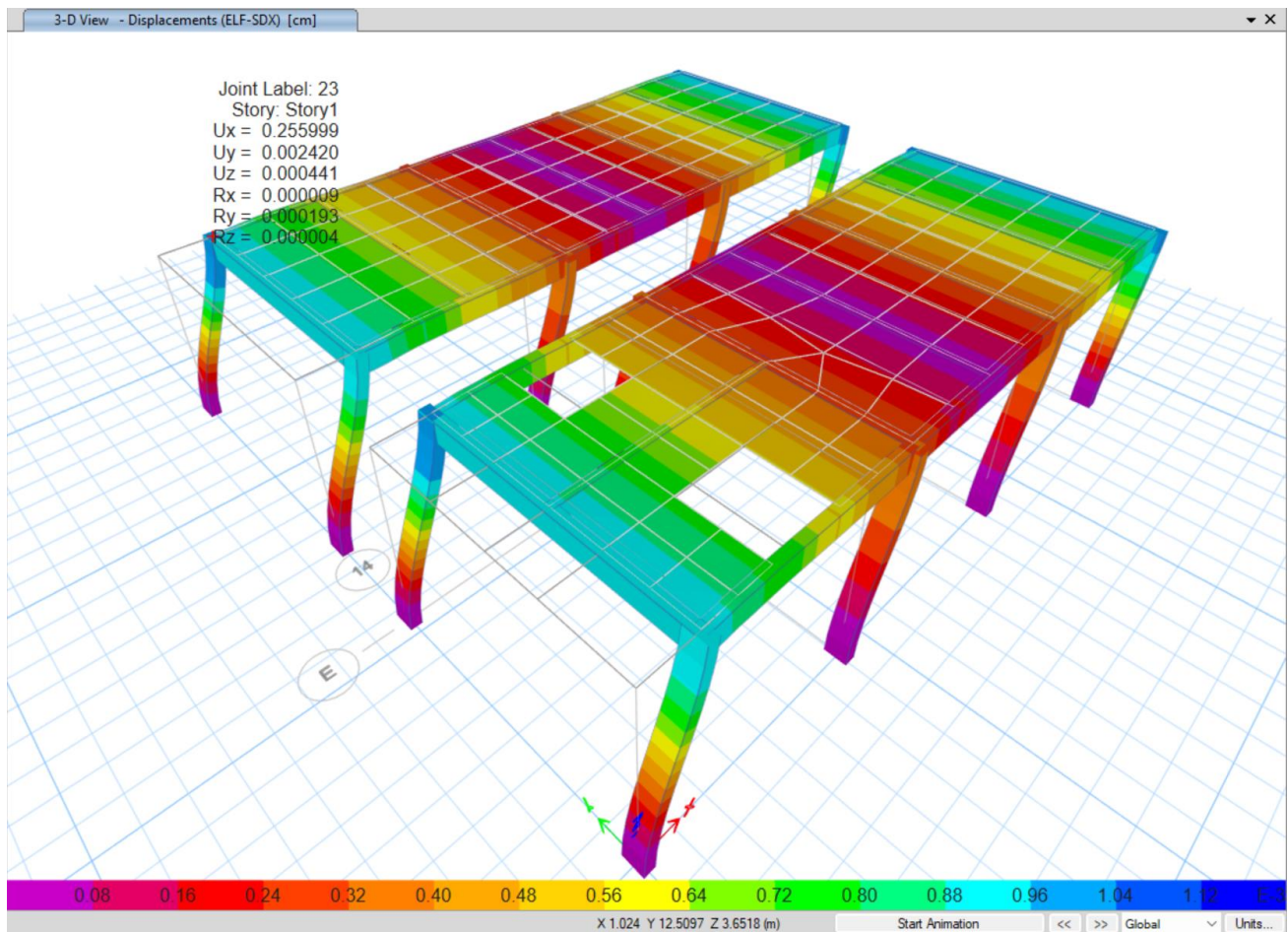
De igual manera se verifico que cumpliera con los ratios de diseño.



Ratios de diseño (Relación demanda capacidad)

6.2 DESPLAZAMIENTOS LATERALES PROPICIADOS POR FUERZAS HORIZONTALES

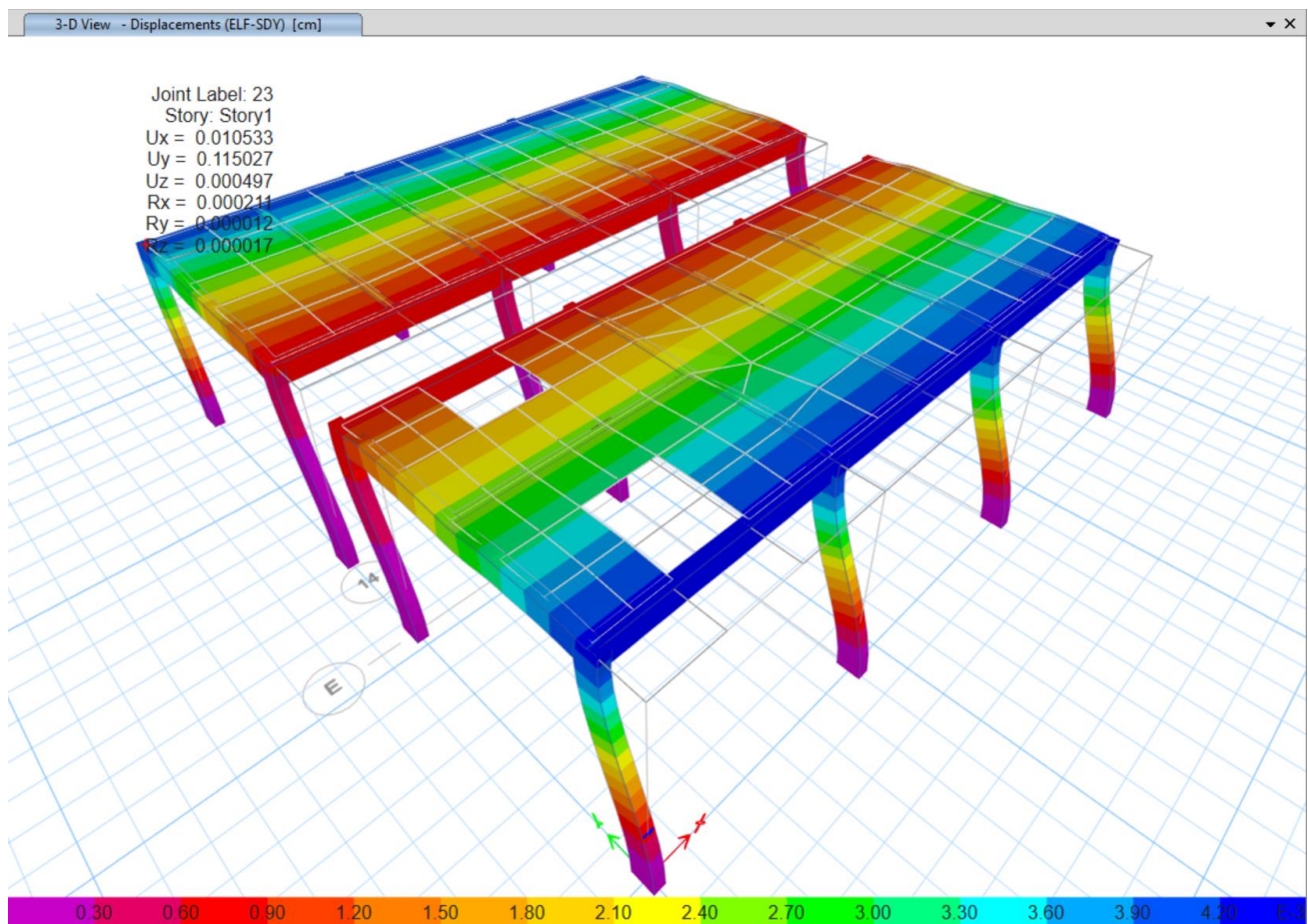
Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por las fuerzas cortantes sísmicas de entrepiso, calculados con alguno de los métodos de análisis sísmico, no excederán de 0.020 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces 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. El desplazamiento será el que resulte del análisis con las fuerzas sísmicas reducidas multiplicado por el factor de comportamiento sísmico Q .



Deformación máxima en dirección X (cm).

Vista en 3D

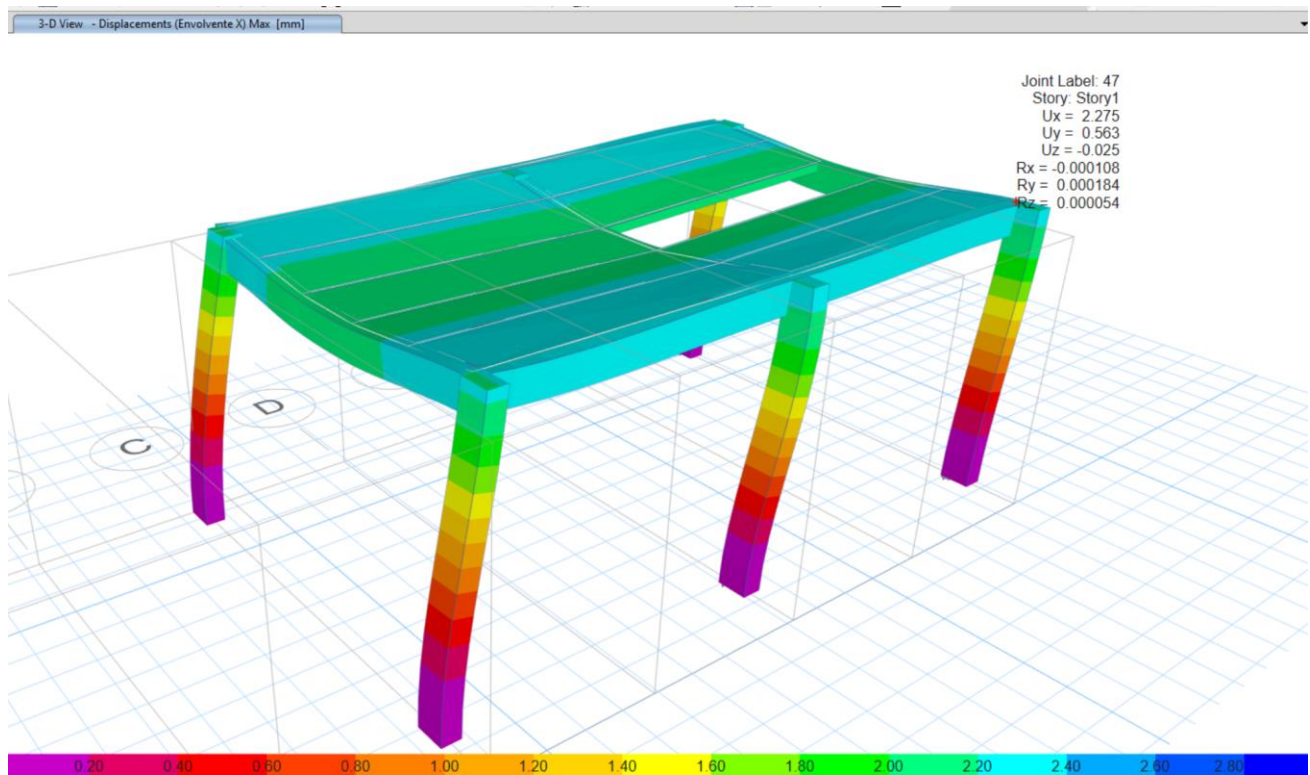
Deformación máxima= 0.25 cm



Deformación máxima en dirección y (cm).

Vista en 3D

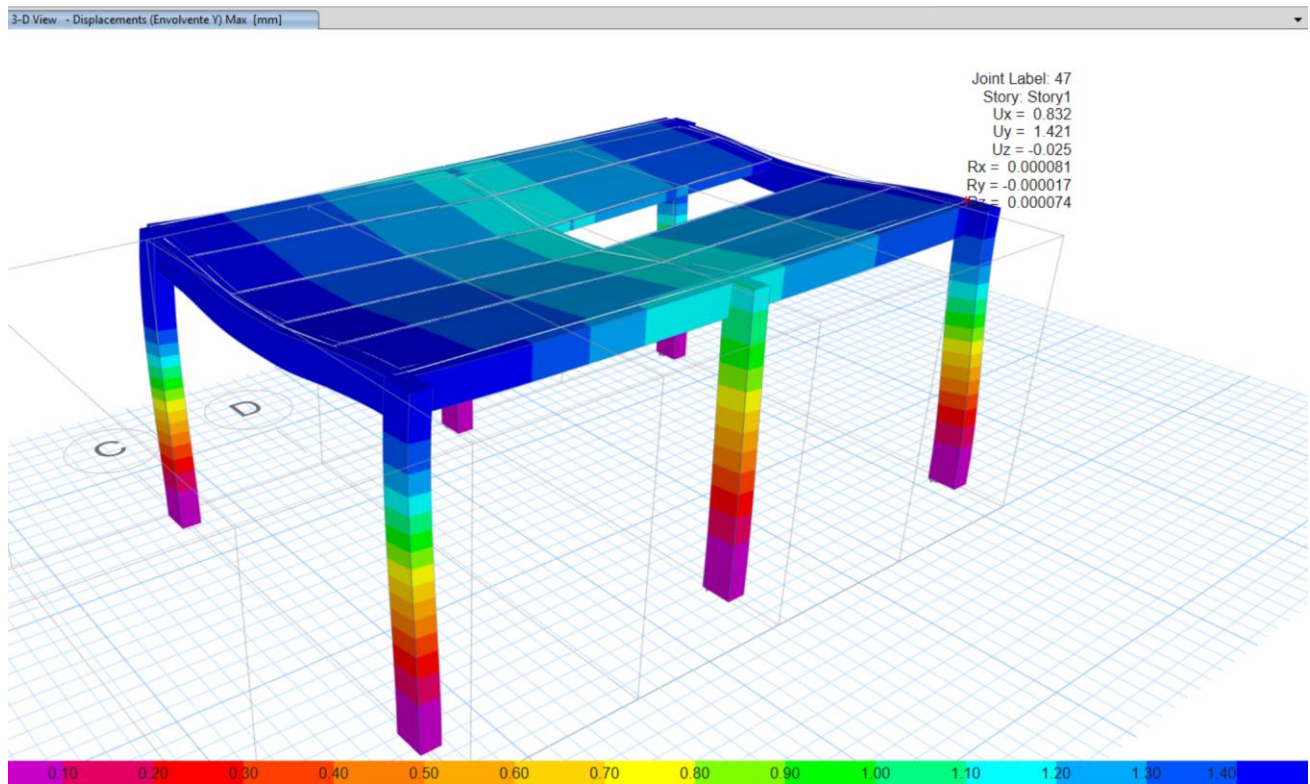
Deformación máxima= 0.11cm



Deformación máxima en dirección X (cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 0.22 cm



Deformación máxima en dirección Y (cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 0.14 cm

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

REVISIÓN DE RESISTENCIA EN COLUMNAS

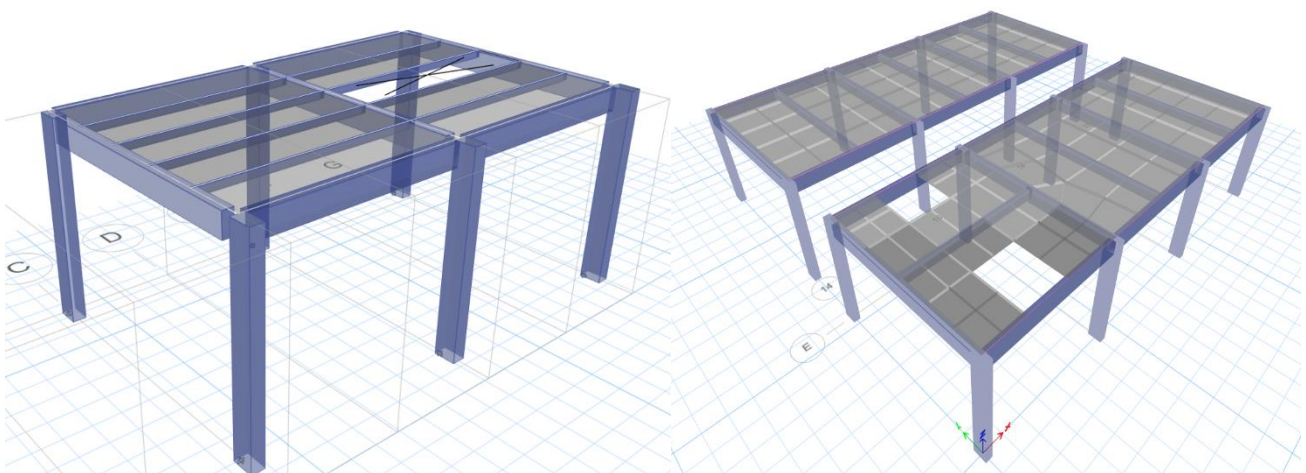
Para la revisión de las columnas (elementos en flexocompresión), se procedió de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

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 lo 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 (niños y usos múltiples).

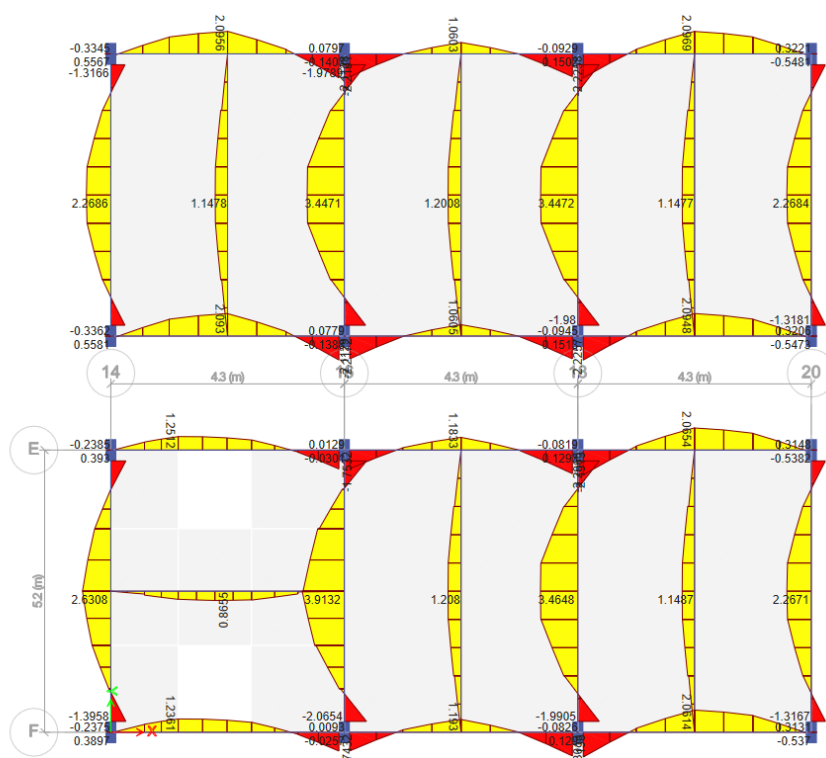
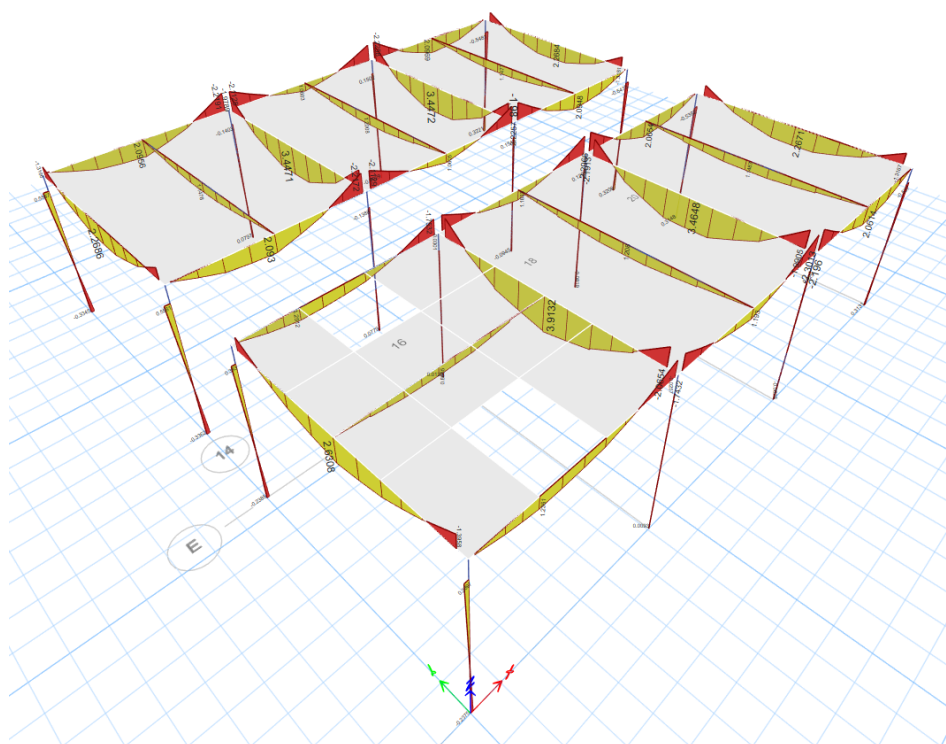


Diagrama de momentos flexionantes en vigas de área de usos múltiples. (t-m).



Vista general de diagrama de momentos flexionantes en vigas (t-m).

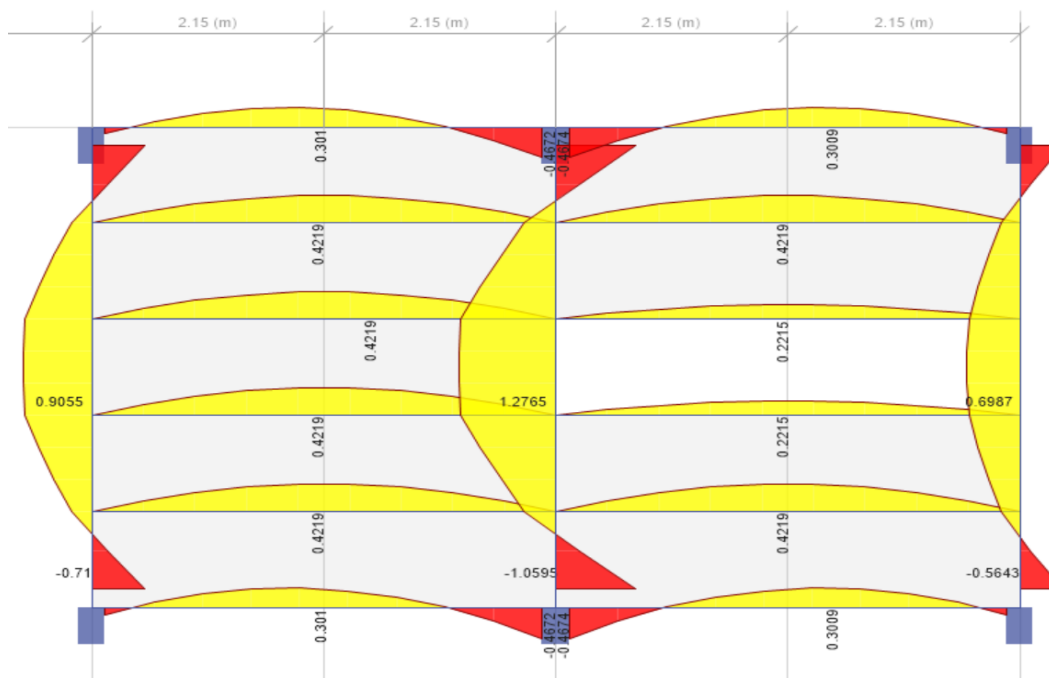
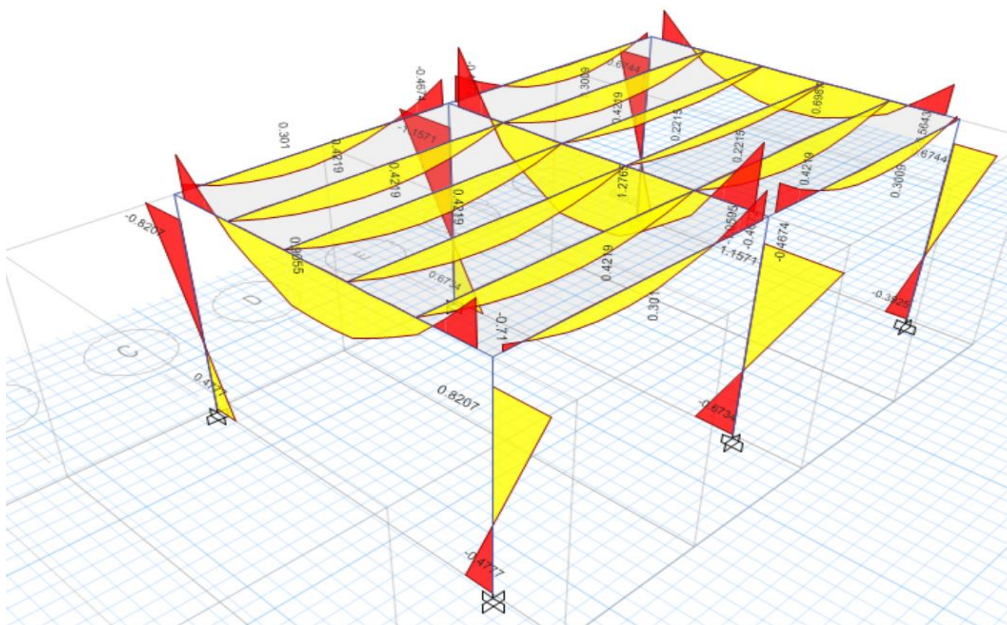


Diagrama de momentos flexionantes en vigas de área de usos múltiples. (t-m).



Vista general de diagrama de momentos flexionantes en vigas (t-m).

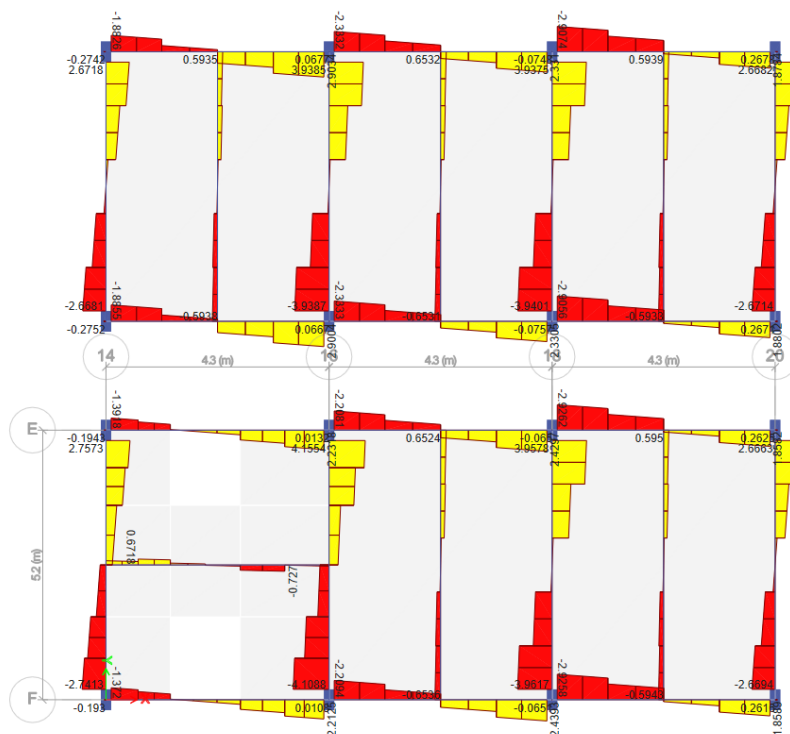
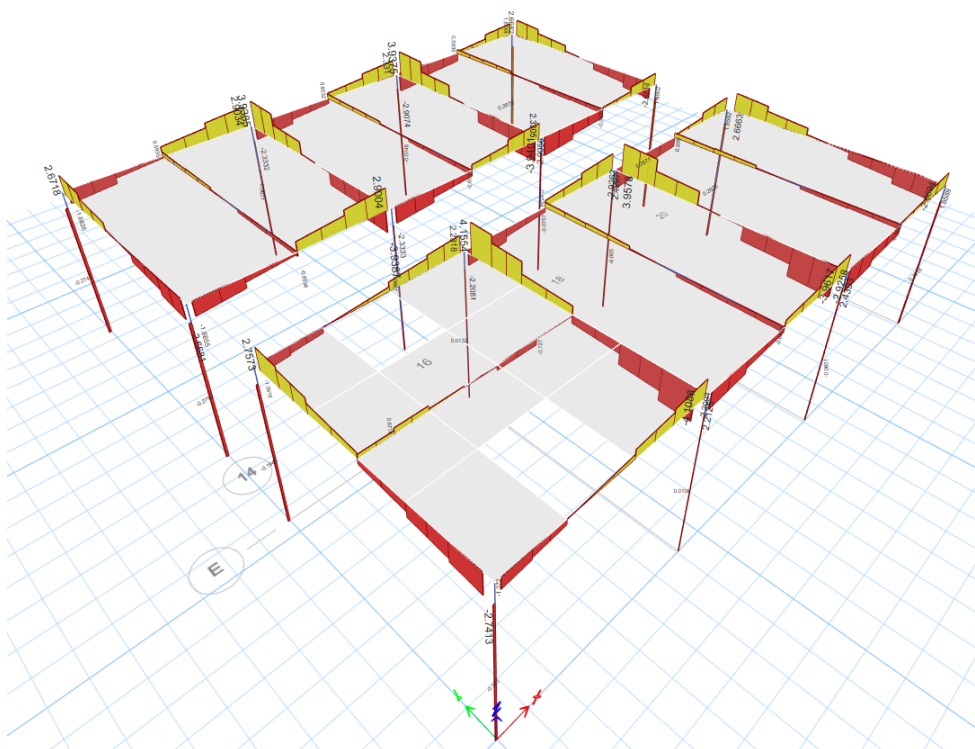


Diagrama de momentos fuerza cortante en vigas de área de usos múltiples. (t-m).



Vista general de diagramas de fuerza cortante en vigas (t).

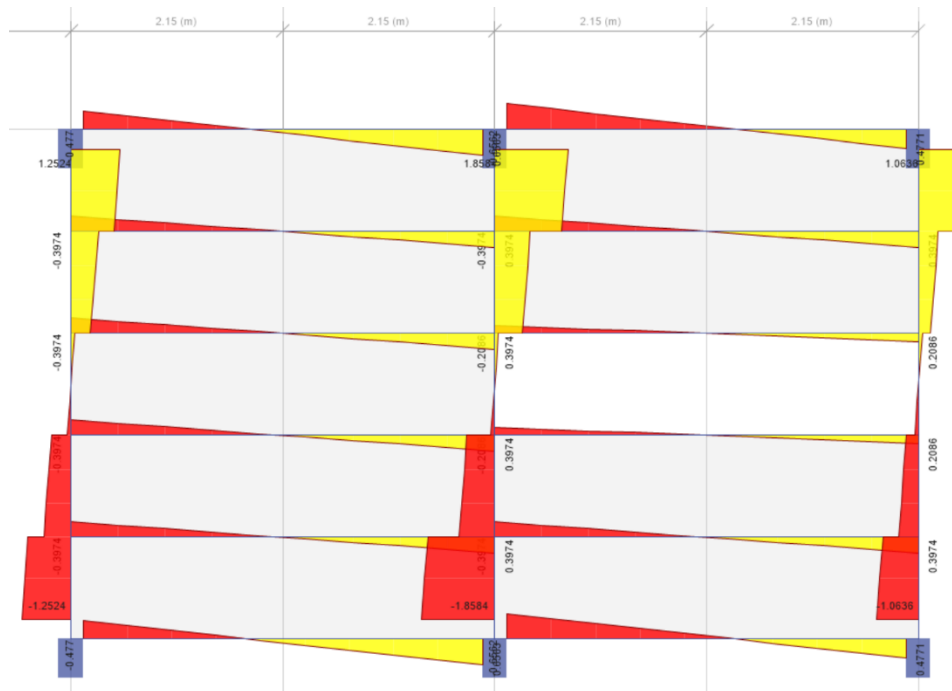
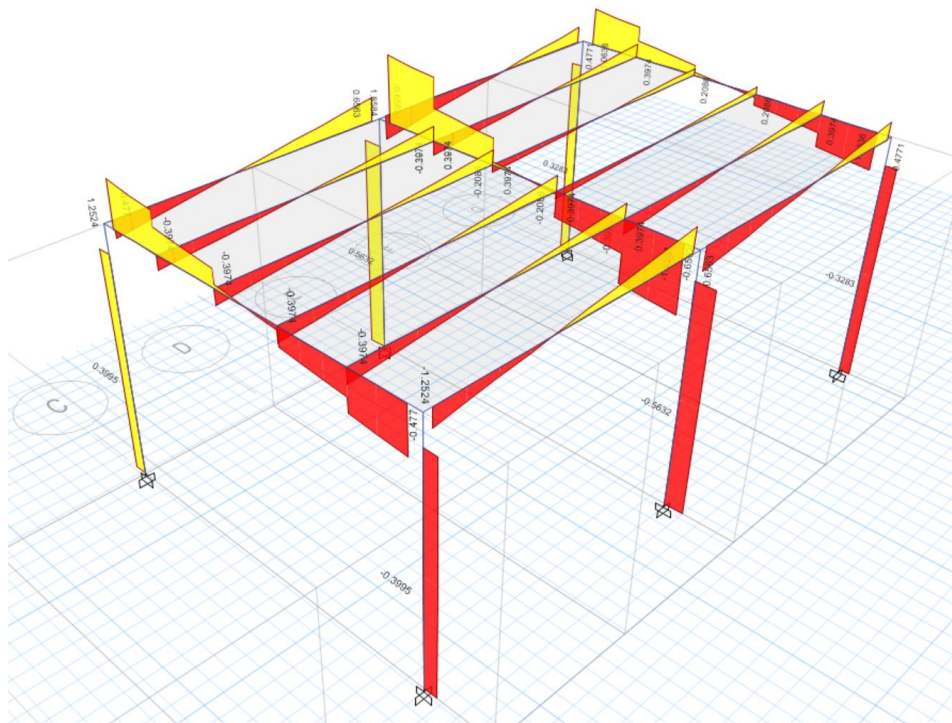
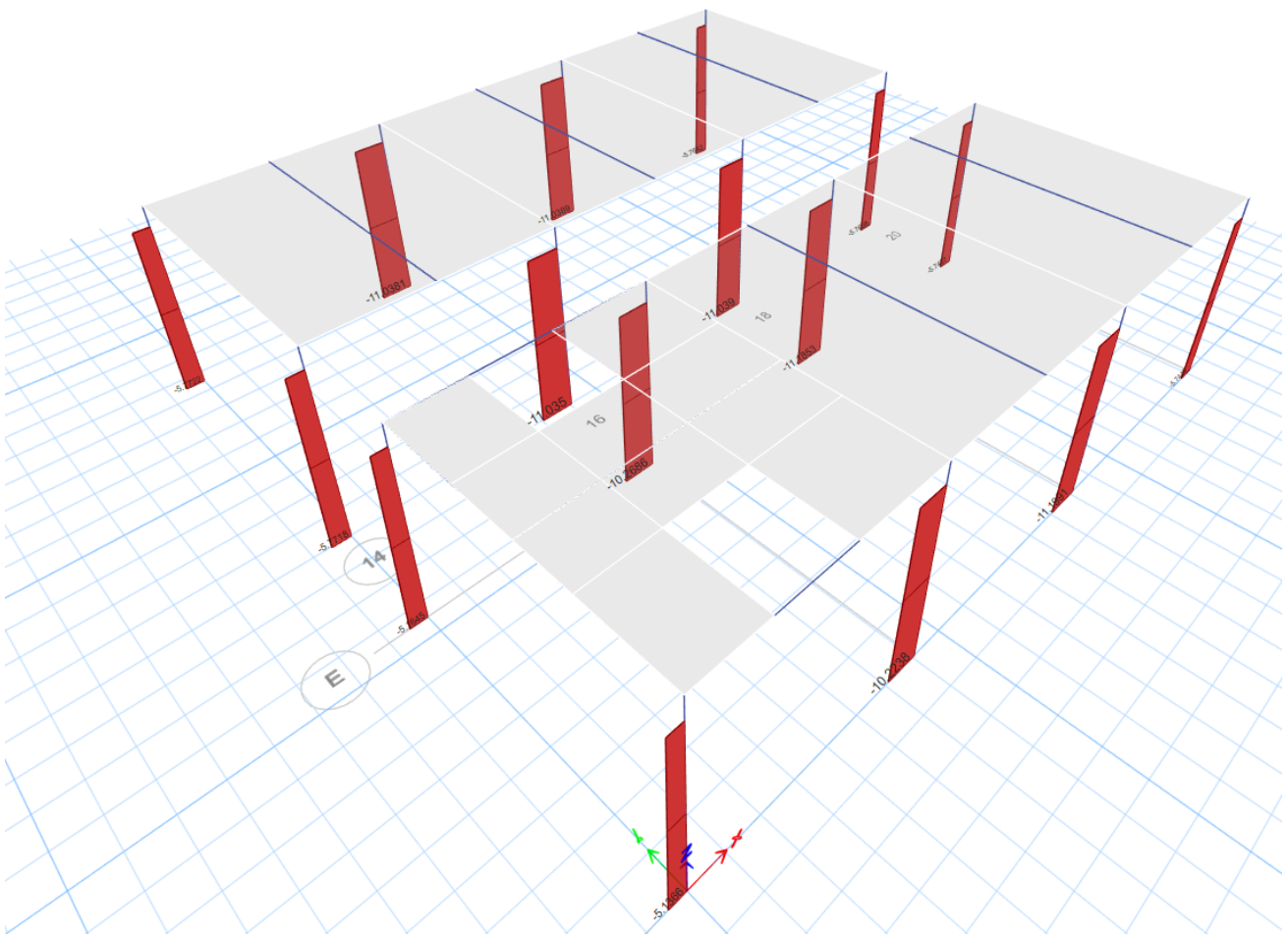


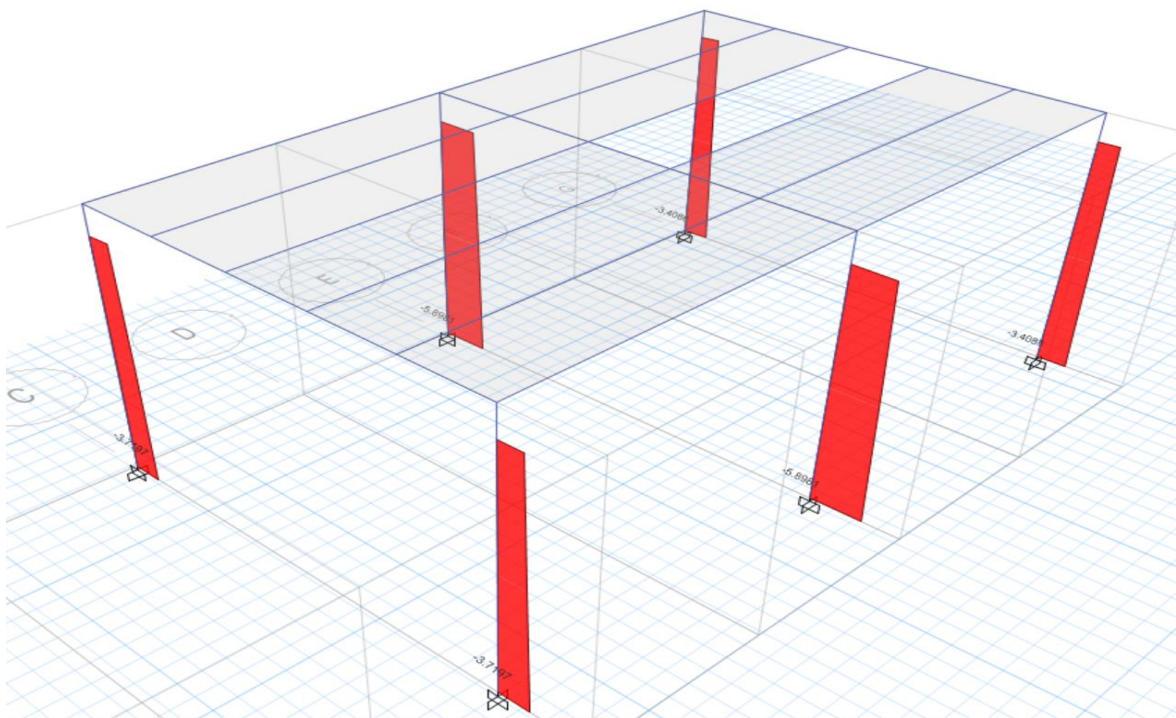
Diagrama de momentos fuerza cortante en vigas de área de usos múltiples. (t-m).



Vista general de diagramas de fuerza cortante en vigas (t).

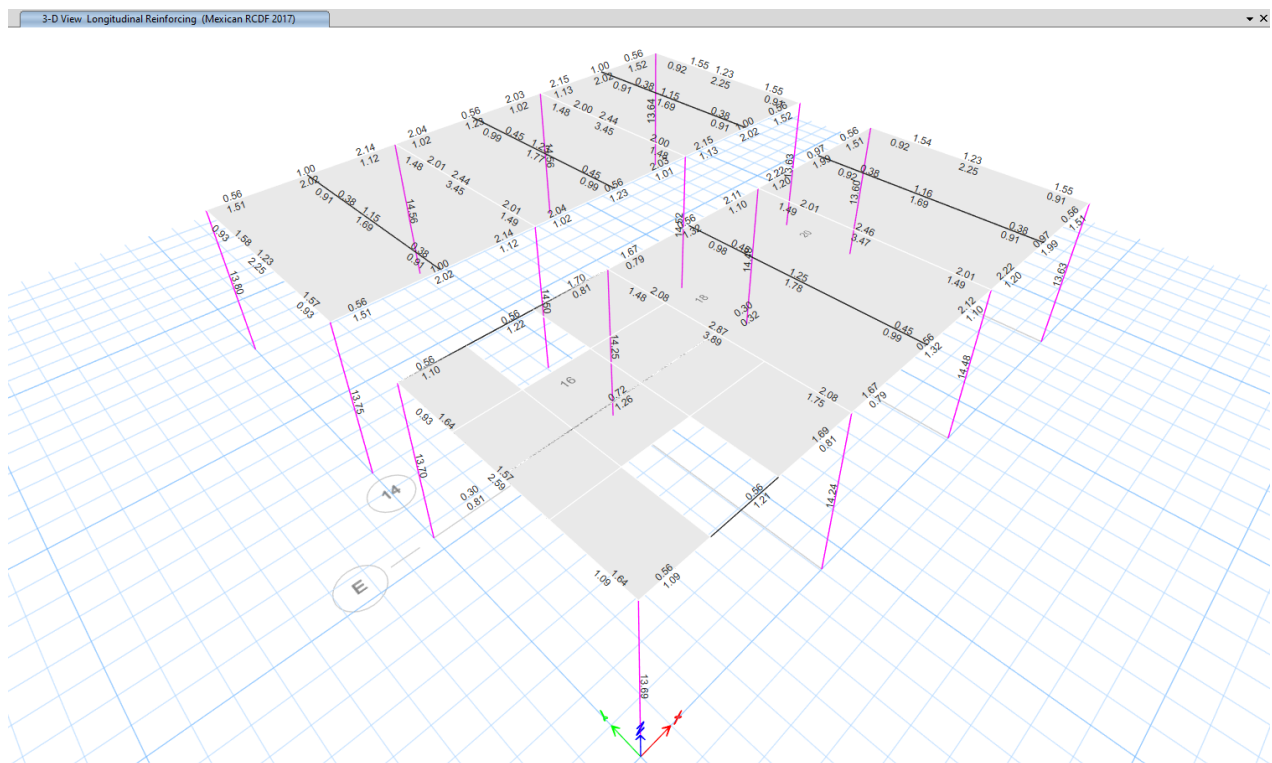


Vista general de diagramas de fuerza axial (t).

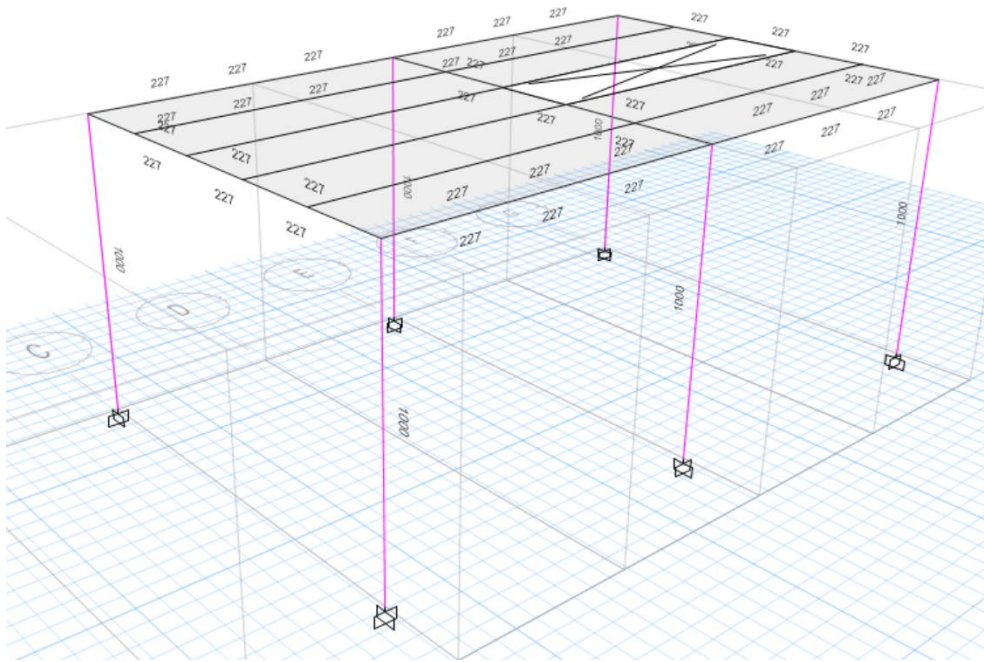


Vista general de diagramas de fuerza axial (t).

Con la información anterior se obtuvieron las cantidades de acero para cada una de las trabes y columnas de concreto que componen las cubiertas.



Áreas de acero por flexión en trabes de área de usos múltiples (cm²).



Áreas de acero por flexión en trabes de área de usos múltiples (cm²).