

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

REDISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CENTRO COMUNITARIO DE PARAJES DE SAN JOSÉ, EN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA

Ubicación:

32575, 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 construcción del Centro Comunitario de Parajes de San José, dicho inmueble se ubicará en Ciudad Juárez Chihuahua.

La presente memoria contiene el análisis y diseño estructural del inmueble, el cual está destinado a diversos usos, principalmente aulas, 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

El Centro Comunitario alojará espacios con diversos usos, principalmente la estructura está compuesta por planta baja, nivel 1 y azotea con terraza que, servirá como punto de reunión para eventos específicos. En la zona lateral de la estructura principal, se aloja una escalera que da acceso al primer nivel hasta la terraza y zona de instalaciones.

El edificio tiene la distribución que se menciona a continuación para cada nivel.

Planta baja

- Oficinas/control de acceso
- Sanitarios
- Aulas
- Área de lavabos

Primer nivel

- Aulas
- Andador
- Usos múltiples

Azotea

- Terraza
- Cuarto para equipo (instalaciones)

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

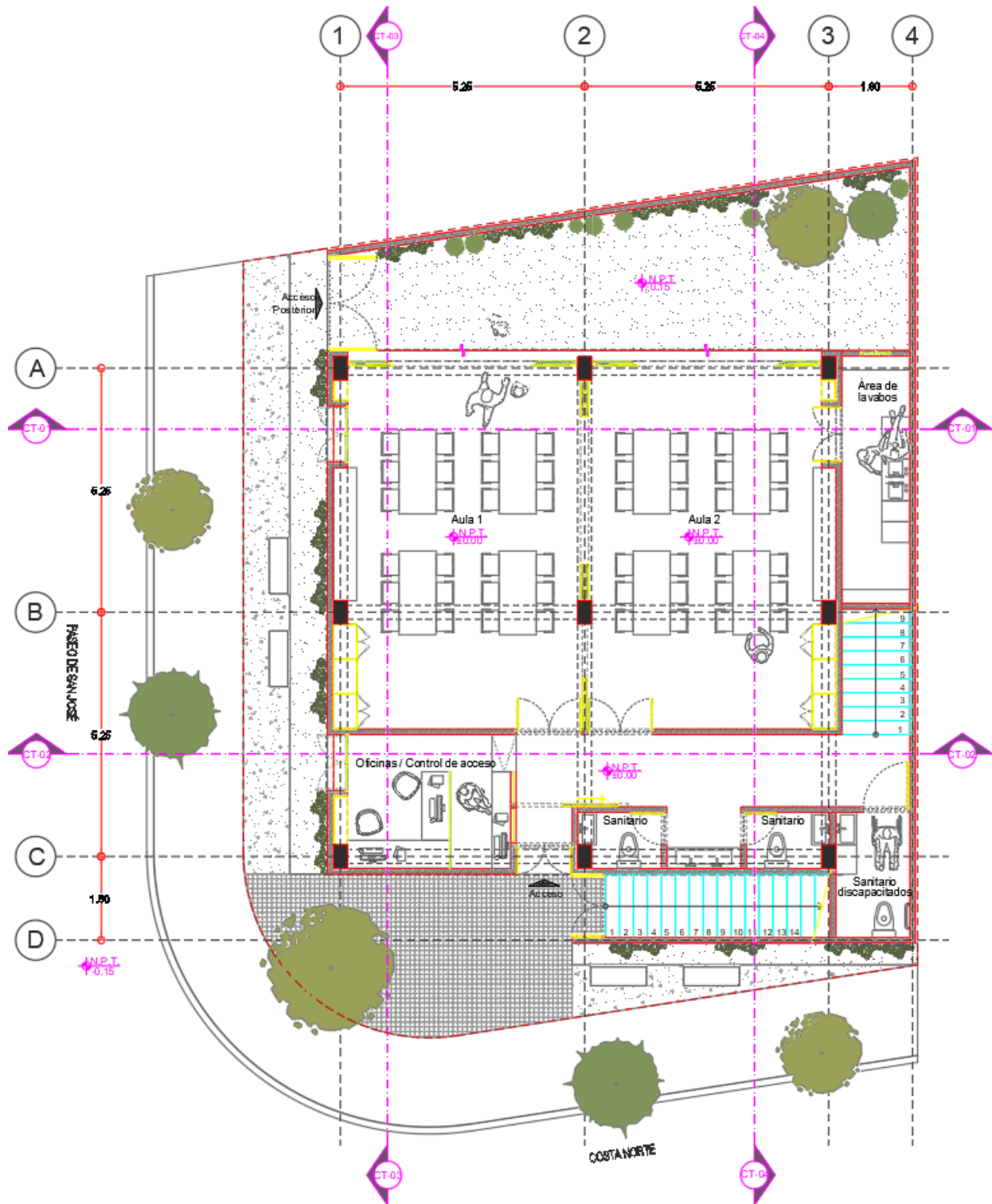


Figura 1. Planta Baja.

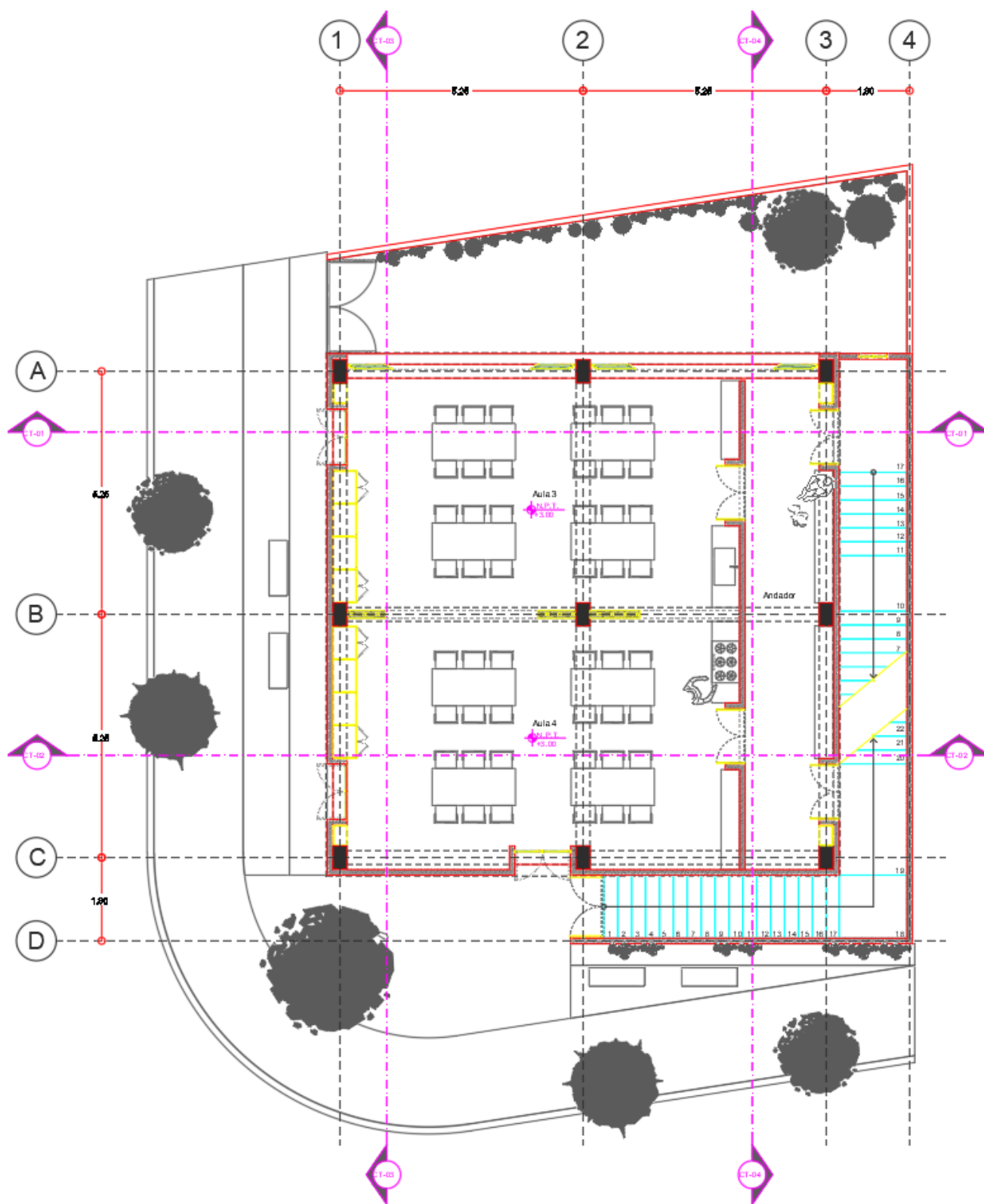


Figura 2. Nivel 1.

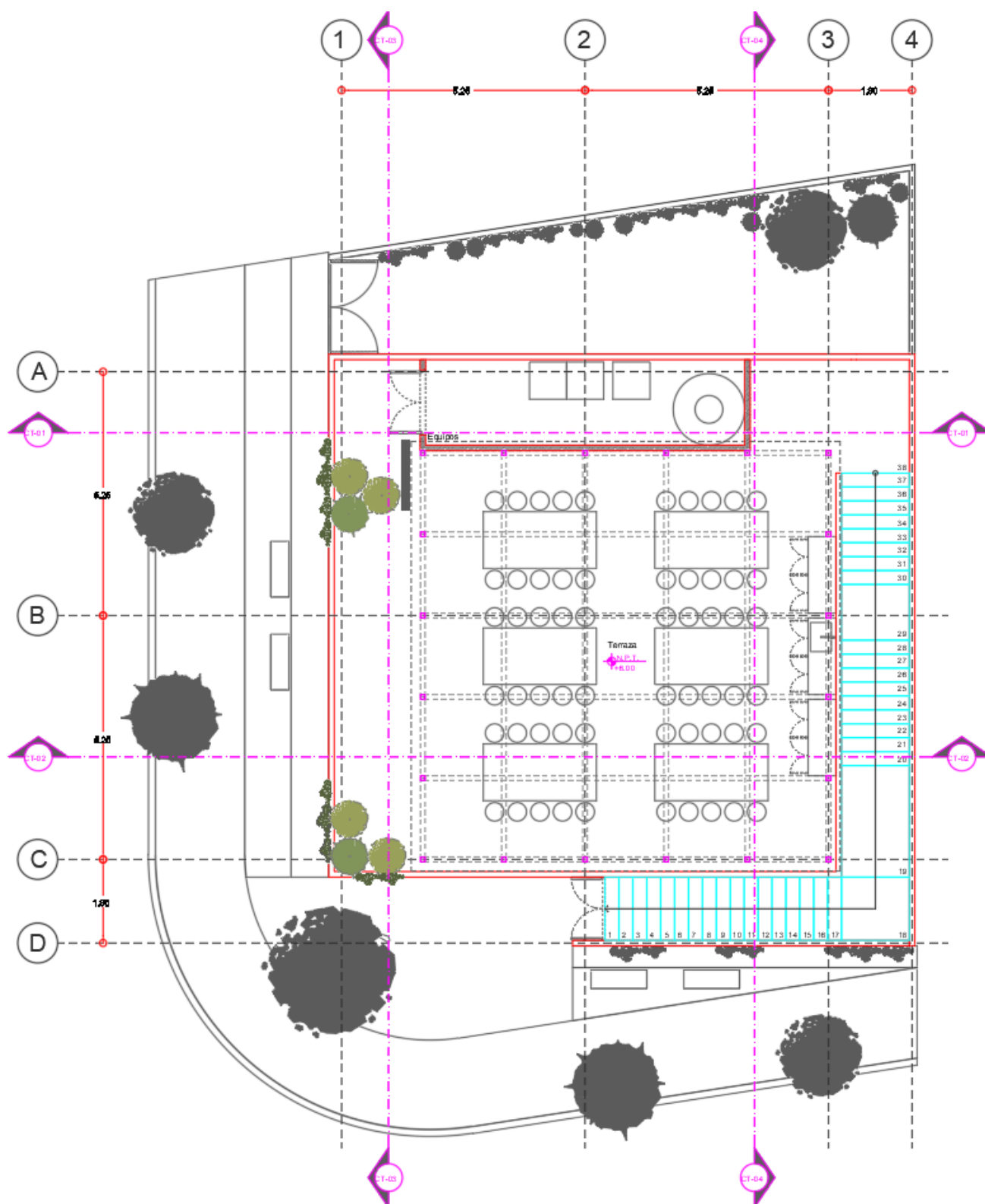


Figura 3. Azotea/ Terraza.

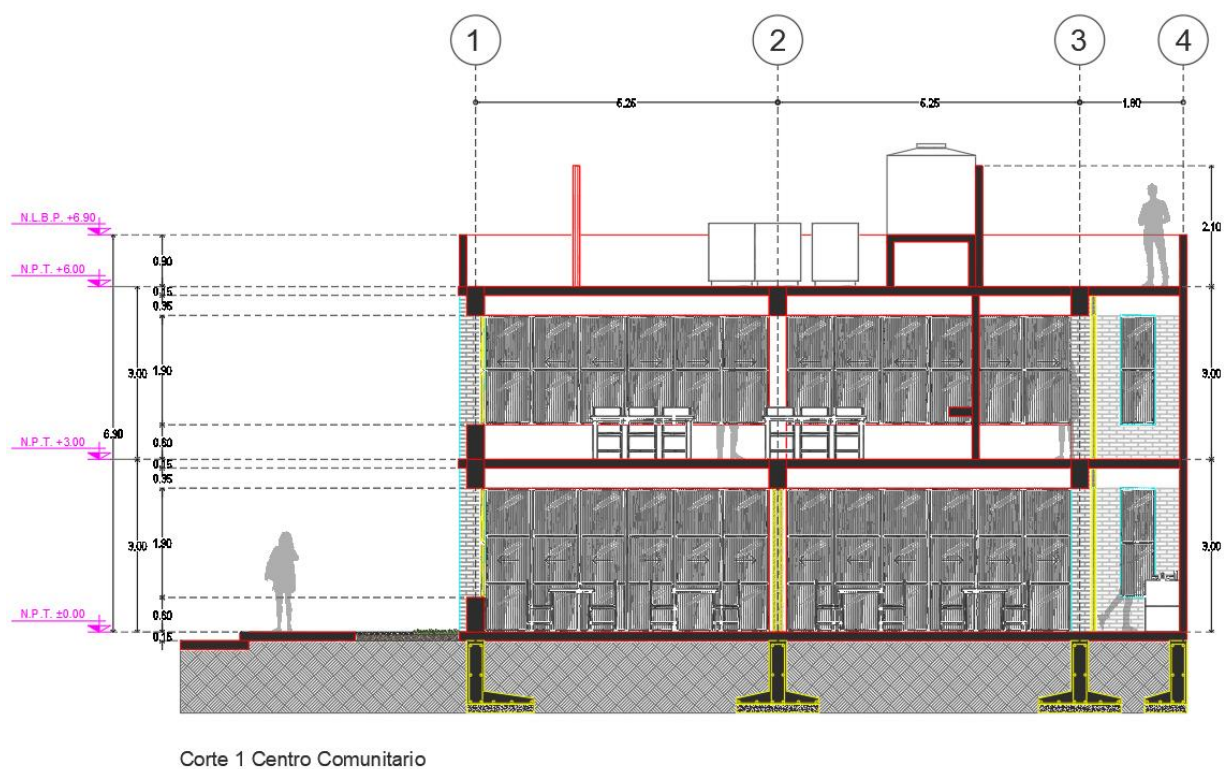


Figura 4. Corte esquemático 1.

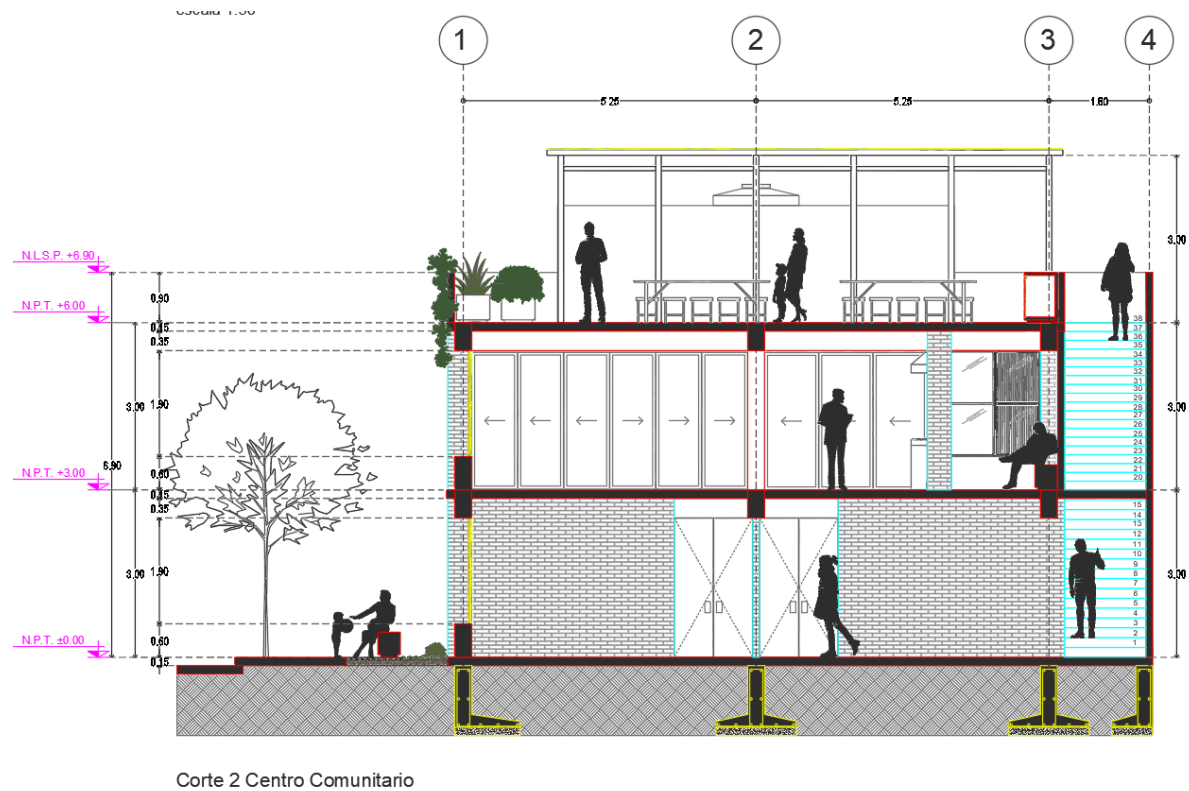


Figura 5. Corte esquemático 2.

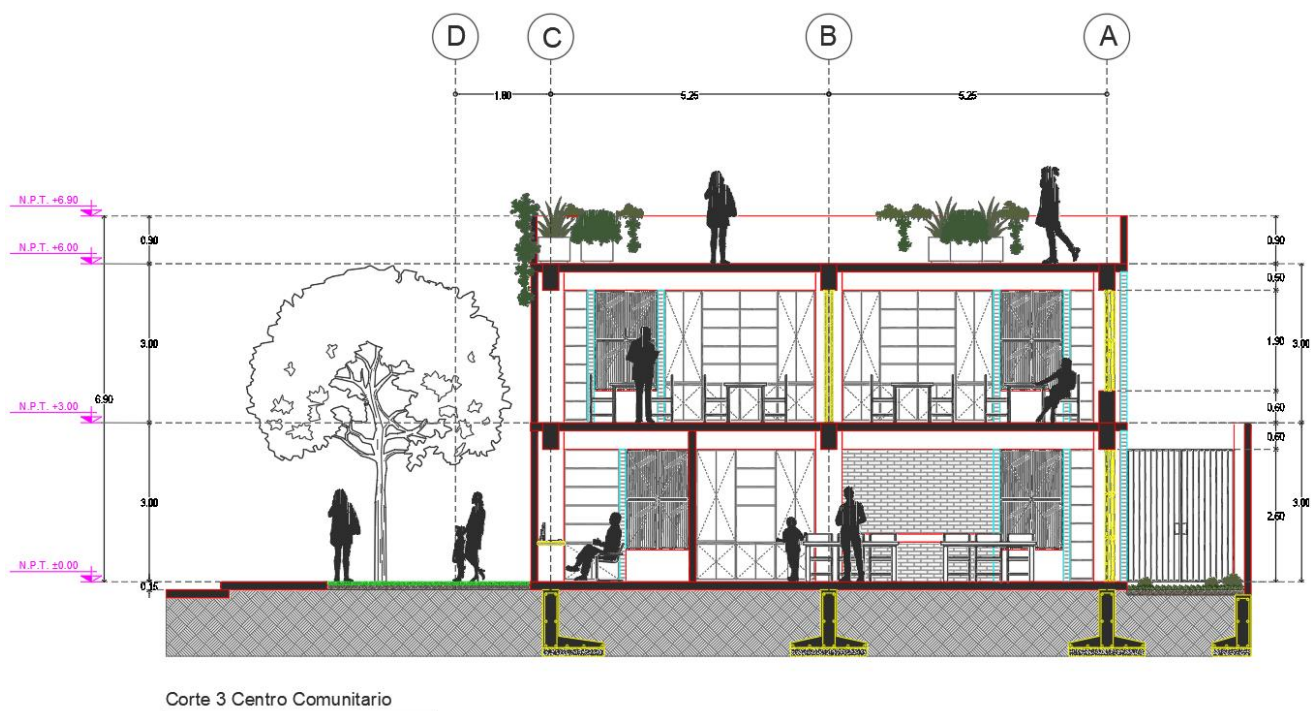


Figura 6. Corte esquemático 3.

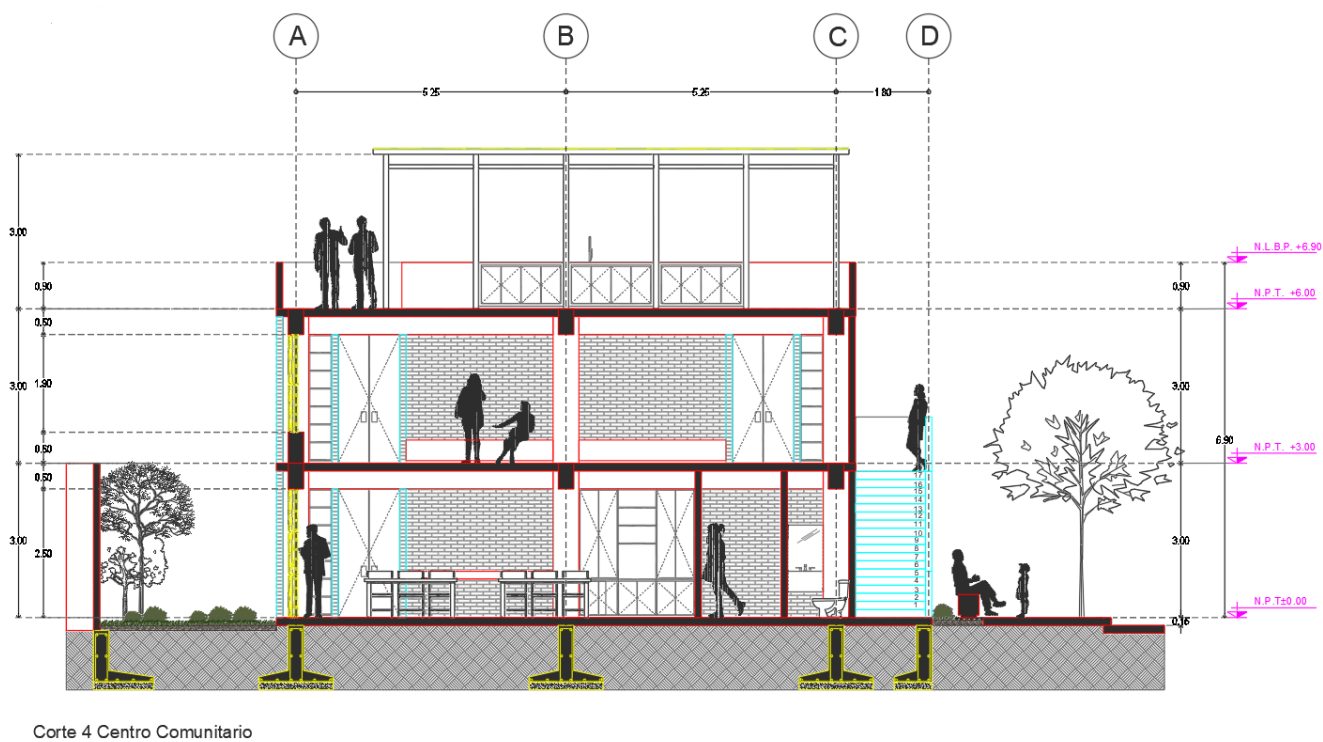


Figura 7. Corte esquemático 4.

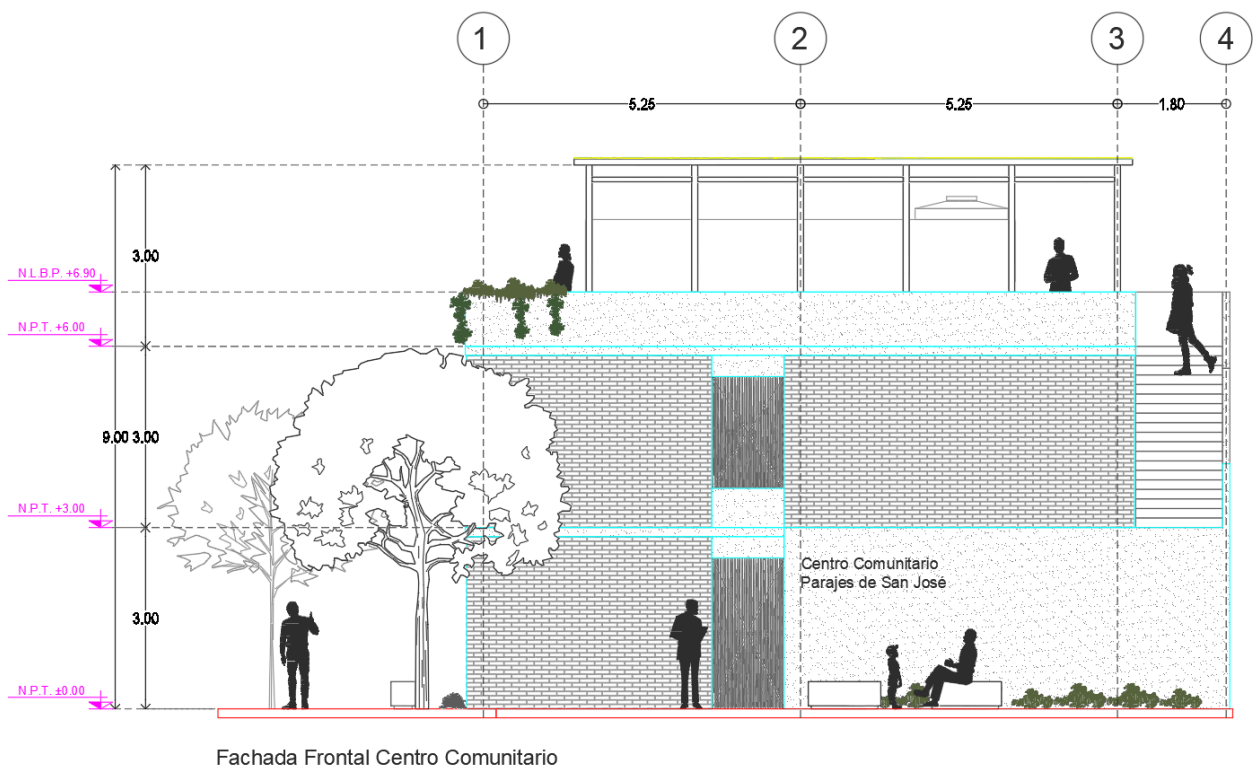


Figura 8. Corte esquemático de Fachada.

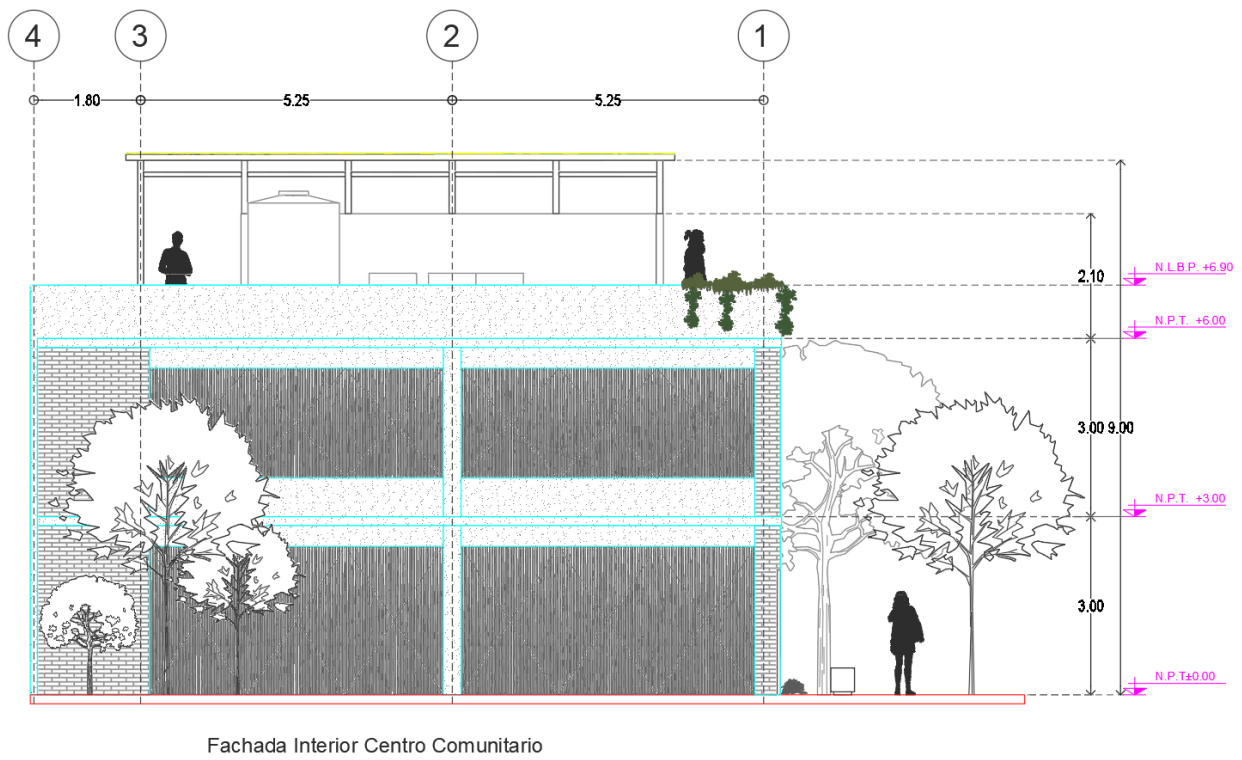
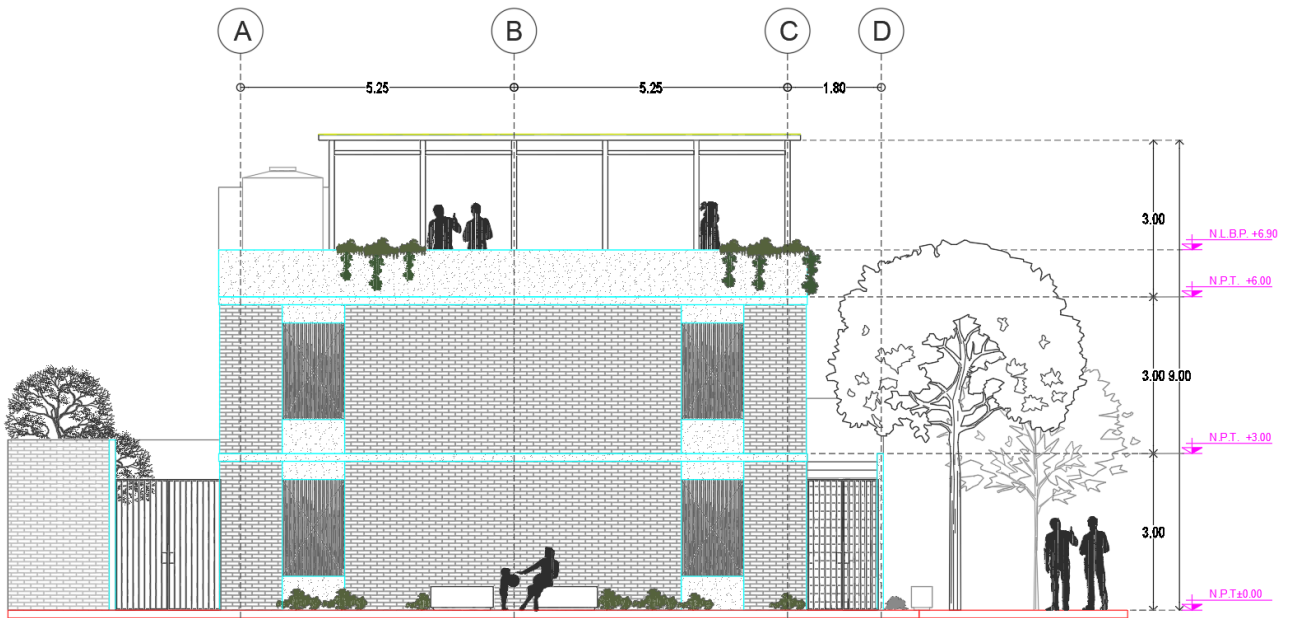


Figura 9. Corte esquemático de Fachada.



Fachada Lateral Centro Comunitario

Figura 10. Corte esquemático de Fachada.

2.2 ESTRUCTURACIÓN

CIMENTACIÓN

La cimentación se resolvió usando zapatas aisladas, dichas zapatas unidas mediante trabes de liga.

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.

PLANTA BAJA (PRIMERA LOSA)

El sistema sismo resistente está formado vigas y columnas de concreto reforzado que forman marcos rígidos. La transmisión de fuerzas se realiza por medio de losa de concreto reforzado que conforman el sistema de piso y que actúan como diafragma rígido.

PRIMER NIVEL (SEGUNDA LOSA LOSA)

De igual manera que la planta baja, el sistema sismo resistente está formado vigas y columnas de concreto reforzado que forman marcos rígidos. La transmisión de fuerzas se realiza por medio de losa de concreto reforzado que conforman el sistema de piso y que actúan como diafragma rígido.

AZOTEA (Terraza)

El sistema estructural de la cubierta de la terraza es una estructura ligera formada por columnas de acero de perfiles PTR, las vigas que darán soporte al sistema de cubierta ligera son de alma abierta, conformadas por perfiles PTR, generando marcos rígidos para la correcta distribución de fuerzas.

Cabe mencionar que la estructura contiene muros de mampostería ligera que no actúan como sistema sismorresistente, es decir, no son muros de carga puesto que no están ligados directamente entre cada sistema de piso de los niveles que conforman al inmueble.

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 contraventados 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

Mampostería			
Especificación	f'_m kg/cm ²	Módulo de elasticidad kg/cm ²	W con castillos int. kg/m ²
Novaceramic (Vintex)	40	24000	140
Novaceramic (Multex)	100	60000	182

5.2 CARGAS CONSIDERADAS

ANÁLISIS DE CARGAS GRAVITACIONALES

Losa 1 (Planta baja)			
Concepto	Espesor m	Peso específico kg/m ³	SCM kg/m ²
Peso propio de la losa	0.15	2400	360
Acabado de piso			130
Plafond			25
Instalaciones			25
Carga adicional (NT-Edificación)			40
Sumatoria de Sobre carga muerta en el nivel=			580
El programa ya considera peso propio de losa=			220

Cargas vivas		
Máxima (CVm)	250	kg/m ²
Accidental (CVa)	180	kg/m ²

Cargas vivas+SCM		
CVm+SCM	830	kg/m ²
CVa+SCM	760	kg/m ²

Losa 2 (Azotea)			
Concepto	Espesor m	Peso específico kg/m ³	SCM kg/m ²
Peso propio de la losa	0.15	2400	360
Acabado de piso			130
Rellenos pendiente			200
Plafond			25
Instalaciones			25
Carga adicional (NT-Edificación)			40
Sumatoria de Sobre carga muerta en el nivel=			780
El programa ya considera peso propio de losa=			420

Cargas vivas		
Máxima (CVm)	350	kg/m ²
Accidental (CVa)	250	kg/m ²

Cargas vivas+SCM		
CVm+SCM	1130	kg/m ²
CVa+SCM	1030	kg/m ²

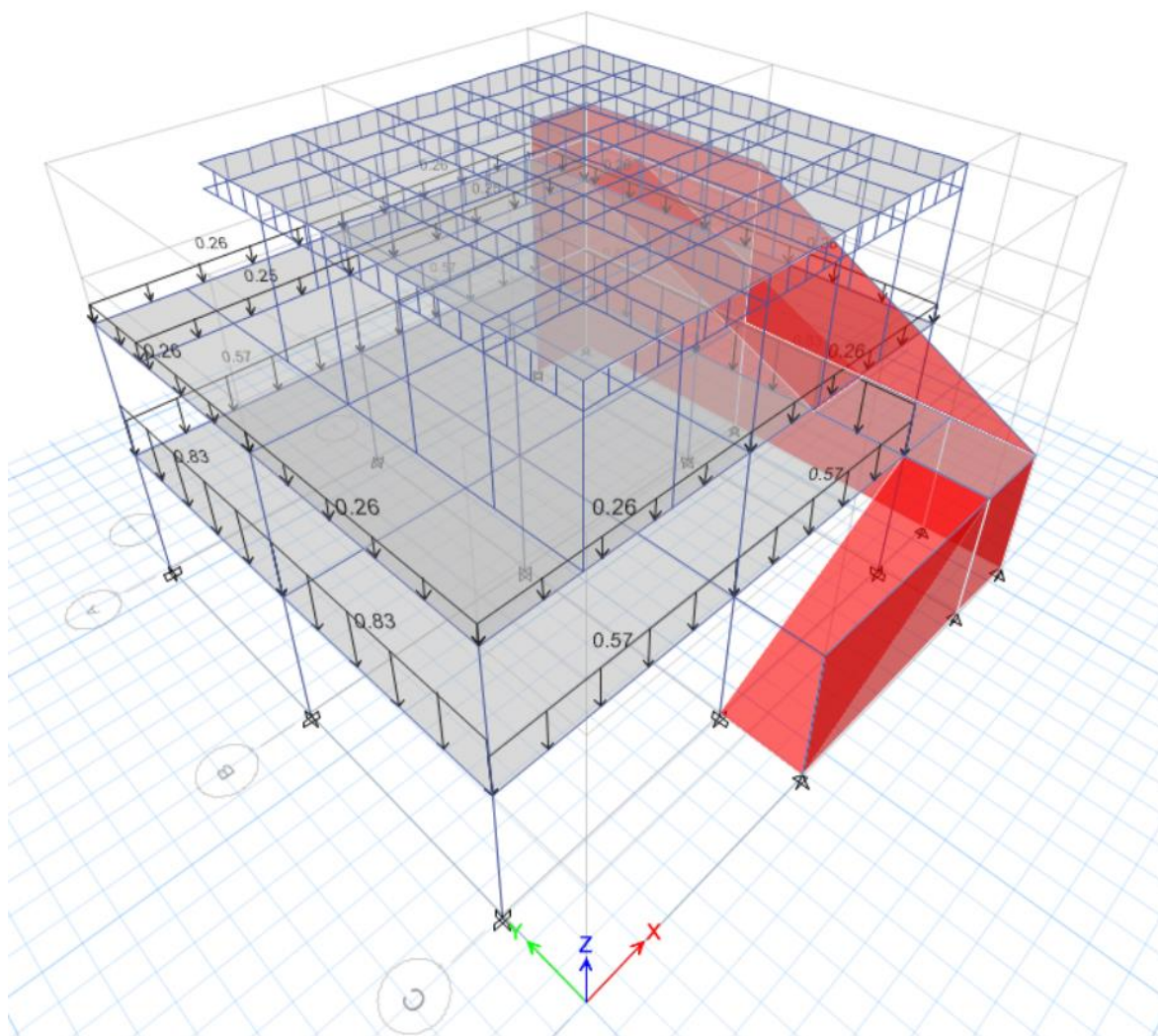
Adicionalmente se asigna la carga distribuida a los elementos estructurales que reciben el peso de los muros de mampostería y los muretes de concreto reforzado alojados en la azotea.

Para el sistema de cubierta de la terraza, se empleará material ligero de acuerdo a la propuesta arquitectónica, dicho sistema no trabaja como diafragma rígido, por lo que el sistema de columnas y trabes 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 trabes del prototipo se usaron hojas de cálculo basándose en el método de las rigideces y elementos finitos.

La geometría individual de cada entrepiso y azotea 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 distribuidas sobre la estructura referente a muros y muretes.

5.3 ANÁLISIS SÍSMICO

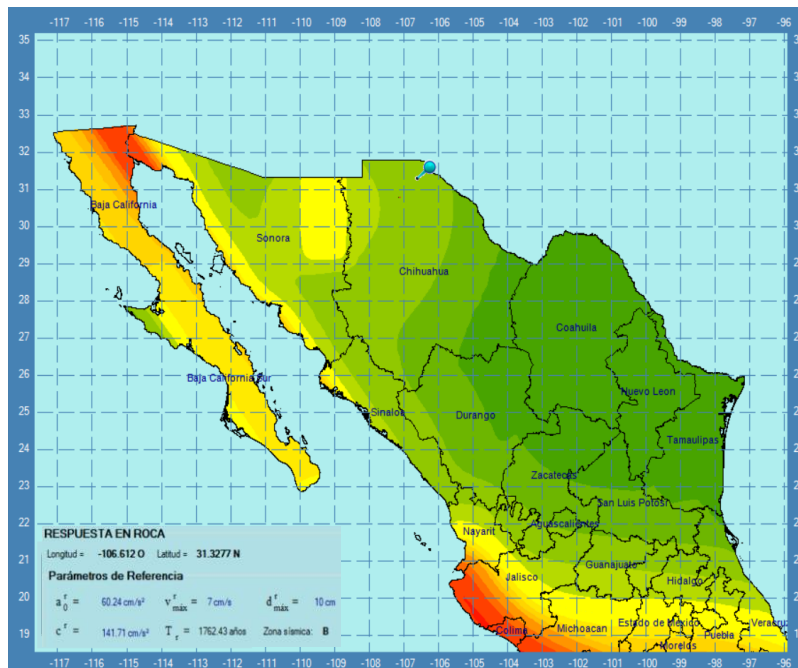
ANÁLISIS SÍSMICO (COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD)

Se utilizaron los siguientes parámetros y recomendaciones del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (MDOC-CFE) de acuerdo a las características que presenta Para estructuras tipo 1, se consideran las reducciones por ductilidad, sobrerresistencia y redundancia, los posibles cambios por emplear amortiguamientos distintos al 5%, así como las modificaciones por interacción suelo-estructura.

Estructura del grupo	B	Estructuración tipo	1
Por ductilidad, estructuración y conexiones	Factor de comportamiento sísmico	$Q=$	2
Factor reductor por acciones	Factor de sobrerresistencia	$R_o=$	2
Por la condición según la dirección de análisis	Factor de redundancia	$\rho=$	1
Por su geometría	Factor de irregularidad	$\alpha=$	1

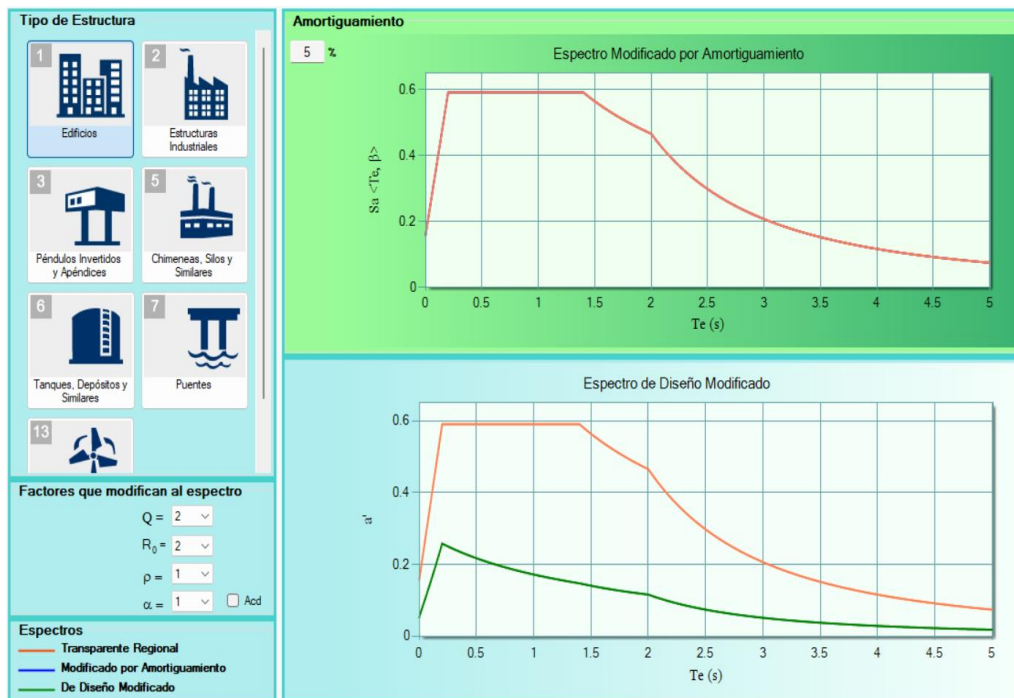
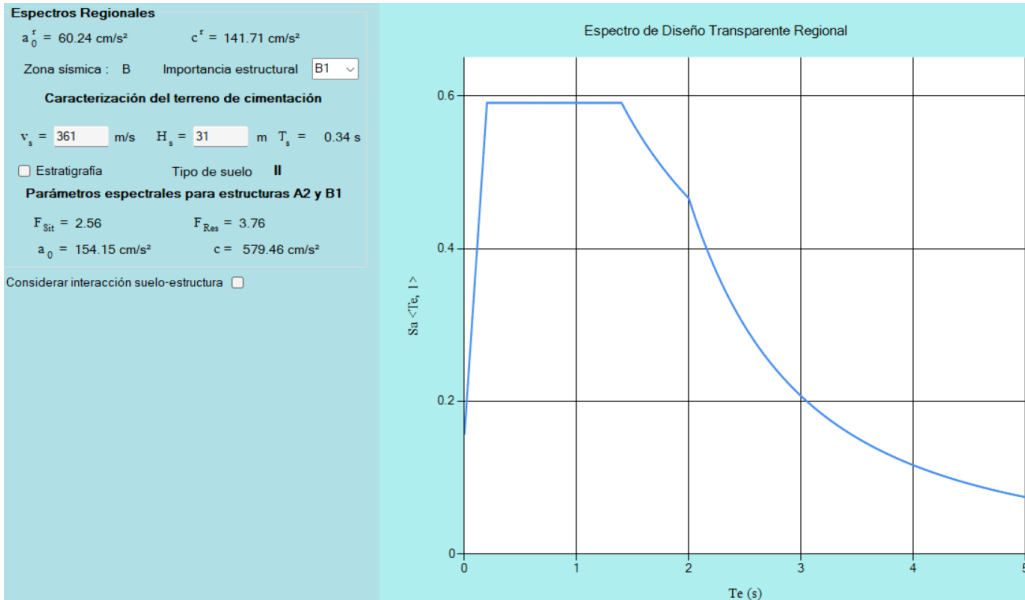
Localización y clasificación de zona sísmica

Localización	Ciudad Juárez, Chihuahua	Con los parámetros descritos es posible utilizar el programa PRODISIS
Zona sísmica	B	



Espectro de diseño

De acuerdo a los parámetros antes mencionados y localización, el programa PRODISIS proporciona el espectro de diseño para el análisis estructural.



Parámetros sugeridos con tipo de suelo II, de acuerdo con las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos.

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 apearse 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

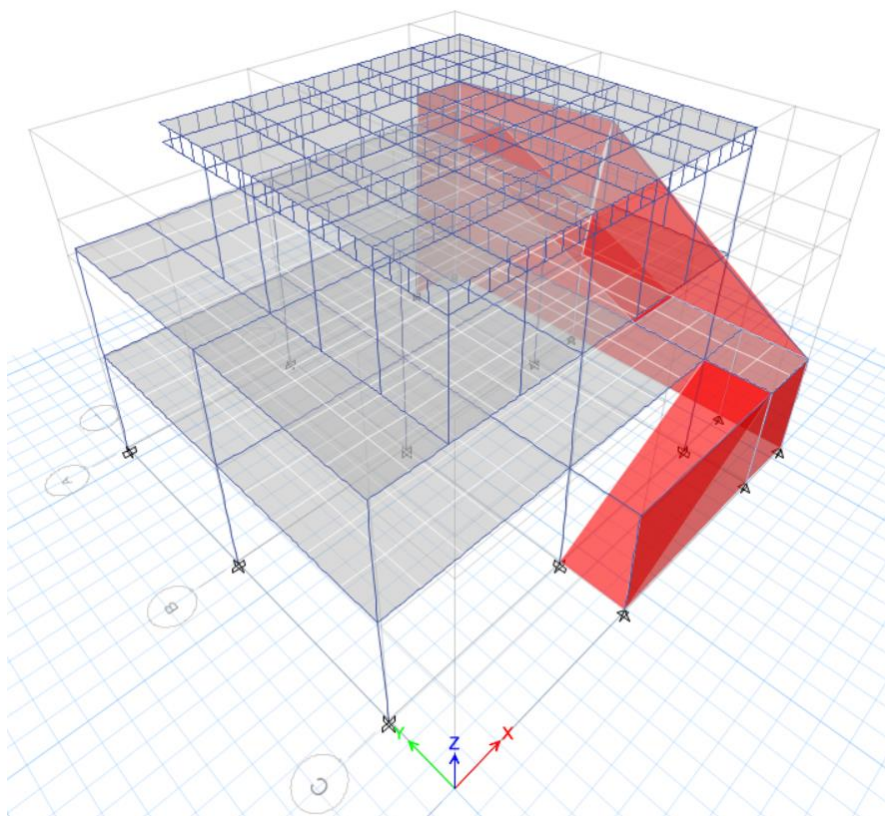
Combinación	(PoPo)	(SCM)	(CVm)	(CVa)	(SDX)	(SDY)
C-01 Gravitacio	1.3	1.3	1.5			
C-02 Accidental	1.1	1.1		1.1	1.1	0.33
C-03 Accidental	1.1	1.1		1.1	0.33	1.1
C-04 Servicio	1	1	1			

(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

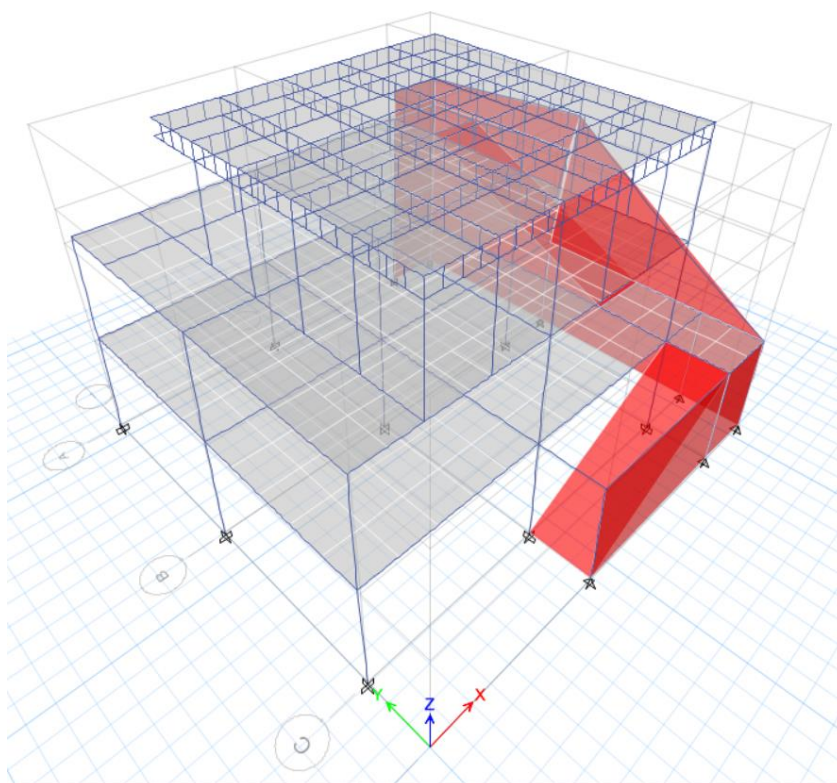
Análisis Sísmico Estático

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



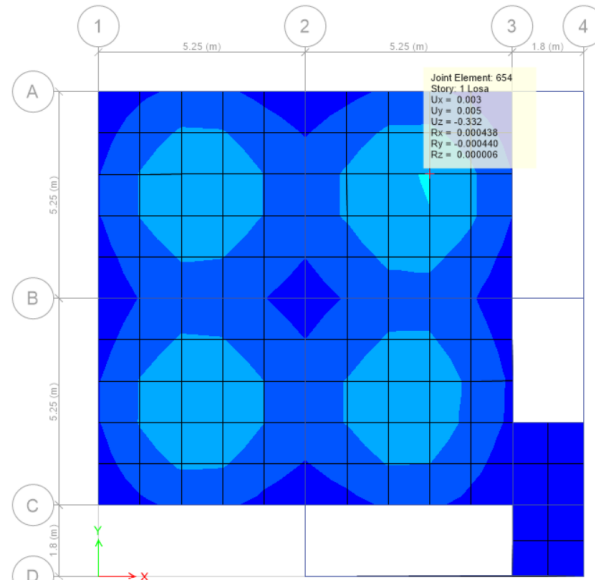
Modo de vibrar en X; $T_x = T_1 = 0.34$ seg



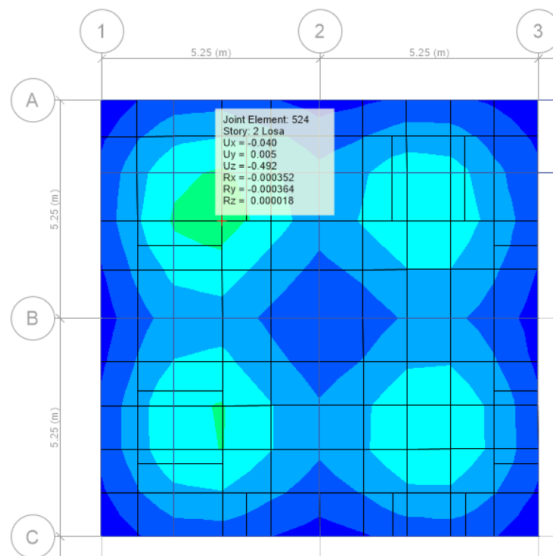
Modo de vibrar en Y; $T_y = T_2 = 0.31$ seg

6. REVISIÓN DE ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

6.1 DEFORMACIONES PERMISIBLES POR CARGAS GRAVITACIONALES



Deformación máxima en Losa de Planta baja (cm).

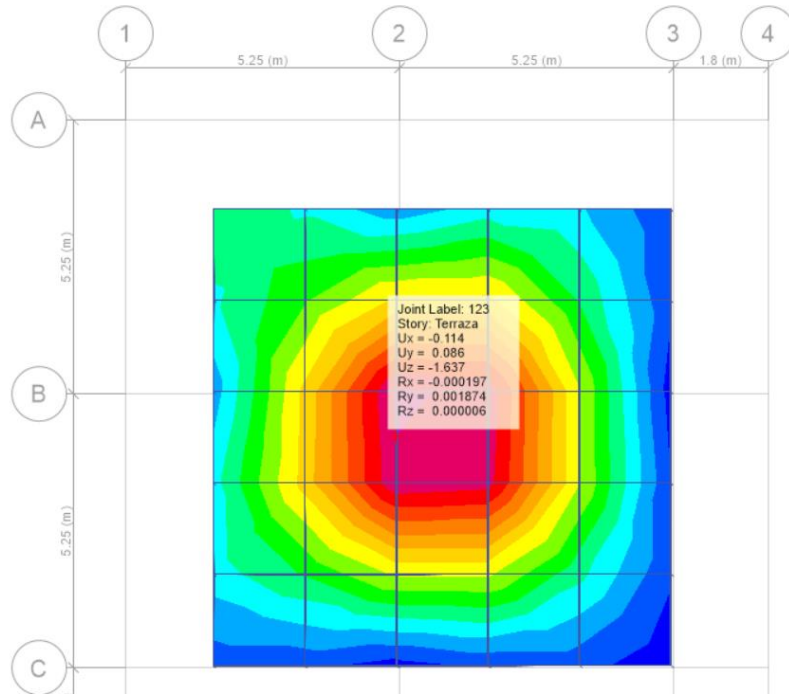


Deformación máxima en Losa de Primer Nivel (cm).

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

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 0.49 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{perm} = \frac{525 \text{ cm}}{240} = 2.18 \text{ cm}, \quad \Delta_{perm} = \frac{525 \text{ cm}}{480} = 1.09 \text{ cm}, \text{ Cumple con los lineamientos}$$



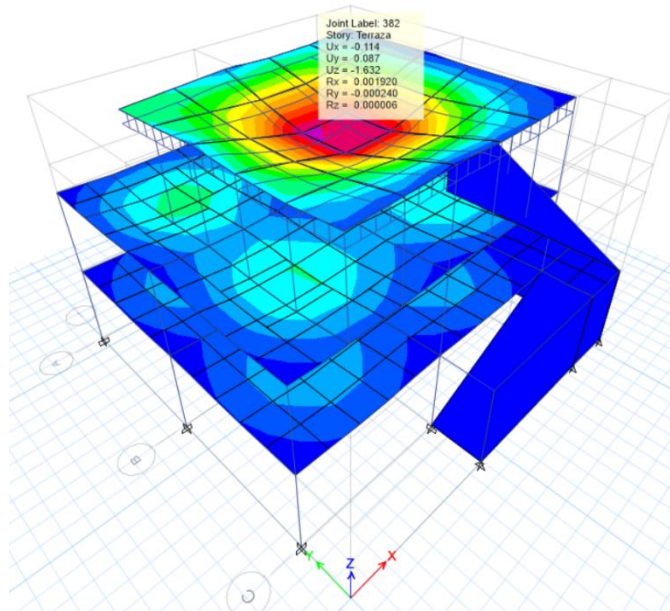
Deformación máxima en Terraza

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

- El desplazamiento máximo en dirección gravitacional obtenida = 1.55 cm
- Desplazamiento permisible:

$$\Delta_{\text{perm}} = \frac{875 \text{ cm}}{240} = 3.64 \text{ cm}$$

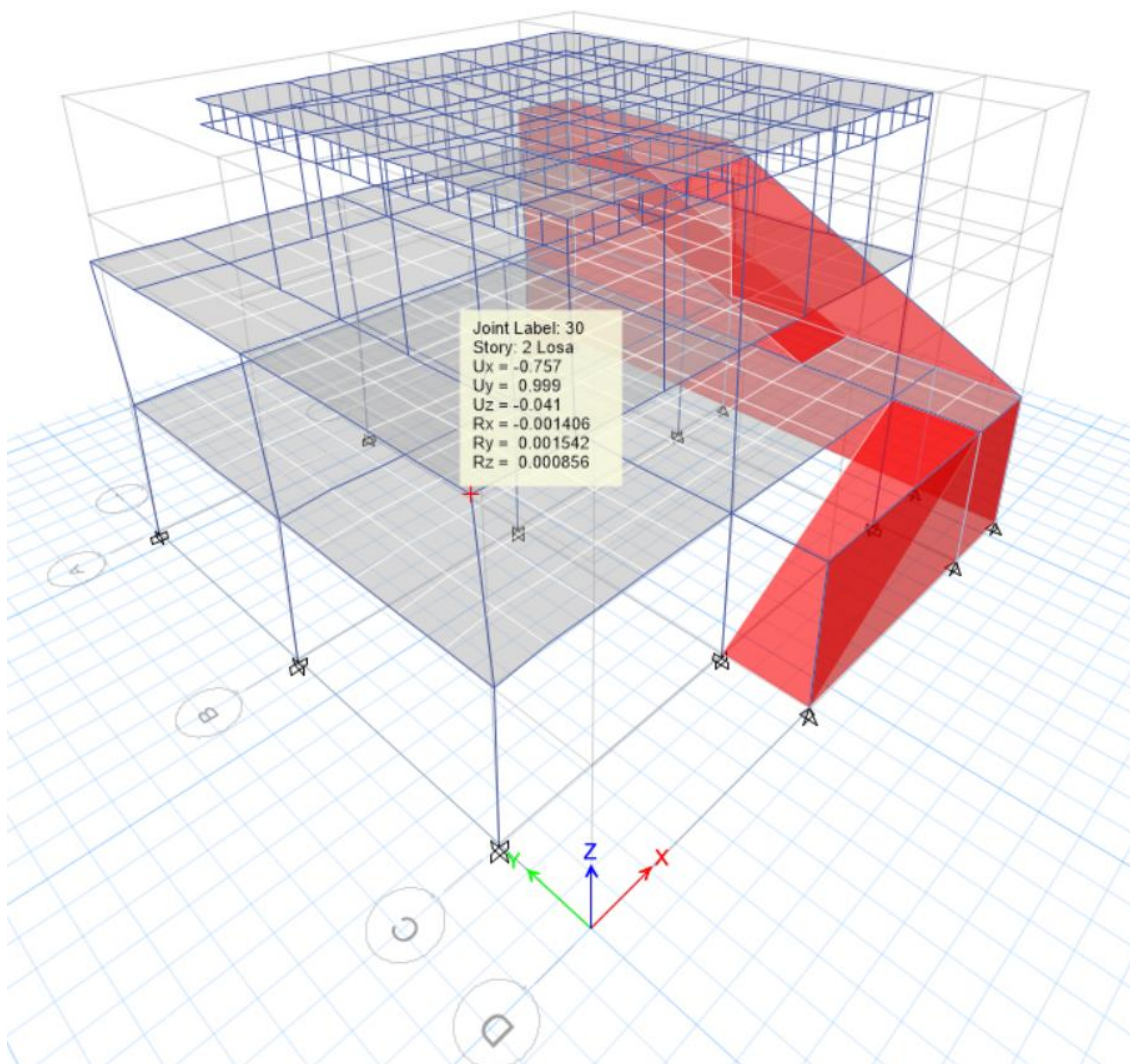
Cumple con los lineamientos, pero será importante indicar contraflecha para deformaciones a largo plazo.



Desplazamiento máximo en dirección de la gravedad (cm).

6.2 DESPLAZAMIENTOS LATERALES PROPICIADOS POR FUERZAS HORIZONTALES

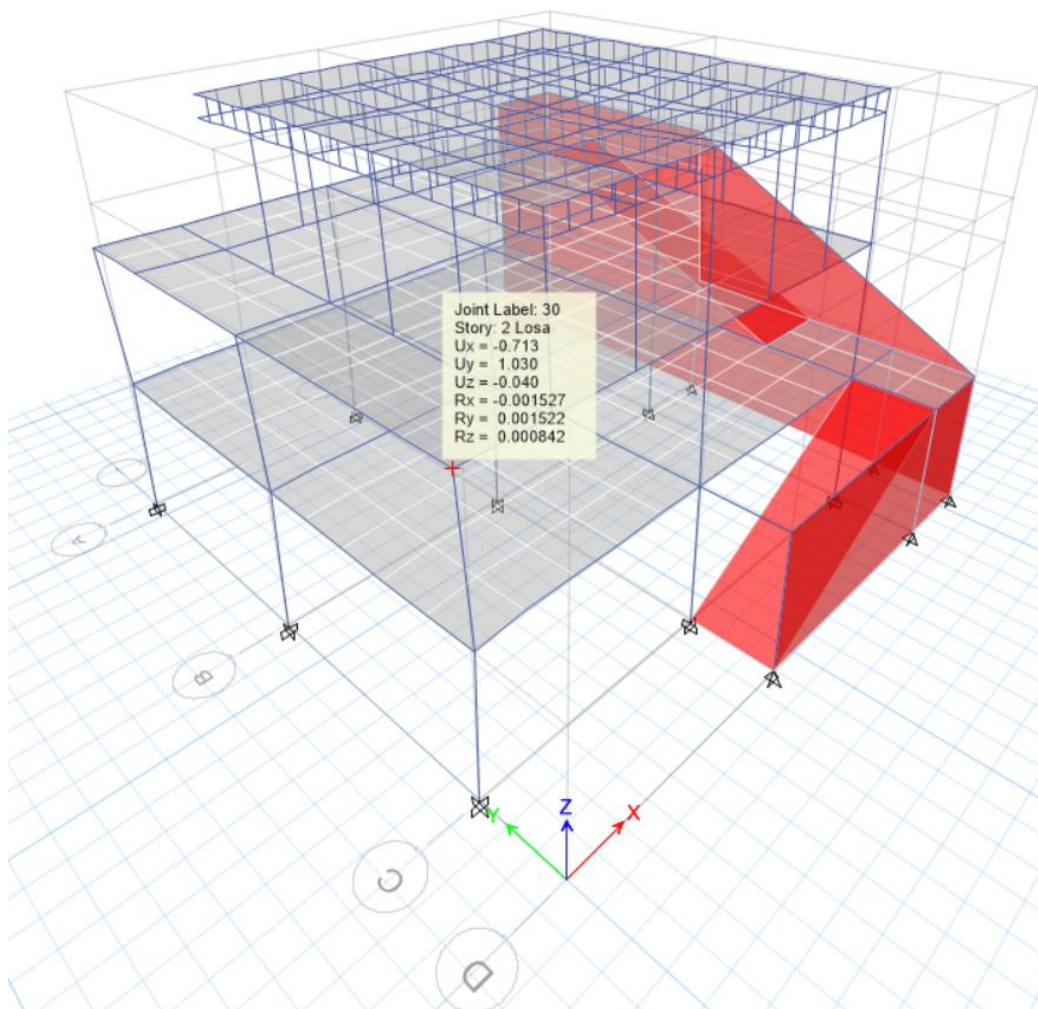
Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por las fuerzas cortantes sísmicas de entrepiso, calculados con alguno de los métodos de análisis sísmico, no excederán de 0.008 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces 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 .



Deformación máxima en dirección X (cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 0.75 cm



Deformación máxima en dirección y (cm).

Vista en 3D

Deformación máxima= 1.03cm

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

REVISIÓN DE RESISTENCIA EN COLUMNAS

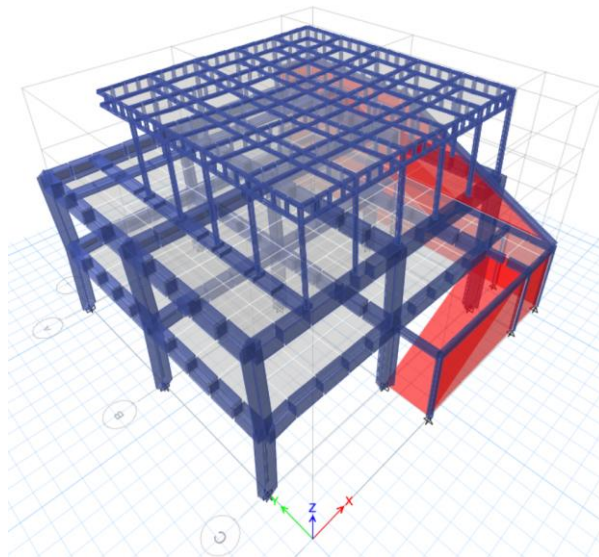
Para la revisión de las columnas (elementos en flexocompresión), se procedió de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

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.

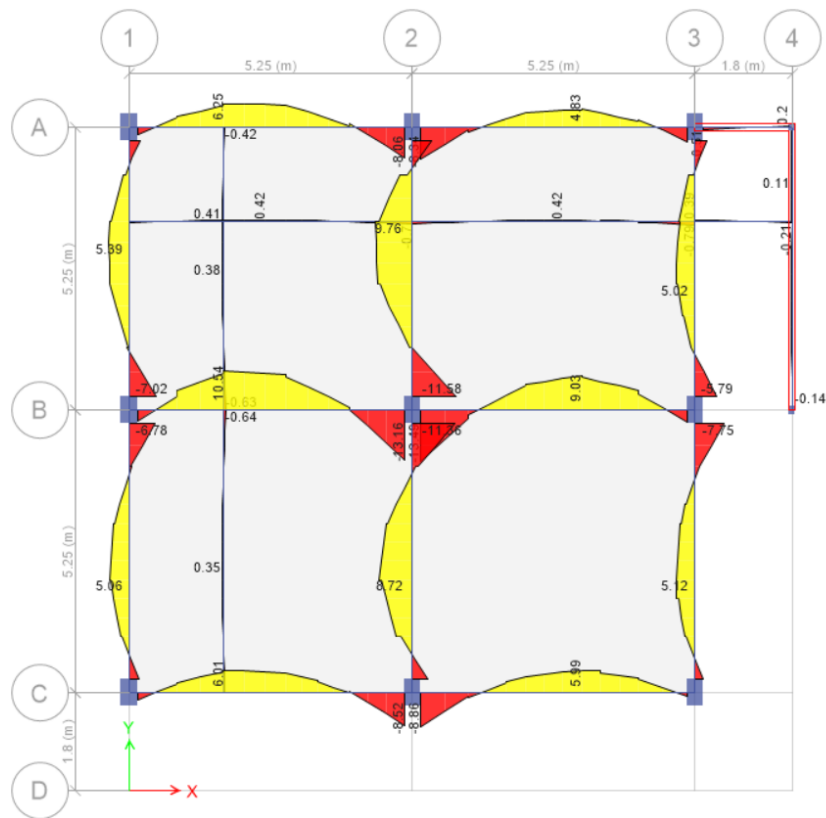


Diagrama de momentos flexionantes en vigas de planta baja. (t-m).

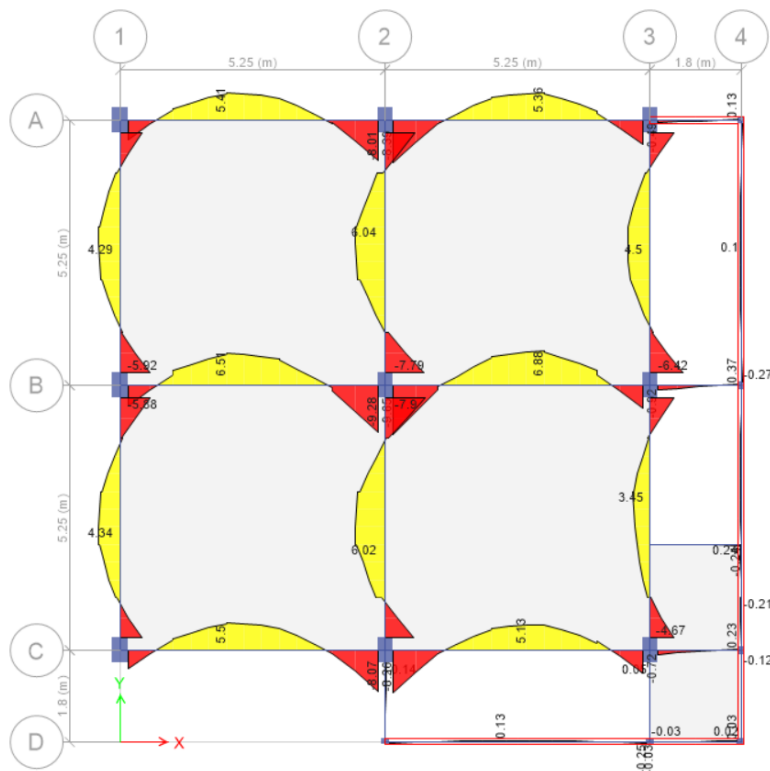


Diagrama de momentos flexionantes en vigas de primer nivel (azotea). (t-m).

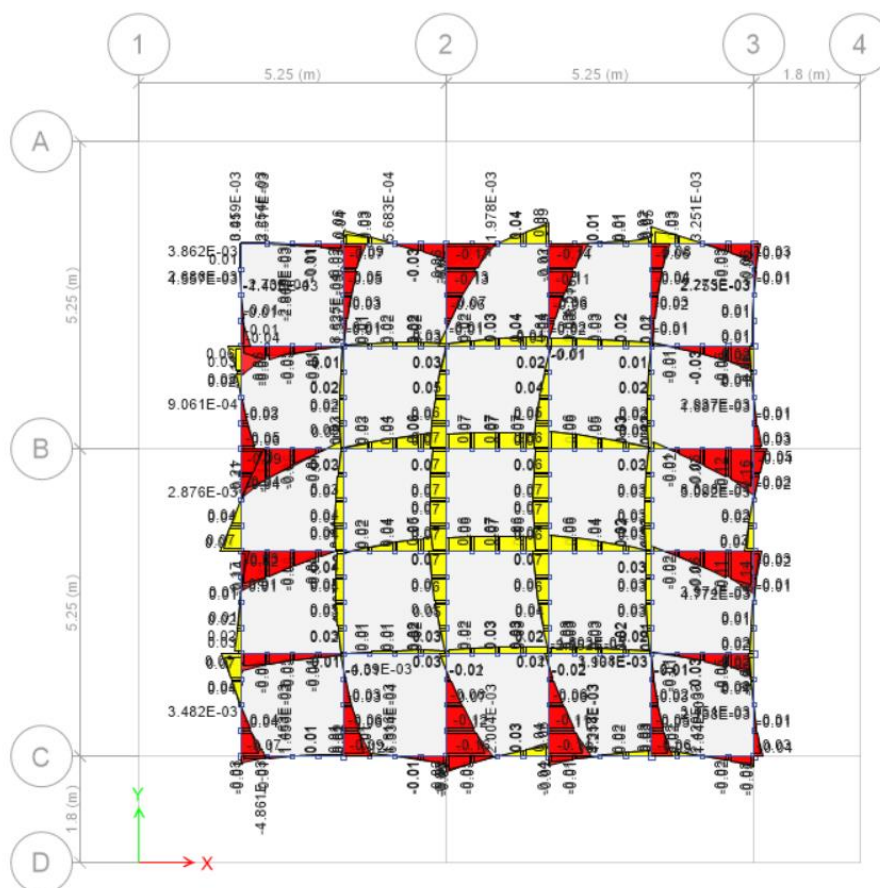
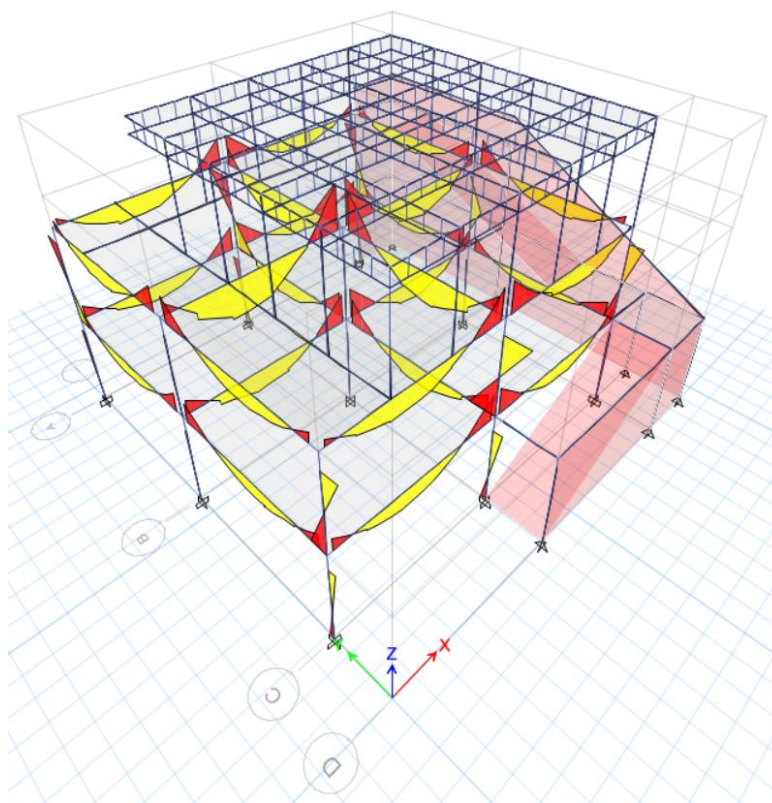


Diagrama de momentos flexionantes en vigas de terraza(t-m).



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

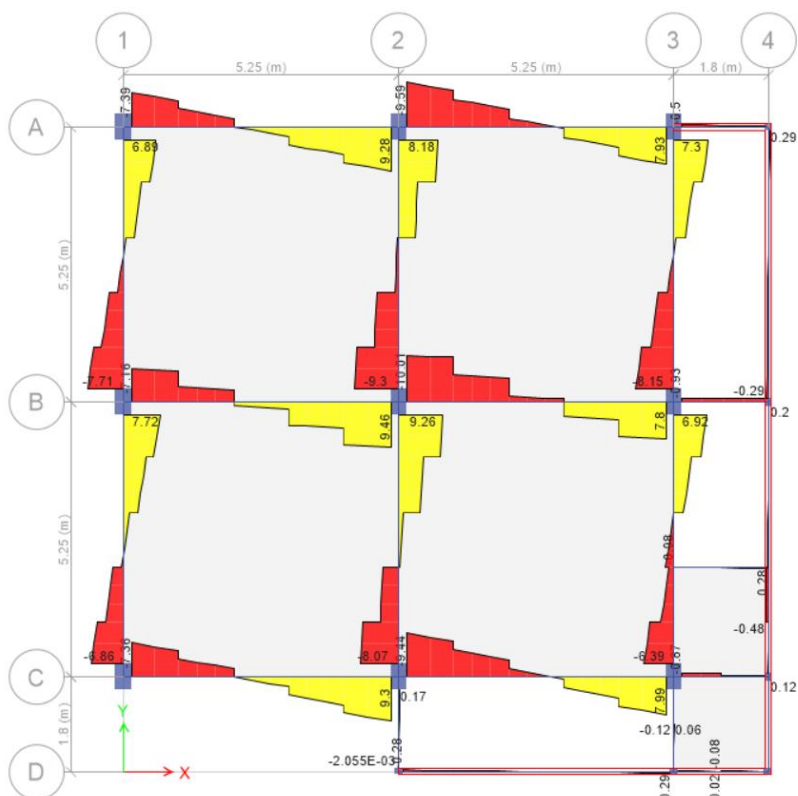
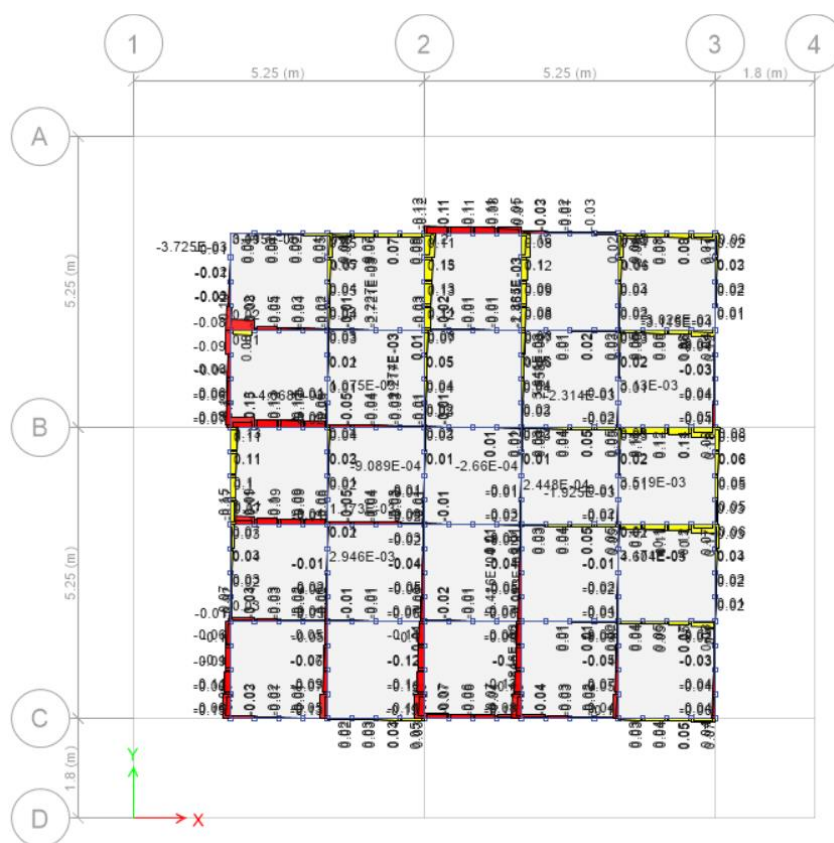


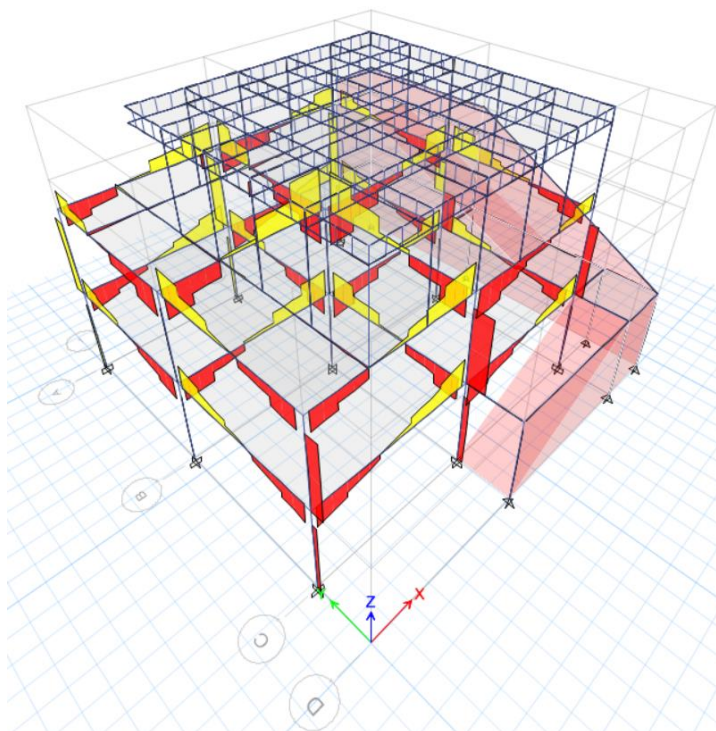
Diagrama de momentos fuerza cortante en vigas de planta baja. (t-m).



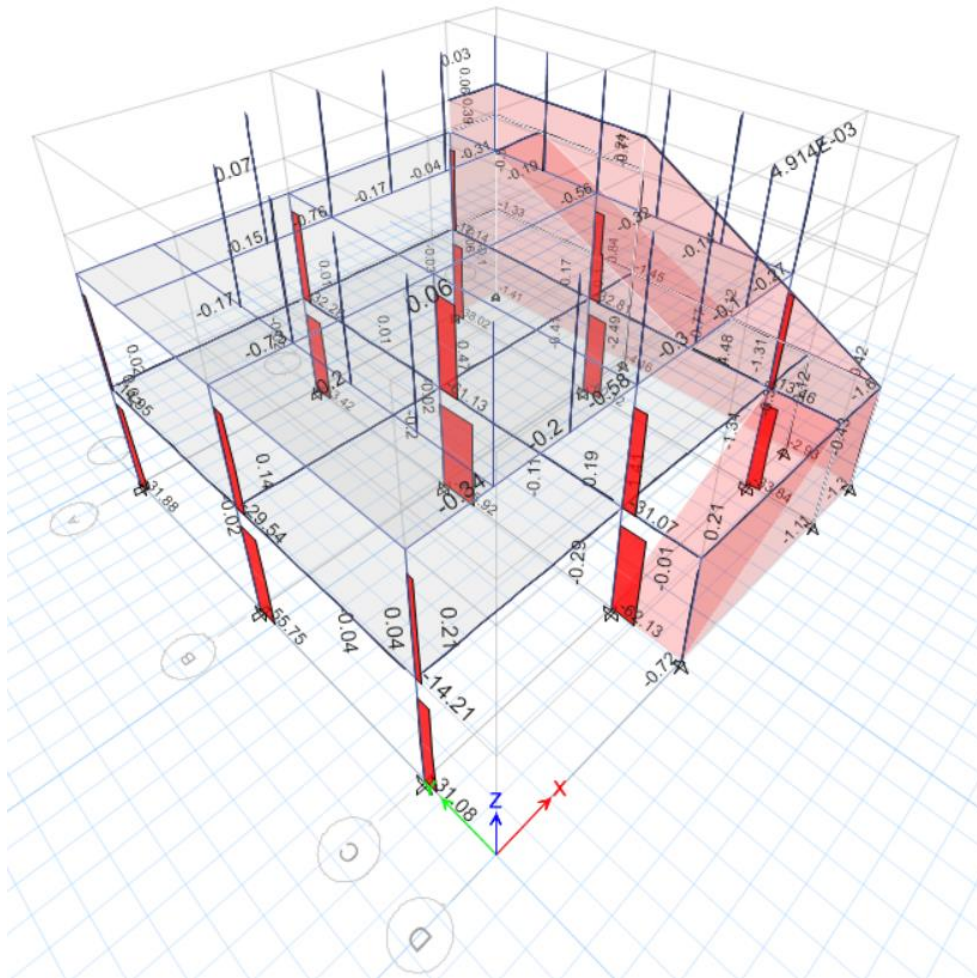
Diagramas de fuerza cortante en vigas de primer nivel (azotea). (t).



Diagramas de fuerza cortante en vigas de terraza(t).

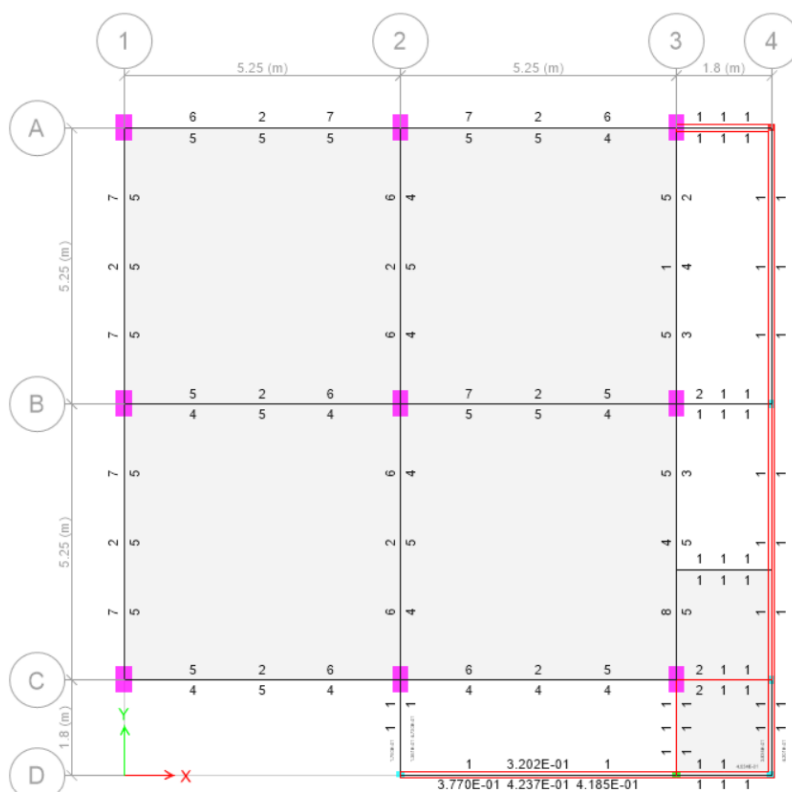


Vista general de diagramas de fuerza cortante en vigas (t).

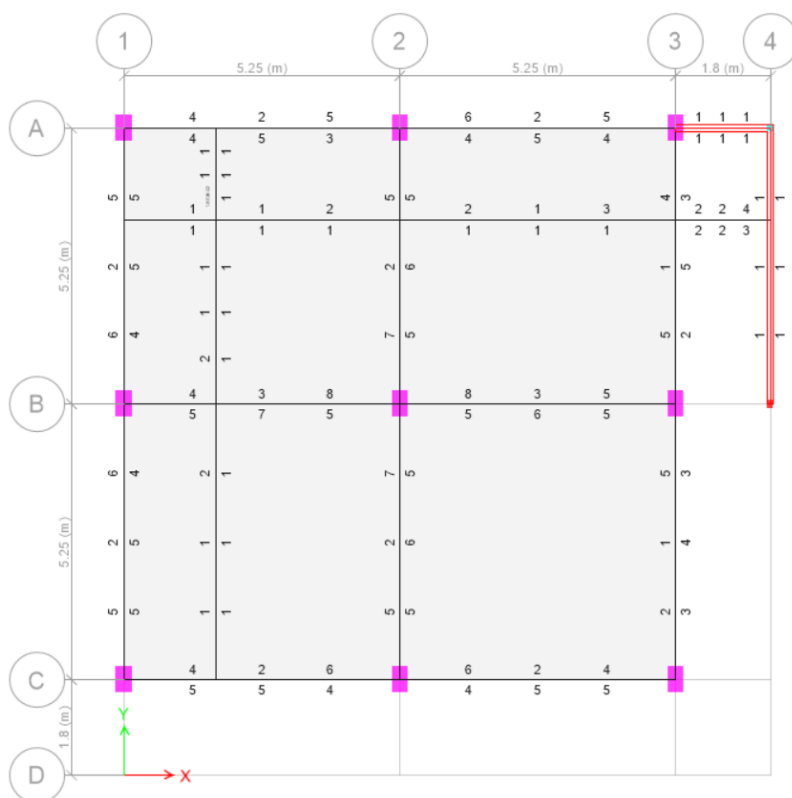


Vista general de diagramas de fuerza axial (t).

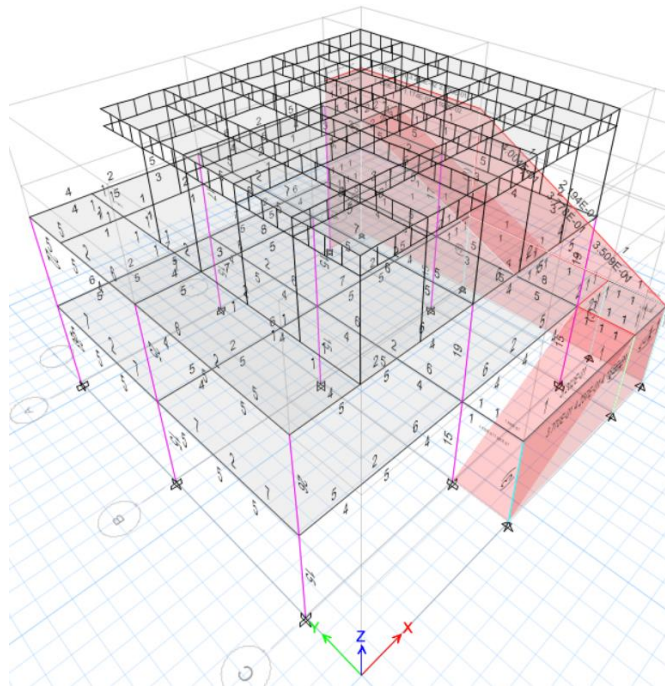
Con la información anterior se obtuvieron las cantidades de acero para cada una de las trabes y columnas de concreto que componen el inmueble, del mismo modo la interacción de elementos de acero que conforman la cubierta de la terraza.



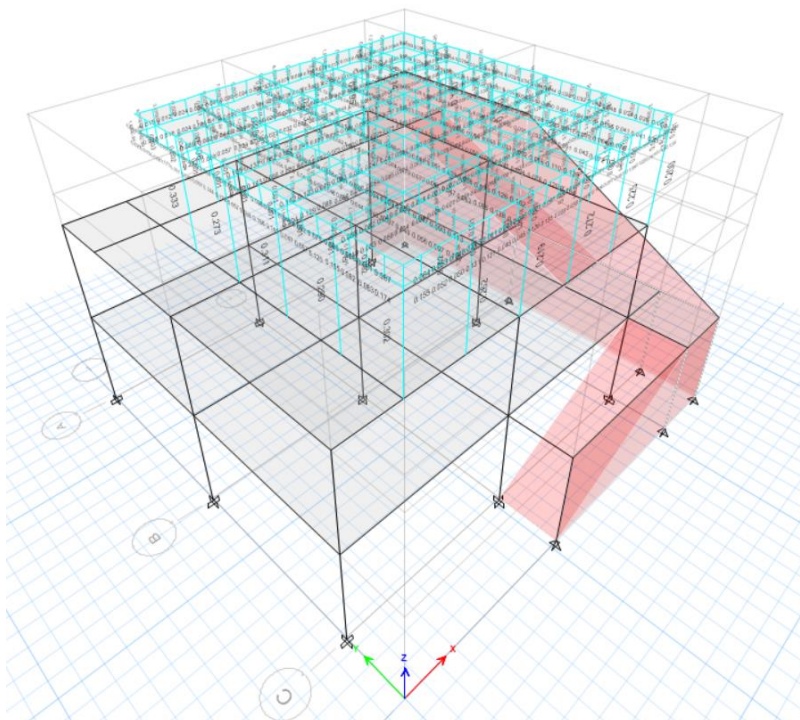
Áreas de acero por flexión en traveses de planta baja (cm²).



Áreas de acero por flexión en traveses de azotea (cm²).



Áreas de acero por flexocompresión en trabes columnas (cm^2).



Interacción de elementos de acero estructural.