MEGA
Ingeniería de Proyectos

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO DEL PROYECTO "EDIFICIO MULTIFAMILIAR CATALINA PARK"

REV.	DESCRIPCION	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA
A	Emisión Cliente	K.Y.C.C.	M.A.H.C	J.A.M.G.	12/12/2025

Av. Javier Prado Oeste 757 Of. 1604 – Magdalena del Mar
informes@megaings.com
www.megaings.com

ÍNDICE

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 2

- Descripción general 2
- Estructuración 2
- Normas 5
- Consideraciones generales de diseño 5

II. MODELO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS SÍSMICO 9

- Etapa 1: Peligro Sísmico 9
- Etapa 2: Características del edificio 11
- Etapa 3: Análisis Estructural 21
- Etapa 4 (Validación de la estructura) 29

III. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 37

a) Diseño de losa aligerada 37
b) Diseño de vigas 43
c) Diseño de columnas 50
d) Diseño de placas 59

IV. CONCLUSIONES 74

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

- Descripción general

El proyecto consiste en el análisis y diseño estructural de un edificio multifamiliar destinado a uso residencial, conformado por dos torres. Ambas torres comparten cuatro niveles de sótano. La Torre A se desarrolla en el tramo comprendido entre los ejes 1 y 8, mientras que la Torre B se ubica entre los ejes 9 y 17. Cada torre cuenta con catorce niveles superiores y una azotea.

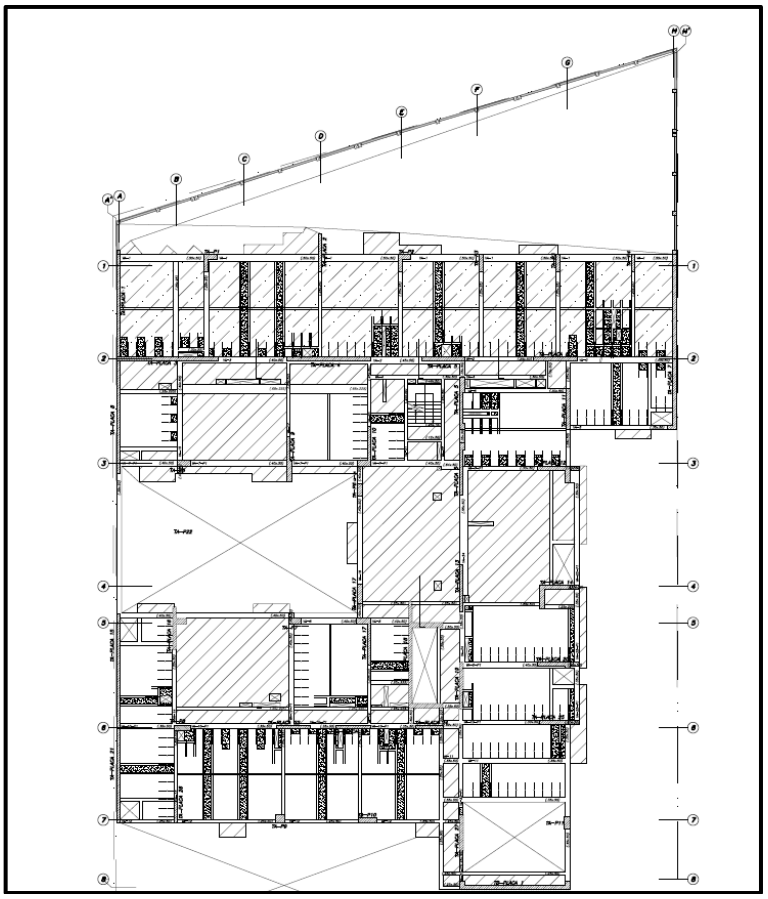
El terreno sobre el cual se edificará el proyecto está ubicado en el Jirón Salazar Araoz No 171, en el distrito de La Victoria, provincia y departamento de Lima.

- Estructuración

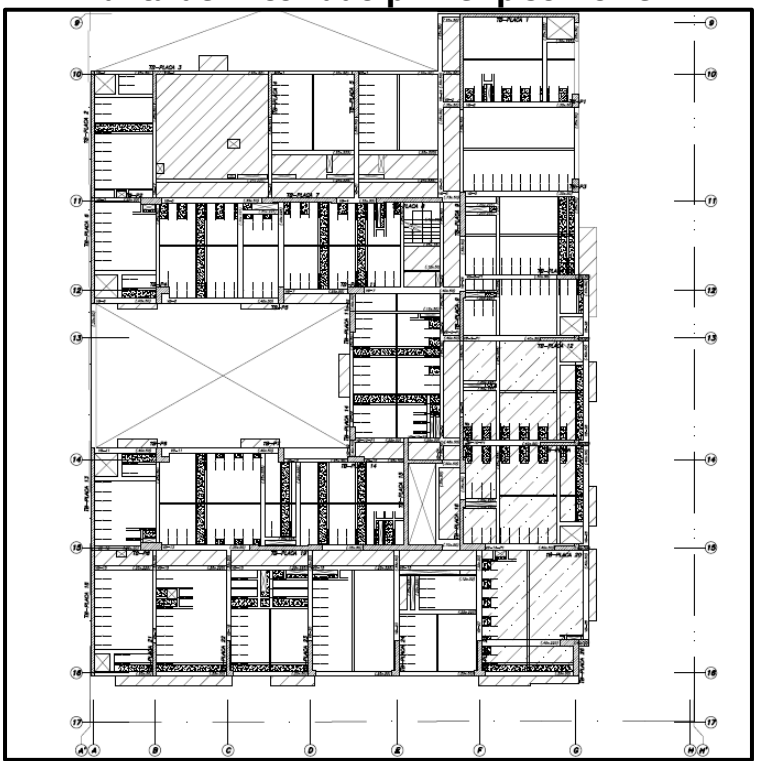
Las edificaciones han sido estructuradas para soportar cargas de gravedad y cargas sísmicas en ambas direcciones; para ello se ha empleado un sistema de muros de concreto armado (placas) en las dos direcciones principales y límites con los vecinos.

Para los techos de la Torre A se empleó prelosas aligeradas de 22.5cm y 25cm de espesor y prelosas macizas de 22.5cm de espesor. Estas prelosas se apoyan sobre vigas peraltadas de 50cm, las que a su vez se apoyan sobre las columnas y placas de la edificación.

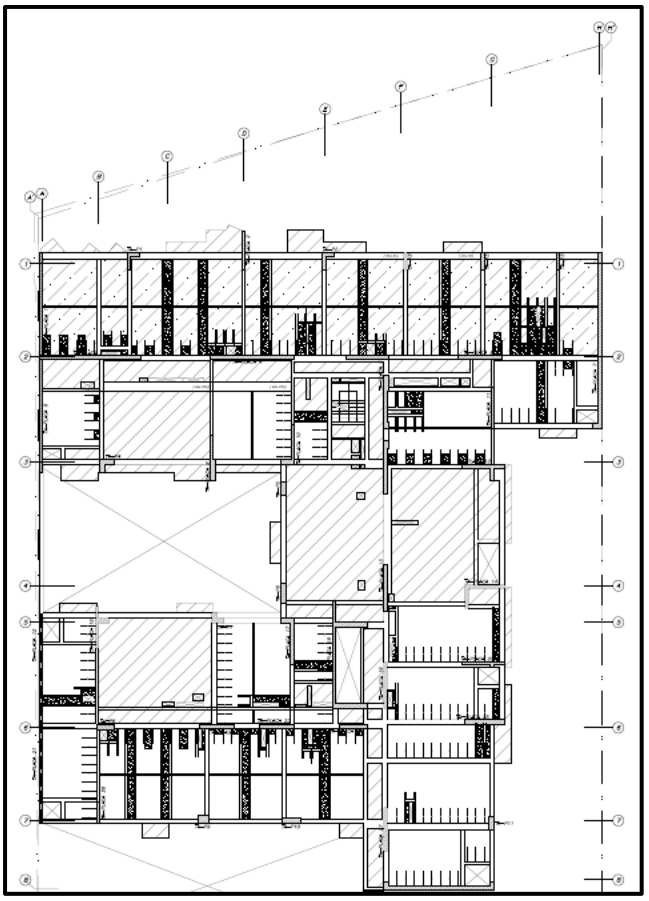
Para los techos de la Torre B se empleó prelosas aligeradas de 22.5cm y 25cm de espesor y prelosas macizas de 22.5cm de espesor. Estas prelosas se apoyan sobre vigas peraltadas de 50cm, las que a su vez se apoyan sobre las columnas y placas de la edificación.



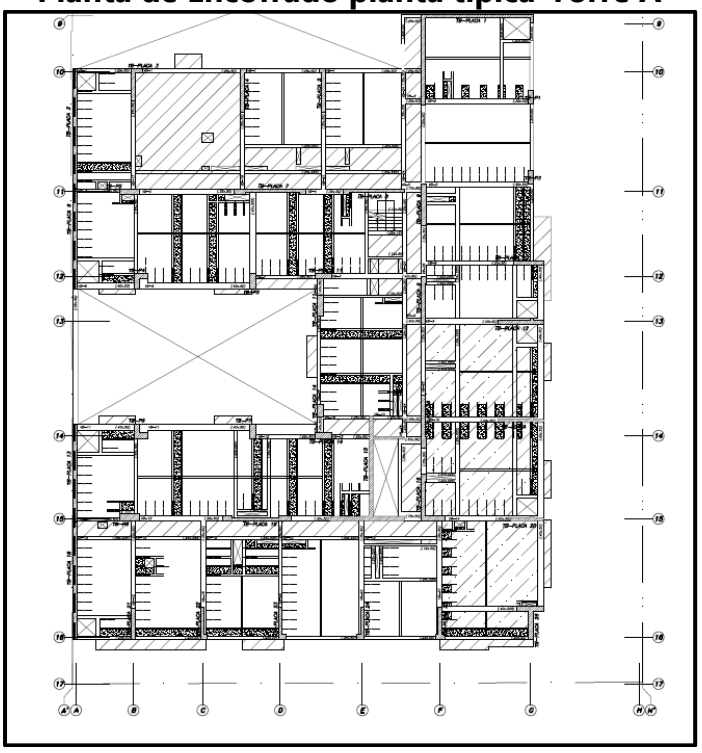
Planta de Encofrado primer piso-Torre A



Planta de Encofrado primer piso-Torre B



Planta de Encofrado planta típica-Torre A



Planta de Encofrado planta típica-Torre B

- **Normas**

Para el diseño de los distintos elementos estructurales que conforman la edificación, se utilizaron las siguientes normas técnicas:

E.020 "Norma de Cargas"
E.030 "Norma de Diseño Sismorresistente"
E.050 "Norma de Suelos"
E.060 "Norma de Concreto Armado"

- **Consideraciones generales de diseño**

Materiales utilizados

-Concreto:
f'c = 350 kg/cm^2
f'c = 280 kg/cm^2
f'c = 210 kg/cm^2
f'c = 100 kg/cm^2

-Acero corrugado: fy = 4200 kg/cm^2

Peso específico

-Concreto simple 2300 kg/m^3
-Concreto armado 2400 kg/m^3

Carga muerta

Se consideró como carga muerta el peso propio de todos los elementos estructurales y la tabiquería.

Combinaciones de cargas

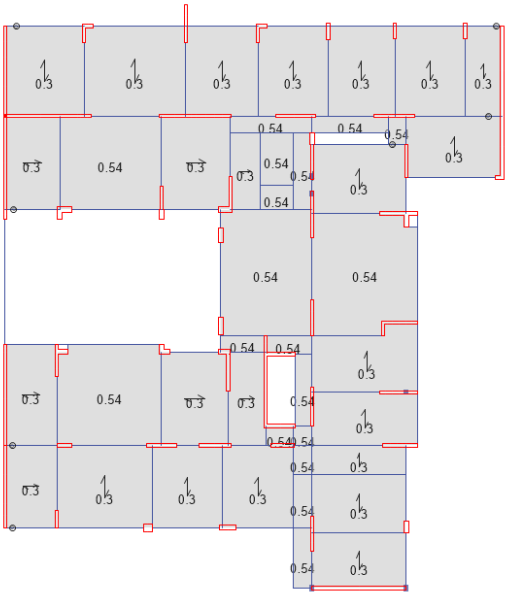
Se utilizaron las siguientes combinaciones de cargas, según lo establece la Norma Técnica E.020 Cargas del Reglamento Nación de Edificaciones

- 1.4 x D + 1.7 x L
- 1.25 x (D + L) ± S
- 0.9 x D ± S

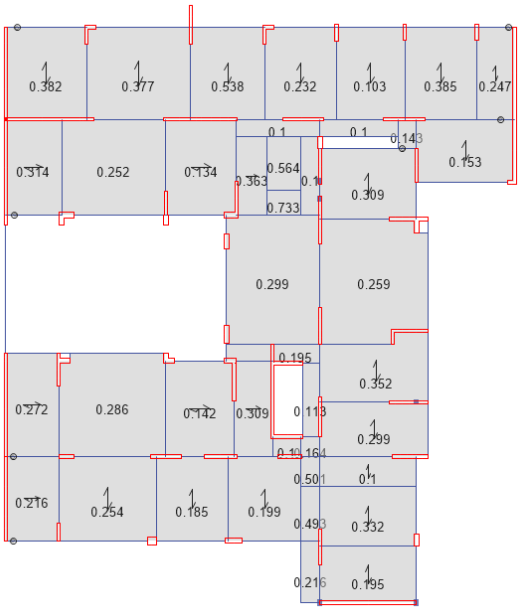
Dónde: D = Cargas muertas
L = Cargas vivas

S = Cargas de sismo

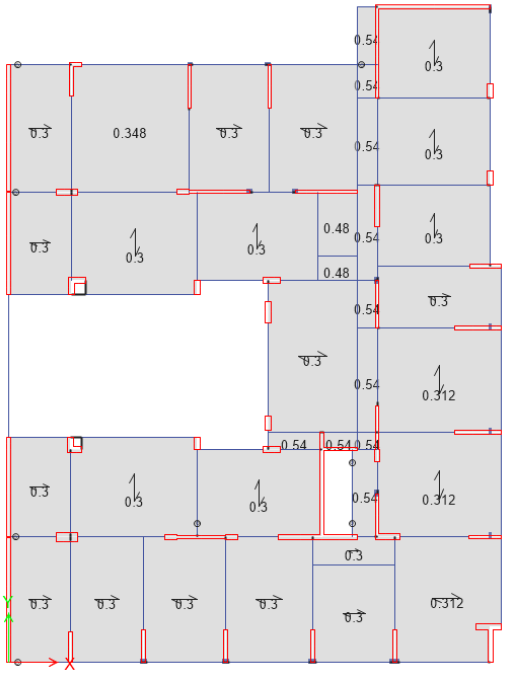
- Carga Muerta (tonf) (peso propio de elementos estructurales y no estructurales)



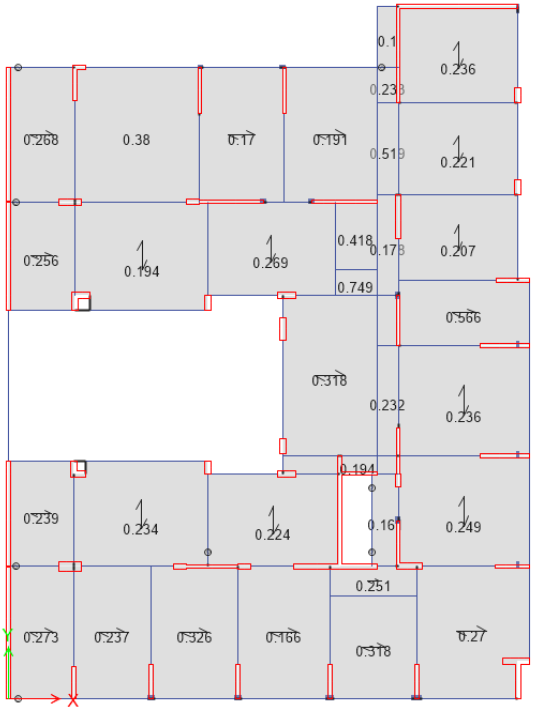
Edificio Torre A (Peso losas)



Edificio Torre A (Peso tabiquería)

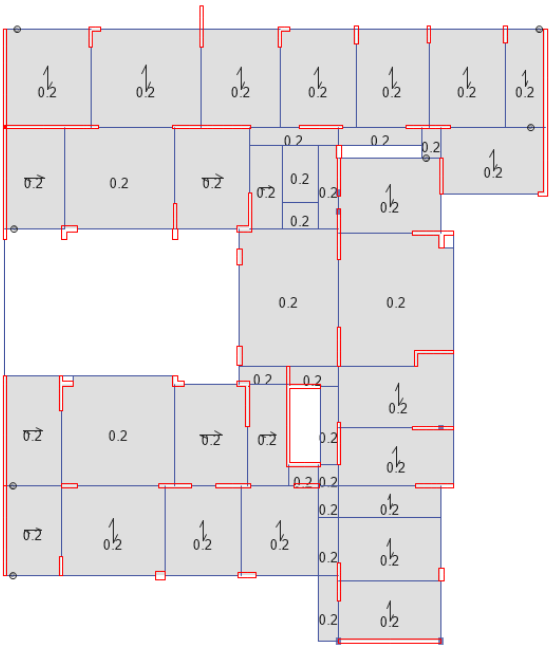


Edificio Torre B (Peso losas)

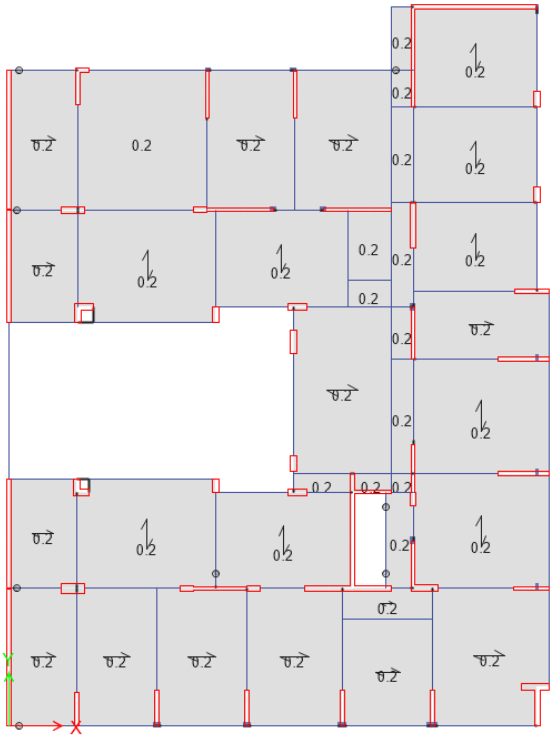


Edificio Torre B (Peso tabiquería)

- Carga Viva (tonf)



Edificio Torre A



Edificio Torre B

II. Modelo Estructural y análisis sísmico

Para realizar el diseño de todos los elementos estructurales se realizó el análisis sísmico. A continuación, se muestra los análisis respectivos.

a) Análisis sísmico

Para la realización del análisis sísmico se seguirá los lineamientos establecidos en el ANEXO I en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

- **Etapa 1: Peligro Sísmico**

- Paso 1 (Factor de zona Z)



Mapa de zonas sísmicas en el Perú

La ubicación del proyecto es en el departamento de Lima, por ende, el valor utilizado para "Z" es de 0,45.

- Paso 2 (Perfil del suelo)

El perfil del suelo o estrato de apoyo de la cimentación es una grava arenosa, medianamente densa a densa. El cual es considerado como Perfil Tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.

b) Perfil Tipo S_1: Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte $\bar{V}_s$, entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

b.1) Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
b.2) Arena muy densa o grava arenosa densa, con $\bar{N}_{60}$ mayor que 50.
b.3) Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}_u$ mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- Paso 3 (Parámetros de sitio S, T_P, T_L)

Debido a que el tipo de suelo es el "Tipo S1", los valores de S, T_P y T_L son 1.00, 0.4 y 2.5 respectivamente.

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

ZONA \ SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

- Paso 4 (Determinación de la función del factor de amplificación "C" versus el periodo T)

Se determinar la función en base al artículo 14

$$T < T_P \qquad C = 2{,}5$$

$$T_P < T < T_L \qquad C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \qquad C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

- **Etapa 2: Características del edificio**

- Paso 5 (Categoría de la edificación y factor del uso "U")

Como la edificación a diseñarse está considerada a ser de categoría "C" (Edificaciones comunes) la cual tiene de factor de uso "U" igual a 1.0

Tabla N° 5
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "*U*"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR *U*
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

- Paso 6 (Sistema estructural)

El sistema estructural de los edificios está basado en muros estructurales de concreto armado en ambos sentidos.

Artículo 16.- Sistemas Estructurales

16.1. Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente cumplen con lo previsto en la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

a) **Pórticos.** Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

b) **Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

c) **Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.

d) **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

Verificación de las estructuras de concreto para determinar el R.

Edificio Torre A

En X-X		
Cortante Piso BASE (tonf)	Cortante Total de Placas (tonf)	Porcentaje (%)
1279.13	1279.13	100%
En Y-Y		
Cortante Piso BASE (tonf)	Cortante Total de Placas (tonf)	Porcentaje (%)
997.97	917.00	92%

Edificio Torre B

En X-X		
Cortante Piso BASE (tonf)	Cortante Total de Placas (tonf)	Porcentaje (%)
932.13	913.38	98%

En Y-Y		
Cortante Piso BASE (tonf)	Cortante Total de Placas (tonf)	Porcentaje (%)
960.11	960.11	100%

Artículo 17.- Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta se proyecta empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 6 (*)
CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

- Paso 7 (Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas "R_o")

  Dado que el sistema estructural de los edificios está basado en muros estructurales de concreto armado se consideró R_o igual a 6.

Tabla N° 7
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

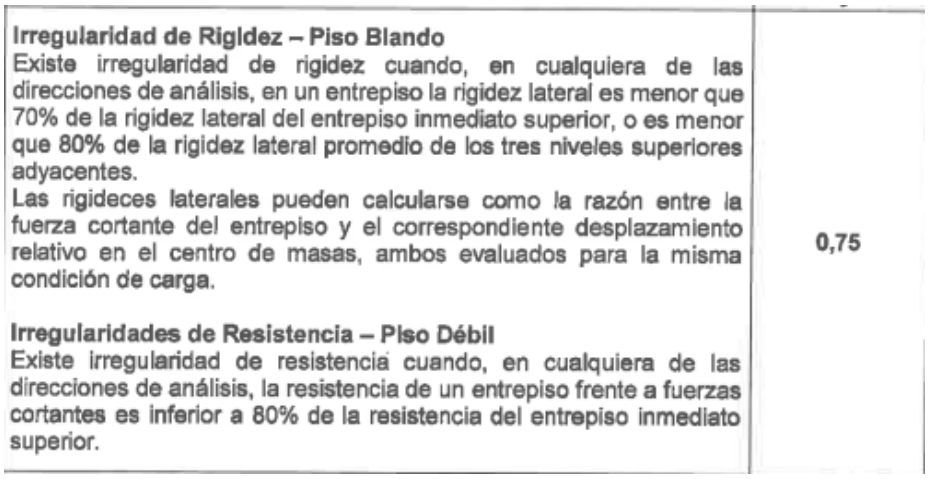
(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.
(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

- Paso 8 (Factores de Irregularidad I_a, I_p)

  Según la Norma E.030 se establecen los siguientes factores de irregularidades.

Irregularidad en altura	**Factor Ia**
Irregularidad de rigidez (Piso blando)	0.75
Irregularidad extrema de rigidez	0.50
Irregularidad de masa o peso	0.90
Irregularidad de geométrica vertical	0.90
Discontinuidad de los sistemas resistentes	0.80
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.60
Irregularidad en planta	**Factor Ip**
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.60
Esquinas entrantes	0.90
Discontinuidad de diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

A continuación, se muestra las verificaciones realizadas para las irregularidades en altura.



Irregularidad de Rigidez – Piso Blando
Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.
Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil
Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

0,75

Edificio Torre A

Verificación direccion X-X		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
E14	102501	NO APLICA
E13	151403	Regular
E12	178622	Regular
E11	194339	Regular
E10	205257	Regular
E9	213478	Regular
E8	223605	Regular
E7	239129	Regular
E6	262702	Regular
E5	297955	Regular
E4	343948	Regular
E3	410309	Regular
E2	507748	Regular
E1	537230	Regular

Verificación direccion Y-Y		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
E14	135315	NO APLICA
E13	212058	Regular
E12	258766	Regular
E11	292702	Regular
E10	324873	Regular
E9	355200	Regular
E8	390327	Regular
E7	436311	Regular
E6	499678	Regular
E5	588507	Regular
E4	699860	Regular
E3	863844	Regular
E2	1127510	Regular
E1	1434512	Regular

Edificio Torre B

Verificación direccion X-X		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
E14	92749	NO APLICA
E13	140863	Regular
E12	170215	Regular
E11	189478	Regular
E10	205926	Regular
E9	219627	Regular
E8	232510	Regular
E7	249472	Regular
E6	273284	Regular
E5	307271	Regular
E4	348809	Regular
E3	406797	Regular
E2	495381	Regular
E1	602800	Regular

Verificación direccion Y-Y		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
E14	82996	NO APLICA
E13	131703	Regular
E12	162041	Regular
E11	181237	Regular
E10	198220	Regular
E9	214818	Regular
E8	234301	Regular
E7	258864	Regular
E6	291372	Regular
E5	336309	Regular
E4	392801	Regular
E3	478448	Regular
E2	610837	Regular
E1	791090	Regular

Ningún edificio presenta Irregularidad de rigidez.

Con respecto a la irregularidad de piso blando, la estructura cuenta con un sistema resistente continuo en altura, por tanto, no presenta esta irregularidad.

Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	**0,90**

Edificio Torre A

Piso	Diafragma	Masa	Verificación
E1	D1	132.41707	Regular
E2	D2	131.41881	Regular
E3	D3	131.29826	Regular
E4	D4	131.29826	Regular
E5	D5	130.68568	Regular
E6	D6	130.06713	Regular
E7	D7	130.06713	Regular
E8	D8	130.06713	Regular
E9	D9	130.06713	Regular
E10	D10	129.45454	Regular
E11	D11	128.83599	Regular
E12	D12	128.83599	Regular
E13	D13	128.83599	Regular
E14	D14	105.63715	Regular

Edificio Torre B

Piso	Diafragma	Masa	Verificación
E1	D1	108.643	Regular
E2	D2	109.143	Regular
E3	D3	109.143	Regular
E4	D4	109.143	Regular
E5	D5	108.447	Regular
E6	D6	107.749	Regular
E7	D7	107.749	Regular
E8	D8	107.749	Regular
E9	D9	107.749	Regular
E10	D10	107.166	Regular
E11	D11	106.584	Regular
E12	D12	106.584	Regular
E13	D13	106.584	Regular
E14	D14	91.31212	Regular

Ninguna torre presenta Irregularidad de Masa.

Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	**0,90**

Ninguna torre presenta Irregularidad Geometría Vertical.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

Ninguna torre presenta Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.

A continuación, se muestra las verificaciones realizadas para las irregularidades en planta:

Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75

Edificio Torre A

Verificación torsión direccion X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Ratio	Verificación
Piso 14	0.00417	0.00518	1.243	NO TORSION
Piso 13	0.00439	0.00544	1.239	NO TORSION
Piso 12	0.00456	0.00564	1.236	NO TORSION
Piso 11	0.00470	0.00580	1.234	NO TORSION
Piso 10	0.00476	0.00587	1.234	NO TORSION
Piso 9	0.00478	0.00590	1.233	NO TORSION
Piso 8	0.00476	0.00587	1.232	NO TORSION
Piso 7	0.00469	0.00577	1.230	NO TORSION
Piso 6	0.00455	0.00559	1.228	NO TORSION
Piso 5	0.00433	0.00531	1.228	NO TORSION
Piso 4	0.00406	0.00497	1.225	NO TORSION
Piso 3	0.00367	0.00449	1.222	NO TORSION
Piso 2	0.00317	0.00387	1.220	NO TORSION
Piso 1	0.00251	0.00319	1.272	NO APLICA

Verificación torsión direccion Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Ratio	Verificación
Piso 14	0.00363	0.00447	1.230	NO TORSION
Piso 13	0.00373	0.00457	1.225	NO TORSION
Piso 12	0.00380	0.00464	1.220	NO TORSION
Piso 11	0.00383	0.00465	1.214	NO TORSION
Piso 10	0.00378	0.00456	1.206	NO TORSION
Piso 9	0.00372	0.00446	1.199	NO TORSION
Piso 8	0.00362	0.00431	1.190	NO TORSION
Piso 7	0.00346	0.00408	1.178	NO TORSION
Piso 6	0.00325	0.00377	1.161	NO TORSION
Piso 5	0.00296	0.00338	1.140	NO APLICA
Piso 4	0.00267	0.00299	1.120	NO APLICA
Piso 3	0.00230	0.00252	1.093	NO APLICA
Piso 2	0.00186	0.00194	1.042	NO APLICA
Piso 1	0.00129	0.00138	1.073	NO APLICA

Edificio Torre B

Verificación torsión direccion X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Ratio	Verificación
Piso 14	0.00417	0.00442	1.060	NO TORSION
Piso 13	0.00438	0.00459	1.049	NO TORSION
Piso 12	0.00456	0.00473	1.037	NO TORSION
Piso 11	0.00469	0.00481	1.025	NO TORSION
Piso 10	0.00474	0.00479	1.011	NO TORSION
Piso 9	0.00476	0.00476	1.001	NO TORSION
Piso 8	0.00473	0.00478	1.010	NO TORSION
Piso 7	0.00464	0.00475	1.023	NO TORSION
Piso 6	0.00449	0.00466	1.039	NO TORSION
Piso 5	0.00423	0.00448	1.059	NO TORSION
Piso 4	0.00396	0.00427	1.078	NO TORSION
Piso 3	0.00358	0.00394	1.101	NO TORSION
Piso 2	0.00309	0.00350	1.134	NO TORSION
Piso 1	0.00262	0.00349	1.332	NO APLICA

Verificación torsión direccion Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Ratio	Verificación
Piso 14	0.00338	0.00410	1.213	NO TORSION
Piso 13	0.00354	0.00428	1.210	NO TORSION
Piso 12	0.00368	0.00445	1.207	NO TORSION
Piso 11	0.00380	0.00458	1.205	NO TORSION
Piso 10	0.00385	0.00463	1.203	NO TORSION
Piso 9	0.00387	0.00465	1.201	NO TORSION
Piso 8	0.00386	0.00463	1.199	NO TORSION
Piso 7	0.00379	0.00454	1.198	NO TORSION
Piso 6	0.00367	0.00439	1.196	NO TORSION
Piso 5	0.00346	0.00413	1.195	NO TORSION
Piso 4	0.00323	0.00384	1.191	NO TORSION
Piso 3	0.00288	0.00342	1.185	NO APLICA
Piso 2	0.00249	0.00292	1.175	NO APLICA
Piso 1	0.00225	0.00273	1.214	NO APLICA

Ninguna torre presenta Irregularidad Torsional.

Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	**0,90**

Ninguna torre presenta irregularidad de esquinas entrantes.

Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	**0,85**

Ninguna torre presenta irregularidad de discontinuidad del diafragma.

Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.	**0,90**

Ninguna torre presenta irregularidad de sistemas no paralelos.

Finalmente, se concluye que la estructura presenta las siguientes irregularidades:

- En altura: ningún edificio presenta.
- En planta: ningún edificio presenta.

- Paso 9 (Restricciones a la irregularidad)

  Con lo descrito anteriormente: La categoría "C", la zona Z4 y sin irregularidades extremas se cumple con la tabla N°10 del Artículo 21.

Tabla N° 10
CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

- Paso 10 (Coeficiente de reducción de la fuerza Sísmica R)

Edificio Torre A

$R = R \times I_a \times I_p$

$= 6 \times 1.0 \times 1.0 = 6$

Edificio Torre B

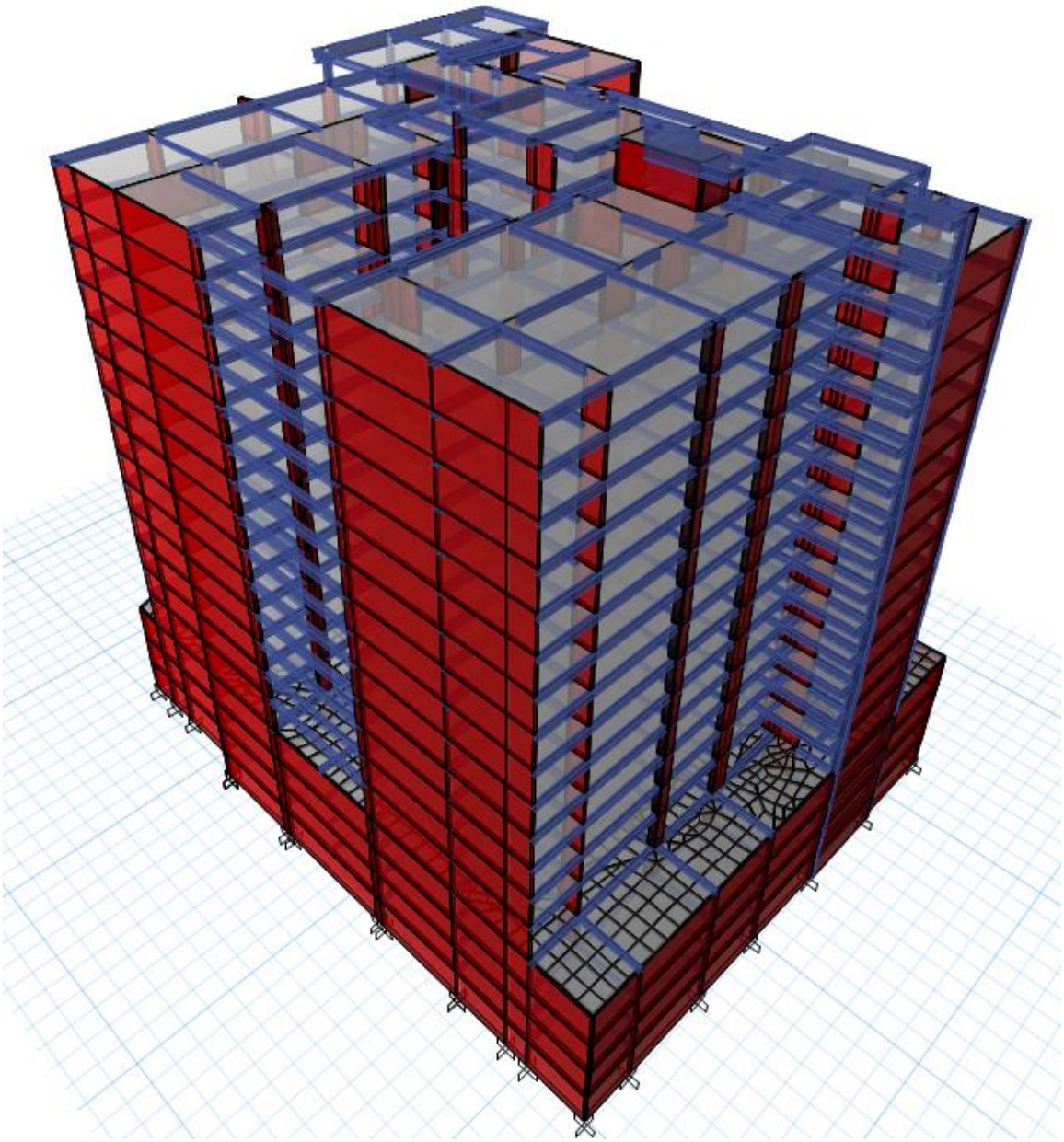
$R = R \times I_a \times I_p$

$= 6 \times 1.0 \times 1.0 = 6$

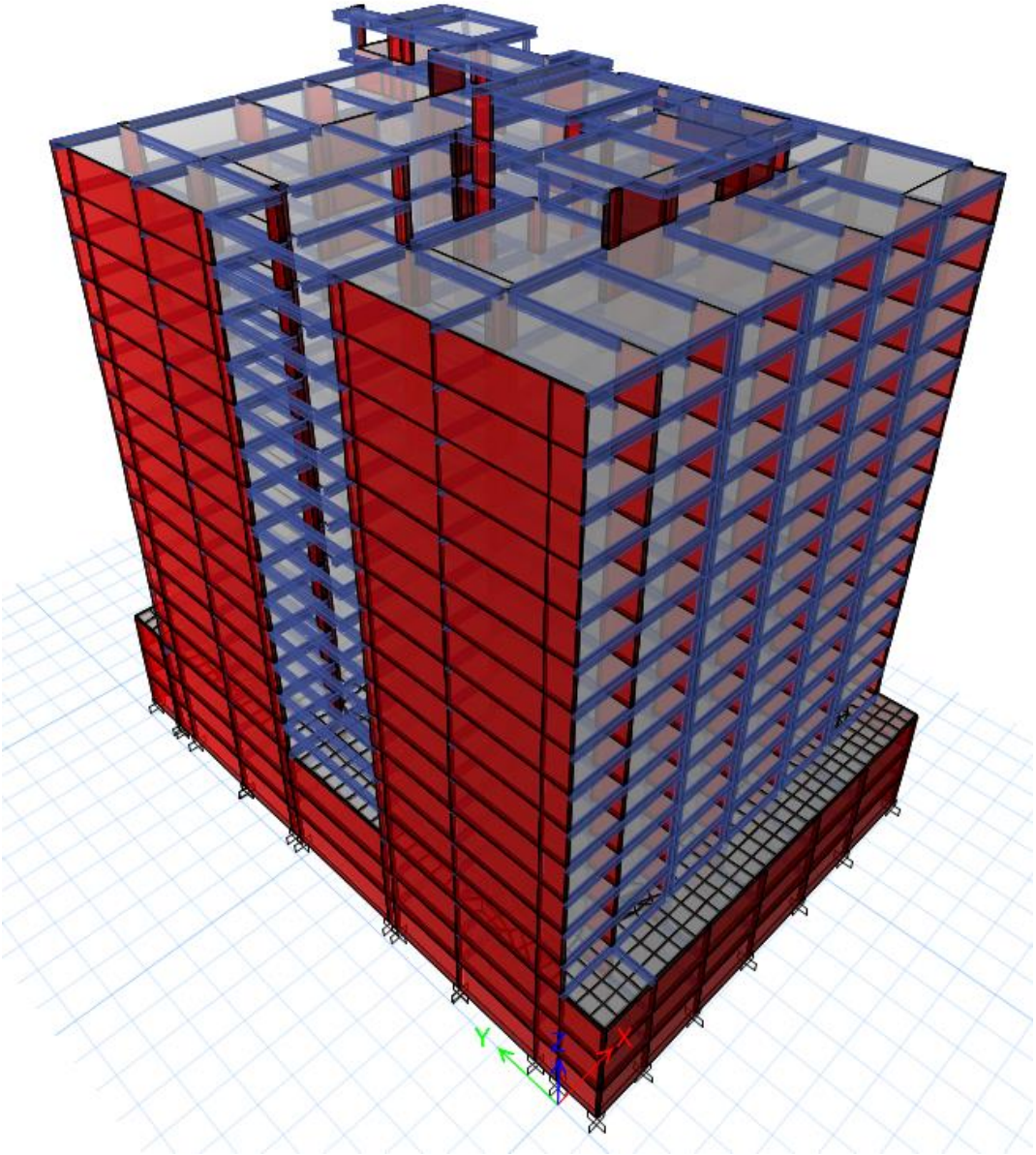
- **Etapa 3: Análisis Estructural**

  Paso 11 (Modelo de análisis)

  Se realizó un modelo tridimensional de la estructura.



Modelo de estructuras tridimensional Edificio Torre A



Modelo de estructuras tridimensional Edificio Torre B

Edificio Torre A

- Paso 12 (Estimación del Peso "P")
  Para la estimación del peso se consideró dentro del programa ETABS una masa equivalente al peso total por cargas permanentes y un 25% de la carga viva sobre la estructura, tal cual lo estipula la norma en el artículo 26.

Artículo 26.- Estimación del Peso (P)

El peso (*P*) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.

El peso de la estructura es de 17857 ton.

- Paso 13 (Procedimientos de Análisis Sísmico)
  Análisis Estático

  A continuación, se procederá a calcular el cortante estático en la base, para el cual se determinará el valor de C con los periodos de la estructura.

	Periodo (s)
Dirección X-X	1.253
Dirección Y-Y	0.905

  Con los periodos obtenidos anteriormente, se procede a calcular el valor del factor de amplificación sísmica (C).

	Valor "C"
Dirección X-X	0.80
Dirección Y-Y	1.10

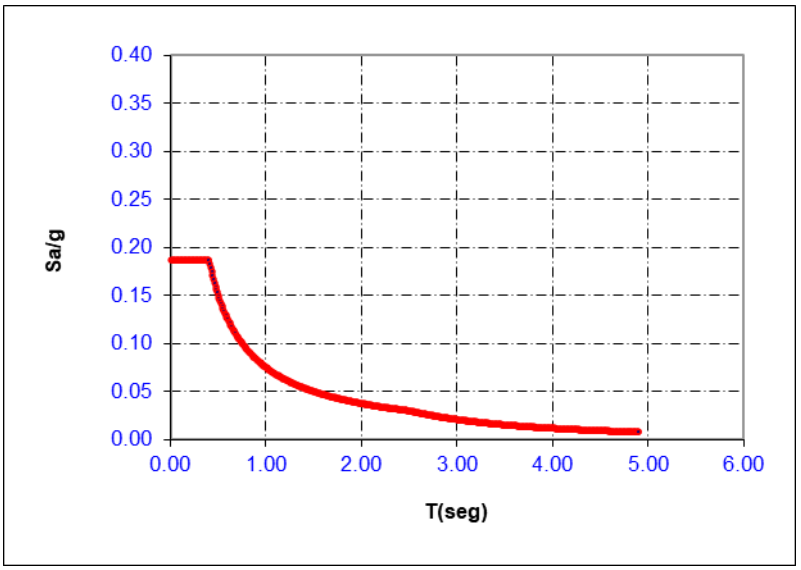
  Con los valores de "C" se obtienen los valores de las cortantes estáticas.

  Vx = 1069 ton
  Vy = 1480 ton

Análisis Dinámico

Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$



Función del espectro del sismo

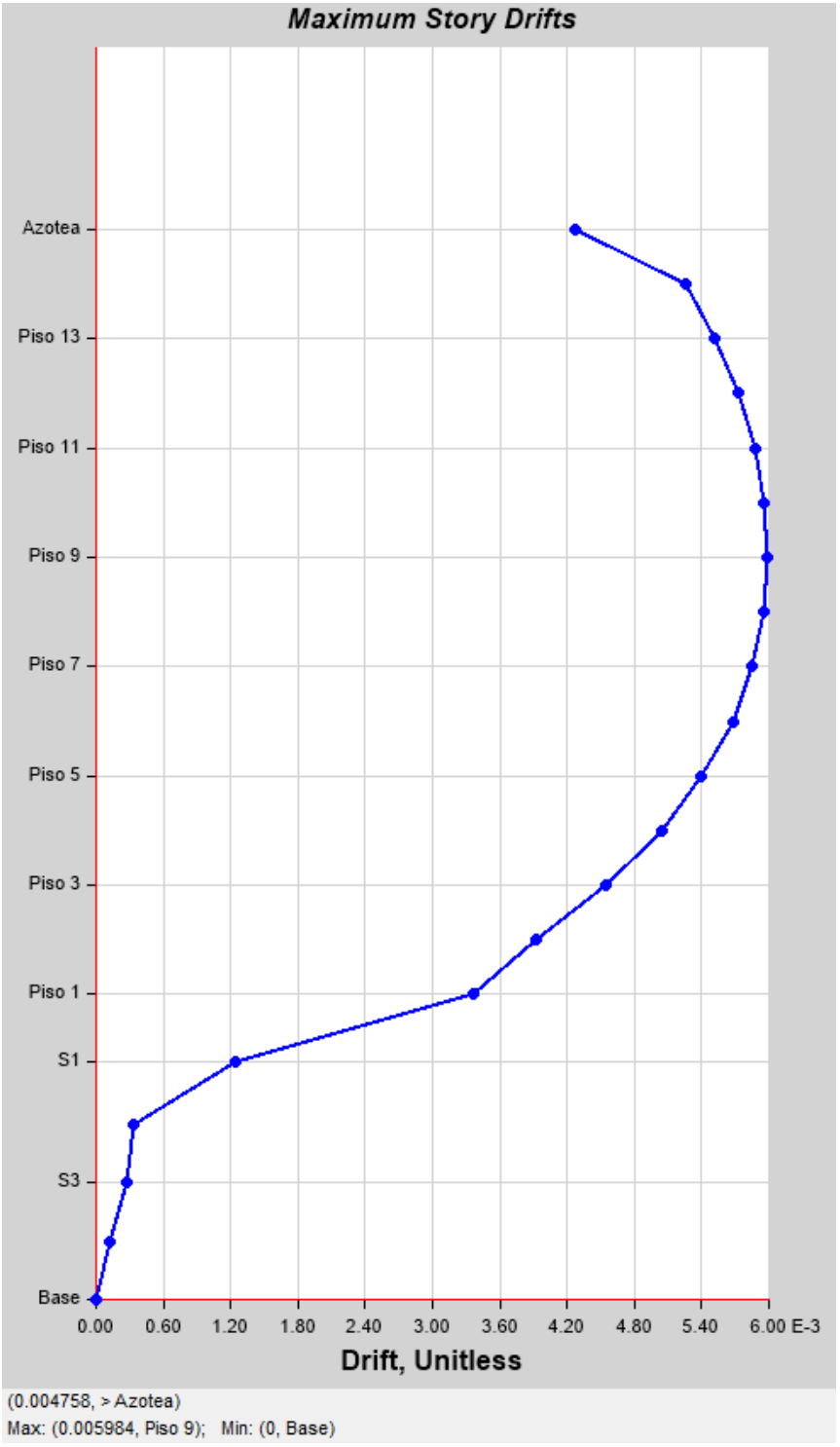
Con el cual se determinarán los valores de las cortantes dinámicas en ambas direcciones con sus respectivos factores de amplificación de fuerzas.

	Cortante Dinámica (ton)
Dirección X-X	997.39
Dirección Y-Y	1277.70

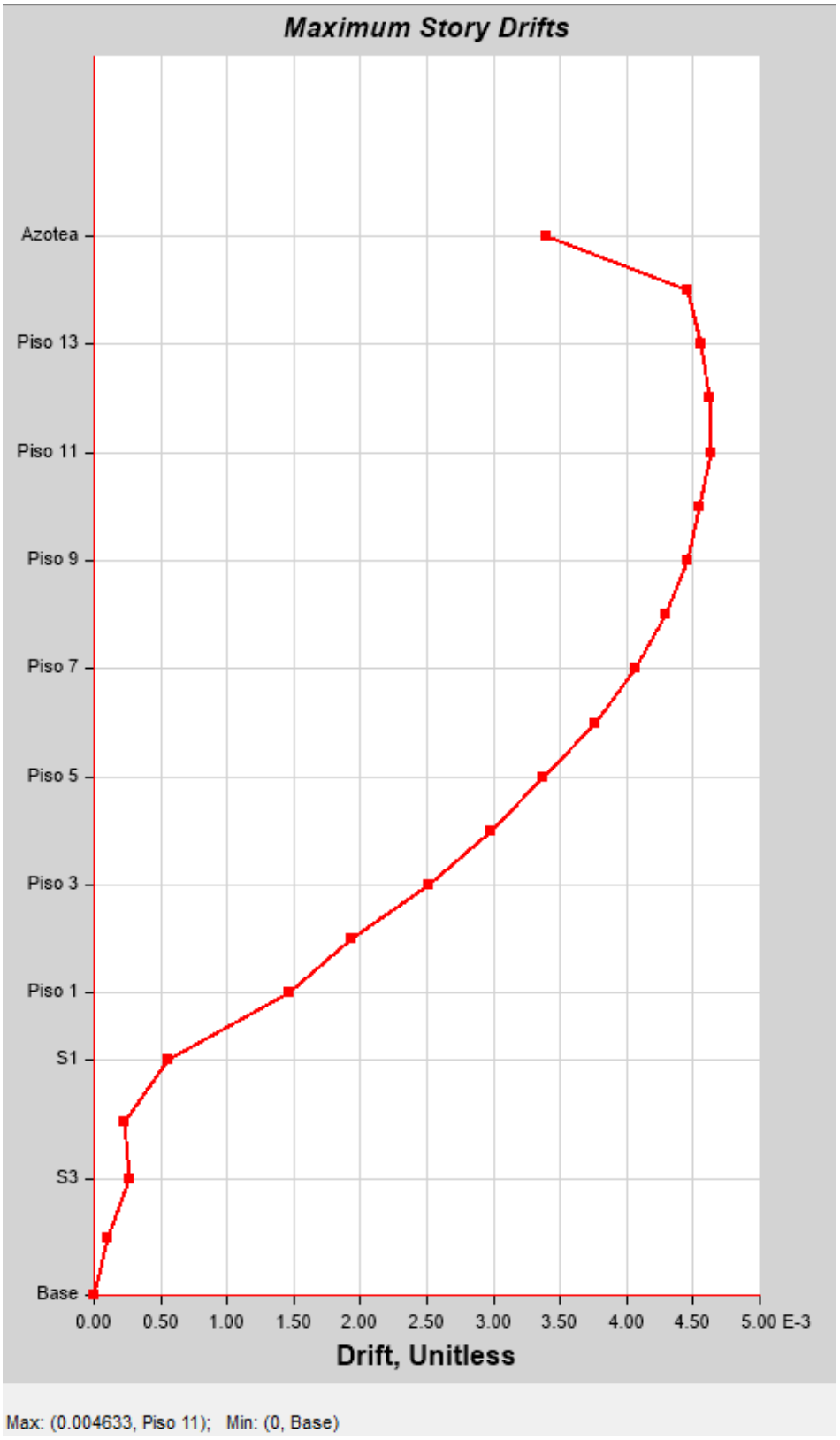
Con estos valores de cortantes dinámicas se proceden a amplificar al 80% de las cortantes estáticas en sus direcciones correspondientes y se determinan los factores de amplificación

	V al 80% Est (ton)
Dirección X-X	855
Dirección Y-Y	1184
	Factor de amplificación
Dirección X-X	1.00
Dirección Y-Y	1.00

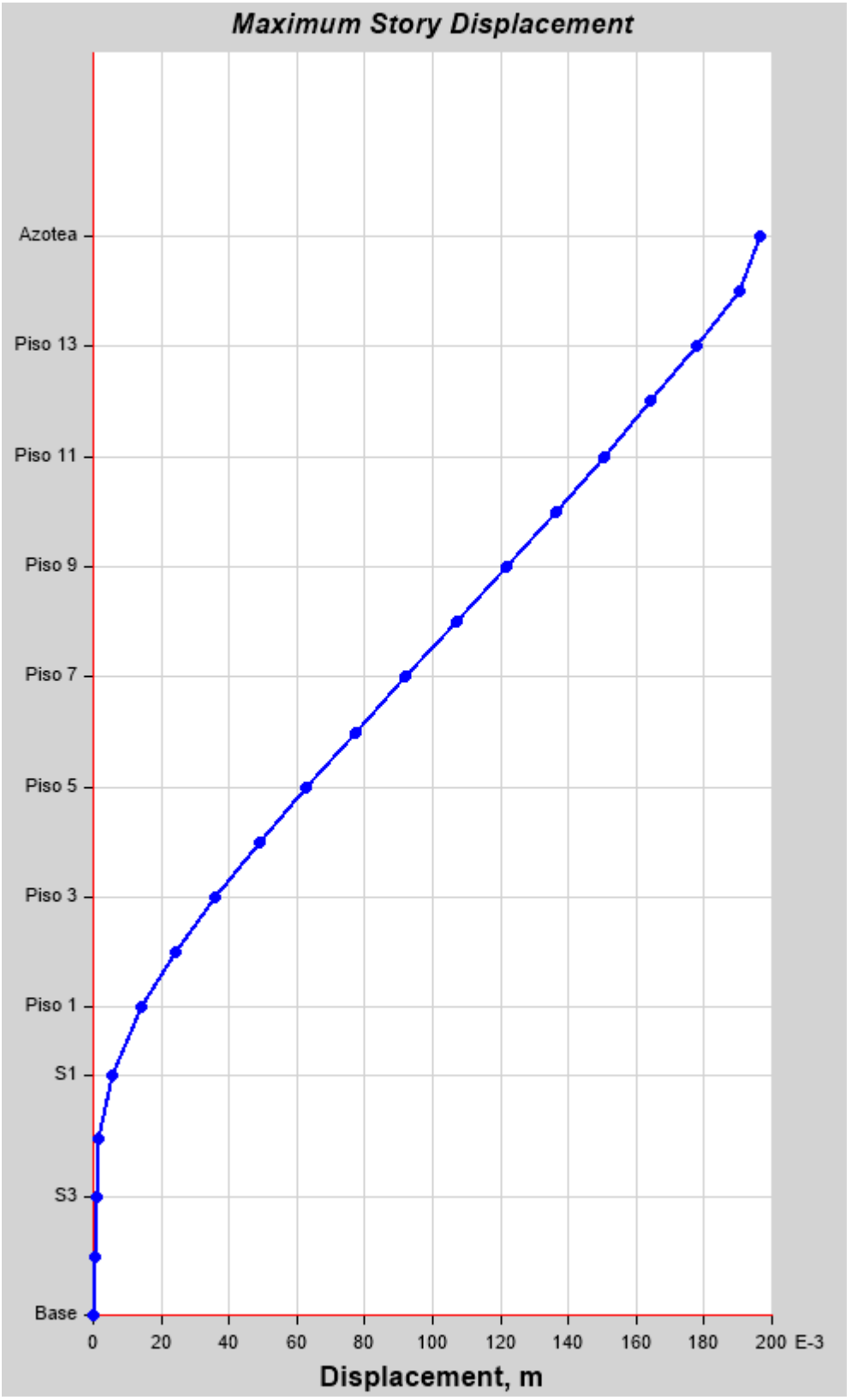
- Derivas
  En la dirección X-X



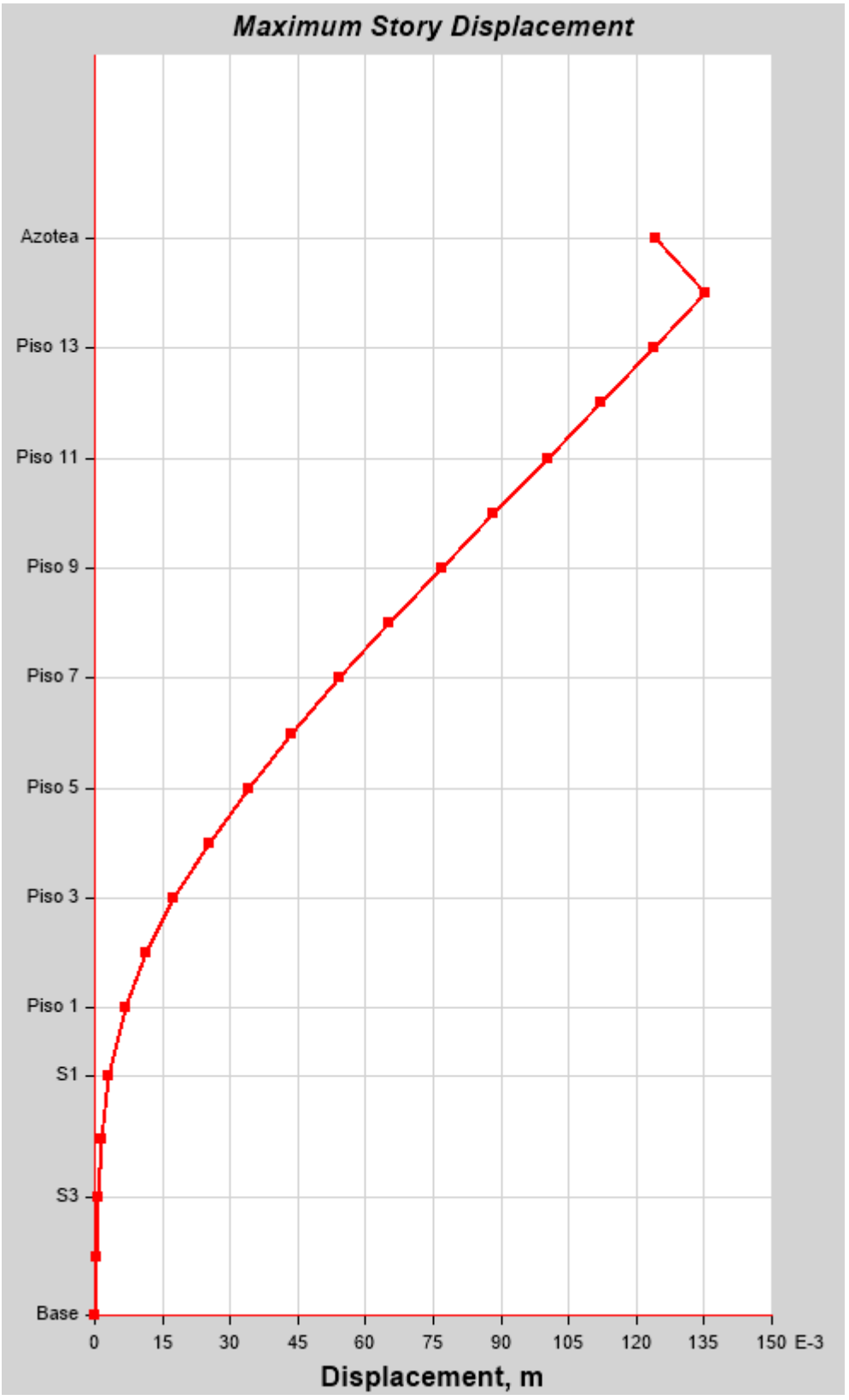
En la dirección Y-Y



- Desplazamiento máximo
  En la dirección X-X



En la dirección Y-Y



- **Etapa 4 (Validación de la estructura)**

  De acuerdo con los resultados mostrados líneas arriba se verifican los pasos 14, 15, 16 y 17 indicados en el Anexo 1 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

- Paso 18 (Separación entre Edificios)

  La separación entre edificios no es menor que:

  a) 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos
  b) 0.006 x h ≥ 0.2201 m (22.01 cm)

  Dirección X-X

  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  a) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 18.51 = 12.34 cm
  b) s / 2 = 22.01 / 2 = 11.00 cm

  Dirección Y-Y

  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  a) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 13.22 = 8.82 cm
  c) s / 2 = 22.01 / 2 = 11.00 cm

Finalmente, se concluye que la estructura cumple con los requerimientos indicados en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Edificio Torre B

- Paso 12 (Estimación del Peso "P")
  Para la estimación del peso se consideró dentro del programa ETABS una masa equivalente al peso total por cargas permanentes y un 25% de la carga viva sobre la estructura, tal cual lo estipula la norma en el artículo 26.

Artículo 26.- Estimación del Peso (P)

El peso (*P*) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.

El peso de la estructura es de 14854 ton.

Análisis Estático

A continuación, se procederá a calcular el cortante estático en la base, para el cual se determinará el valor de C con los periodos de la estructura.

	Periodo (s)
Dirección X-X	1.07
Dirección Y-Y	0.93

Con los periodos obtenidos anteriormente, se procede a calcular el valor del factor de amplificación sísmica (C).

	Valor "C"
Dirección X-X	0.94
Dirección Y-Y	1.08

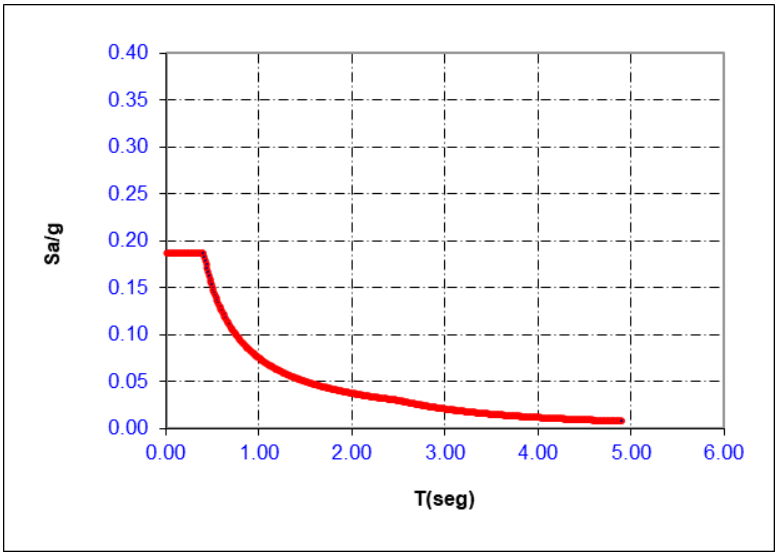
Con los valores de "C" se obtienen los valores de las cortantes estáticas.

Vx = 1042 ton
Vy = 1199 ton

Análisis Dinámico

Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$



Función del espectro del sismo

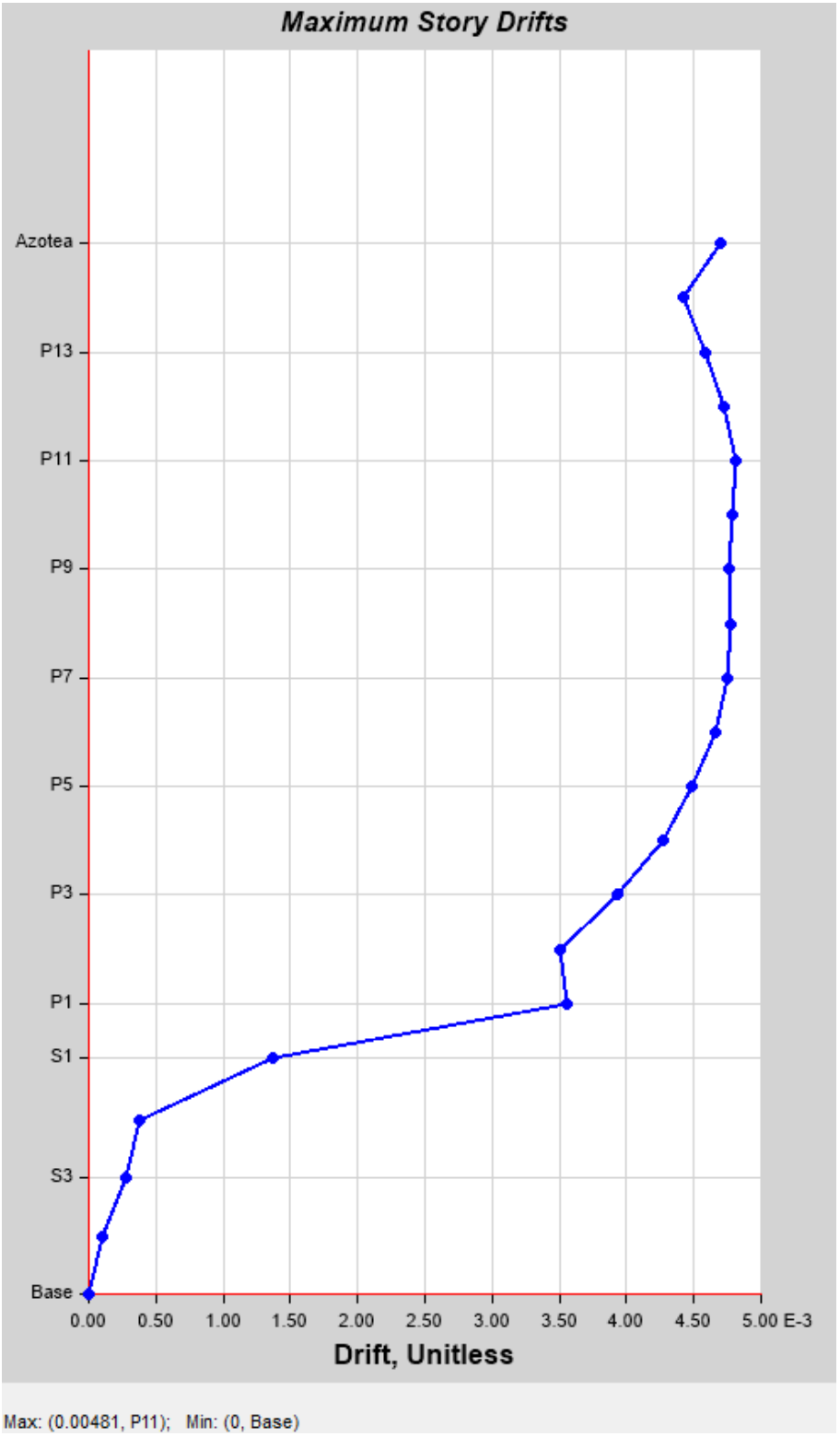
Con el cual se determinarán los valores de las cortantes dinámicas en ambas direcciones con sus respectivos factores de amplificación de fuerzas.

	Cortante Dinámica (ton)
Dirección X-X	930.93
Dirección Y-Y	786.97

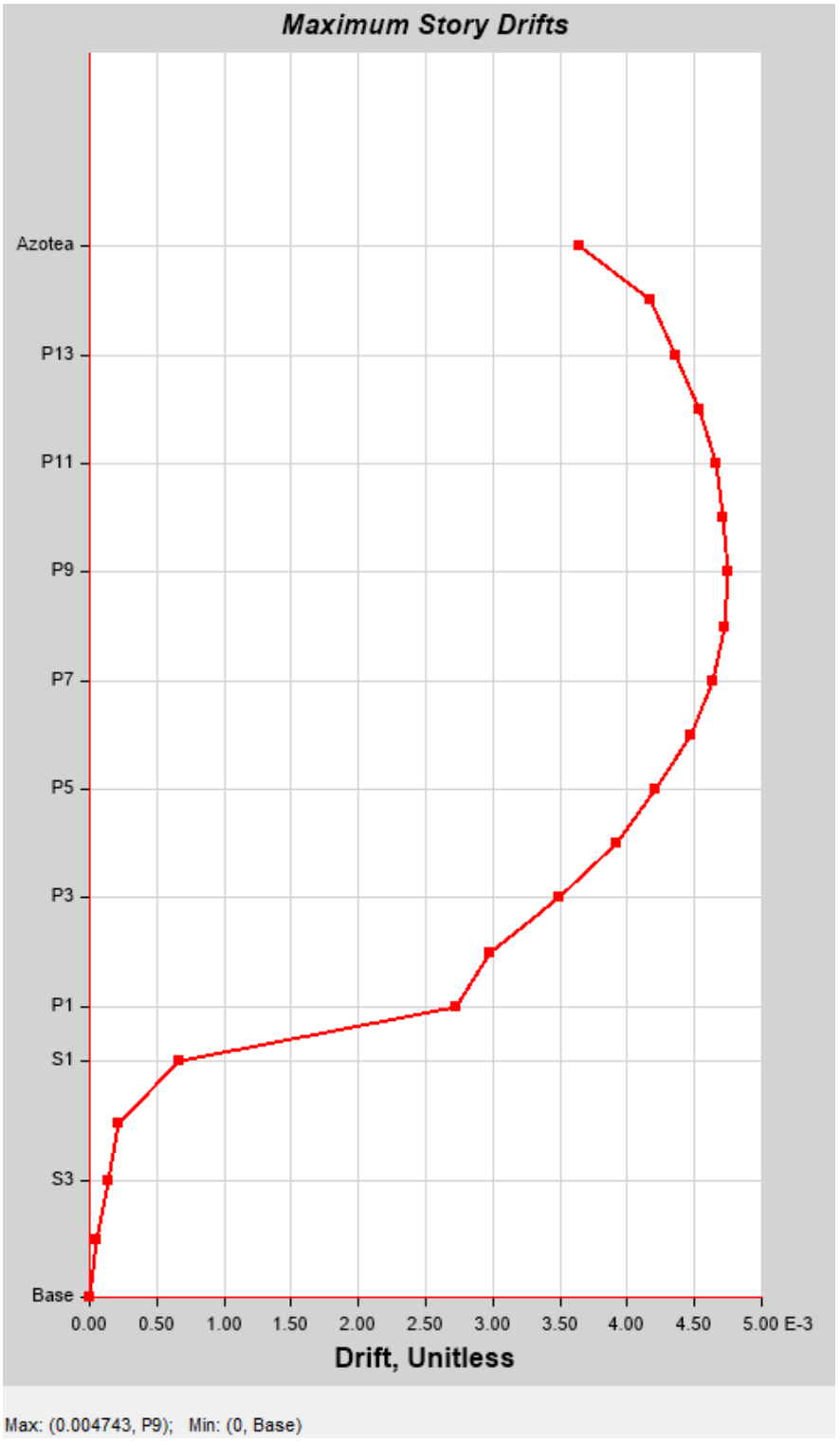
Con estos valores de cortantes dinámicas se proceden a amplificar al 80% de las cortantes estáticas en sus direcciones correspondientes y se determinan los factores de amplificación

	V al 80% Est (ton)
Dirección X-X	834
Dirección Y-Y	959
	Factor de amplificación
Dirección X-X	1.000
Dirección Y-Y	1.219

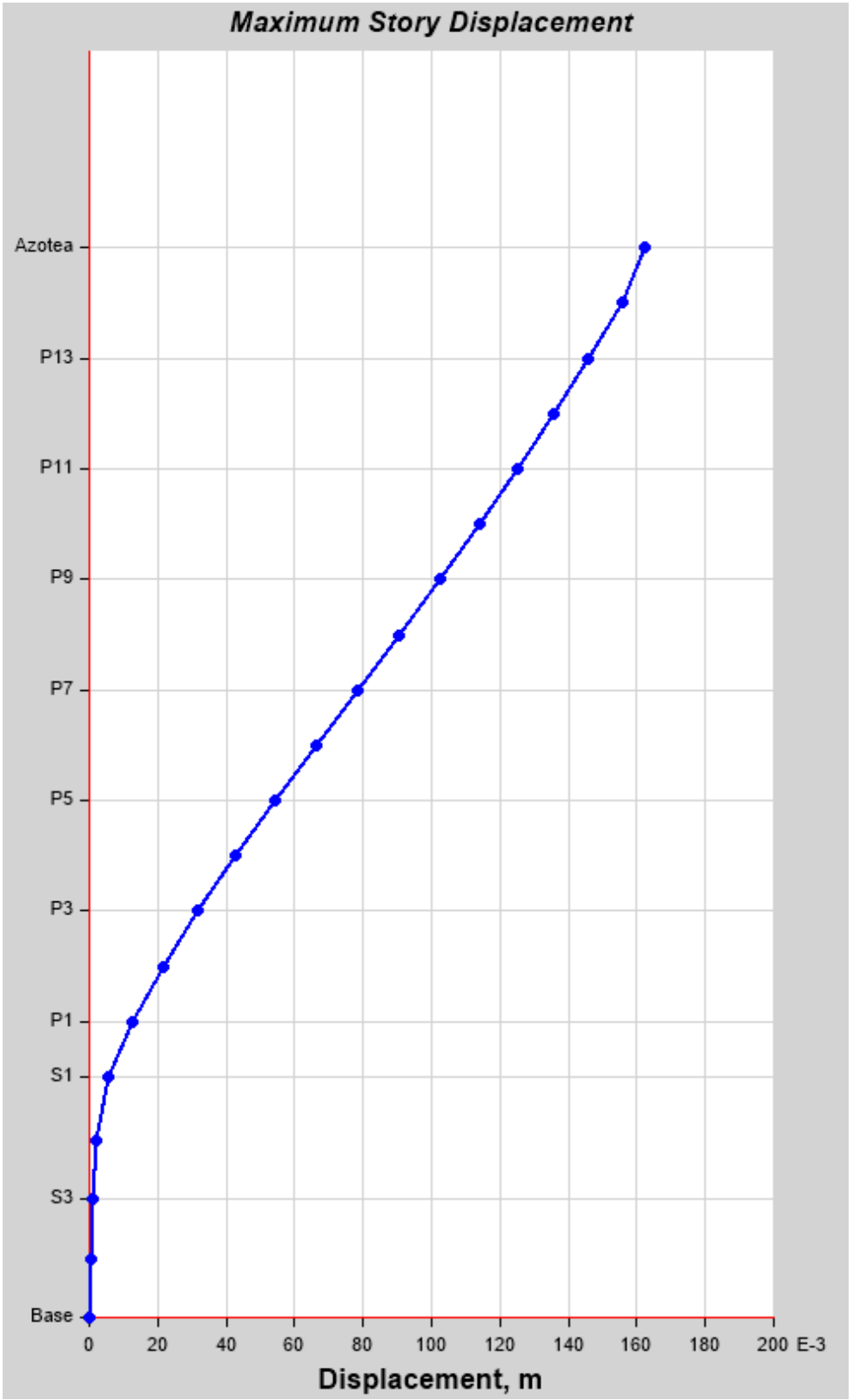
- Derivas
  En la dirección X-X



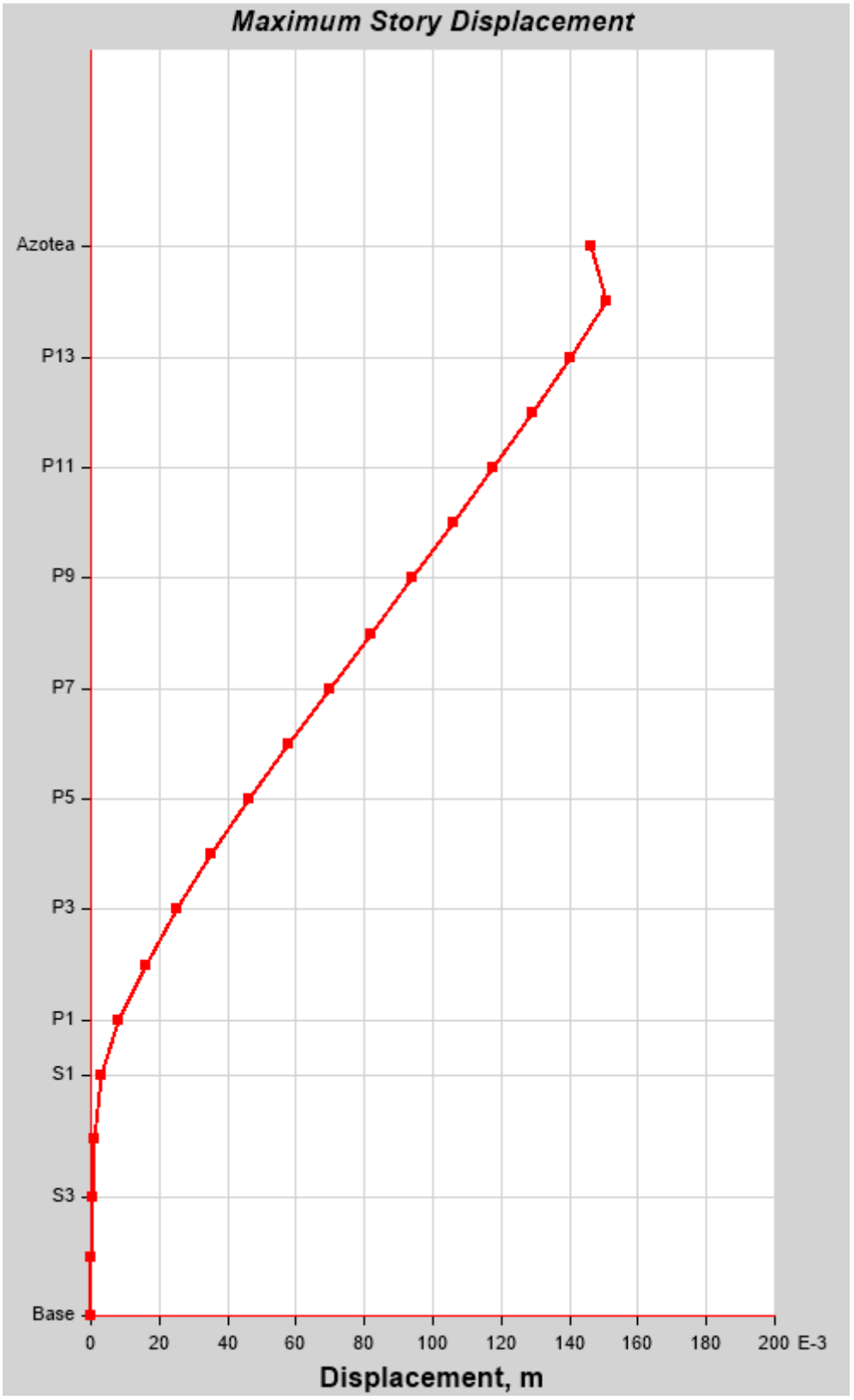
En la dirección Y-Y



- Desplazamiento máximo
  En la dirección X-X



En la dirección Y-Y



- **Etapa 4 (Validación de la estructura)**

  De acuerdo con los resultados mostrados líneas arriba se verifican los pasos 14, 15, 16 y 17 indicados en el Anexo 1 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

- Paso 18 (Separación entre Edificios)

  La separación entre edificios no es menor que:

  a) 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos
  b) 0.006 x h ≥ 0.2201 m (22.24 cm)

  Dirección X-X

  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  a) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 14.99 = 9.99 cm
  b) s / 2 = 22.01 / 2 = 11.00 cm

  Dirección Y-Y

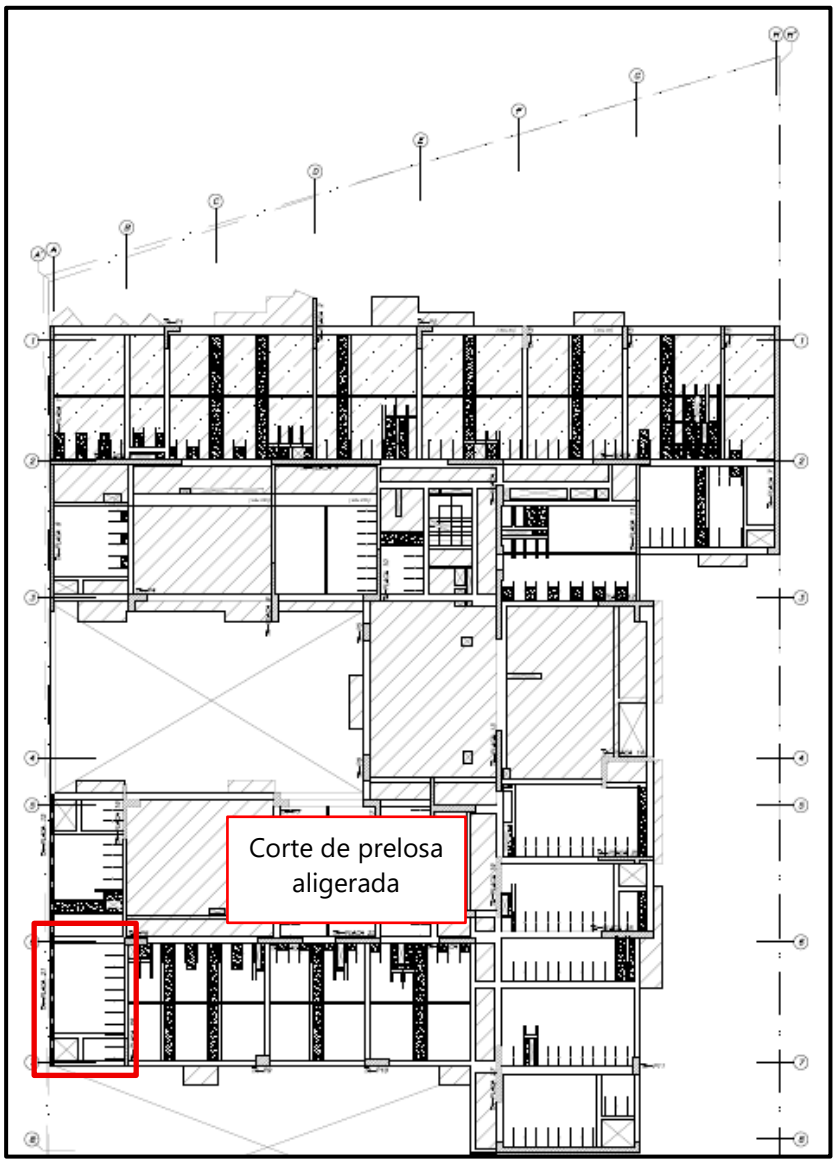
  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  a) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 14.79 = 9.86 cm
  b) s / 2 = 22.01 / 2 = 11.00 cm

Finalmente, se concluye que la estructura cumple con los requerimientos indicados en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

III. Análisis y diseño de elementos estructurales

a) Diseño de losa aligerada

En la siguiente imagen se muestra el encofrado de piso típico del **Edificio Torre A** donde se indica el corte de una losa aligerada a verificar:



A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la vigueta:

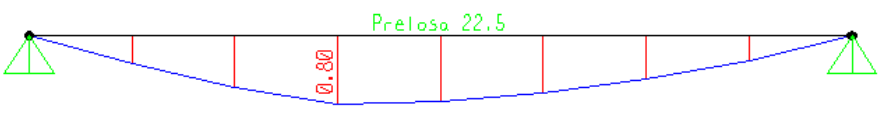


Diagrama de momentos flectores (carga muerta, viva)

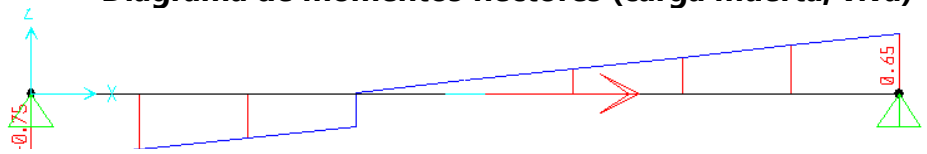
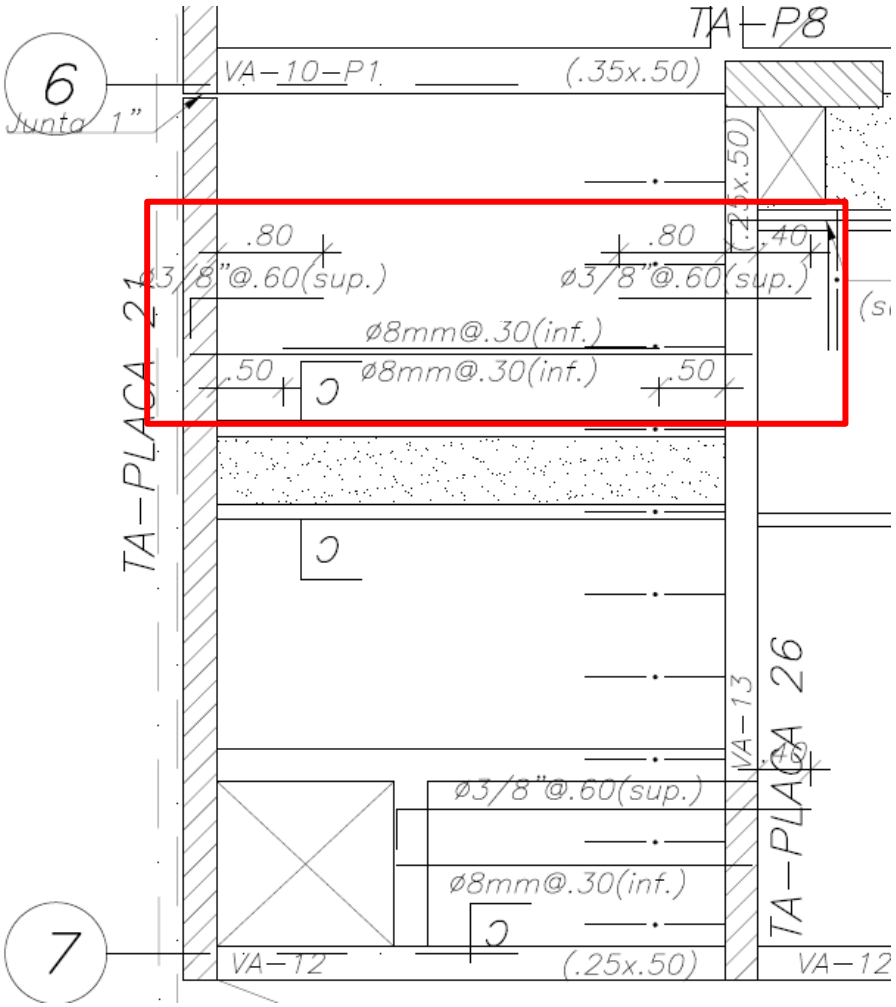


Diagrama de fuerzas cortantes (carga muerta, viva)

A continuación, se muestra el detalle de acero del aligerado:

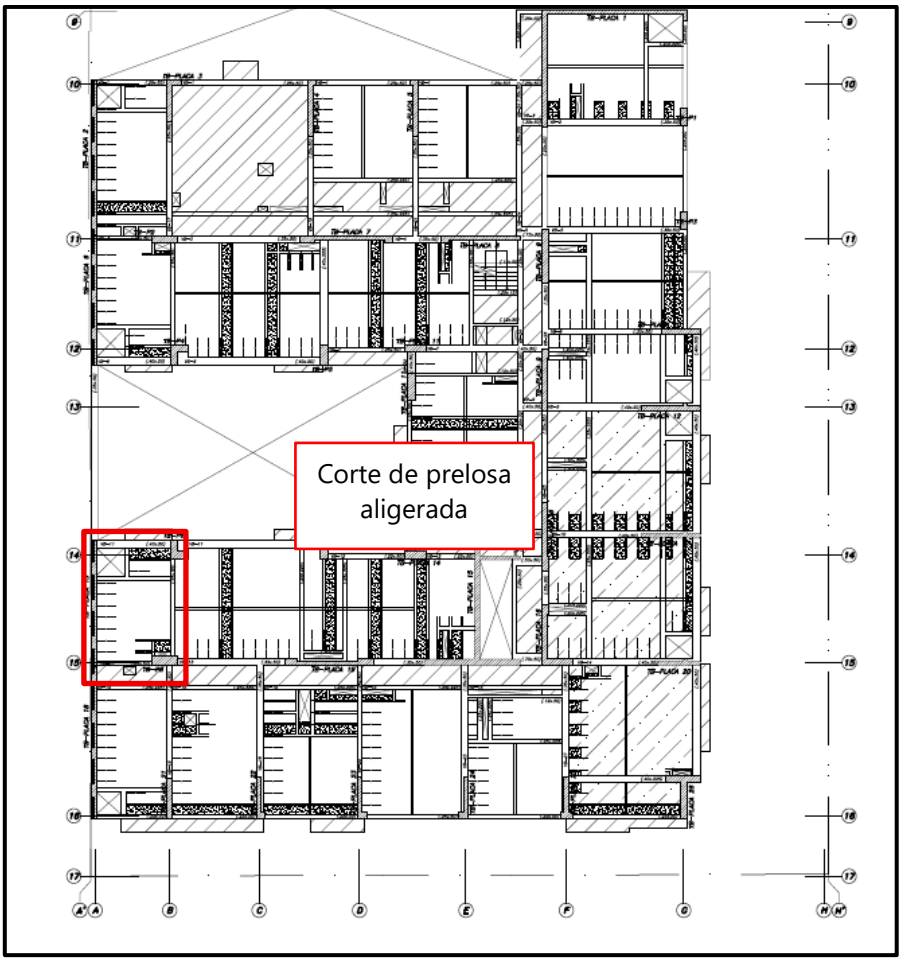


En la siguiente tabla se muestra la verificación del aligerado

TRAMOS	1		
Mu-			
Mu+		0.80	
b cortante (cm)	12.0	12.0	12.0
b flexión (cm)	62.5	62.5	62.5
d (cm)	19.5	19.5	19.5
f'c	210	210	210
ku	0.0	3.4	0.0
w	0.0	0.0	0.0
ro	0.0	0.0	0.0
As nec.	0.0	1.1	0.0
As (sup.)	0.00		0.00
As (inf.)		1.10	
As col (cm2)		2.08	
Vu	0.75		0.65
ØVC	1.68		1.68
ØVC>Vu	ok		ok

Como se puede observar en la tabla *el diseño por flexión y cortante es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

En la siguiente imagen se muestra el encofrado de piso típico del **Edificio Torre B** donde se indica el corte de una losa aligerada a verificar:



A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la vigueta:

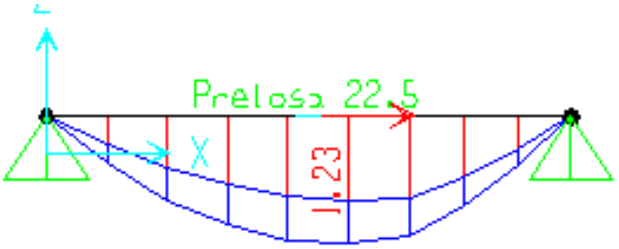


Diagrama de momentos flectores (carga muerta, viva)

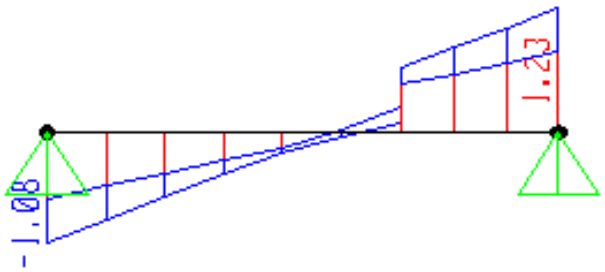
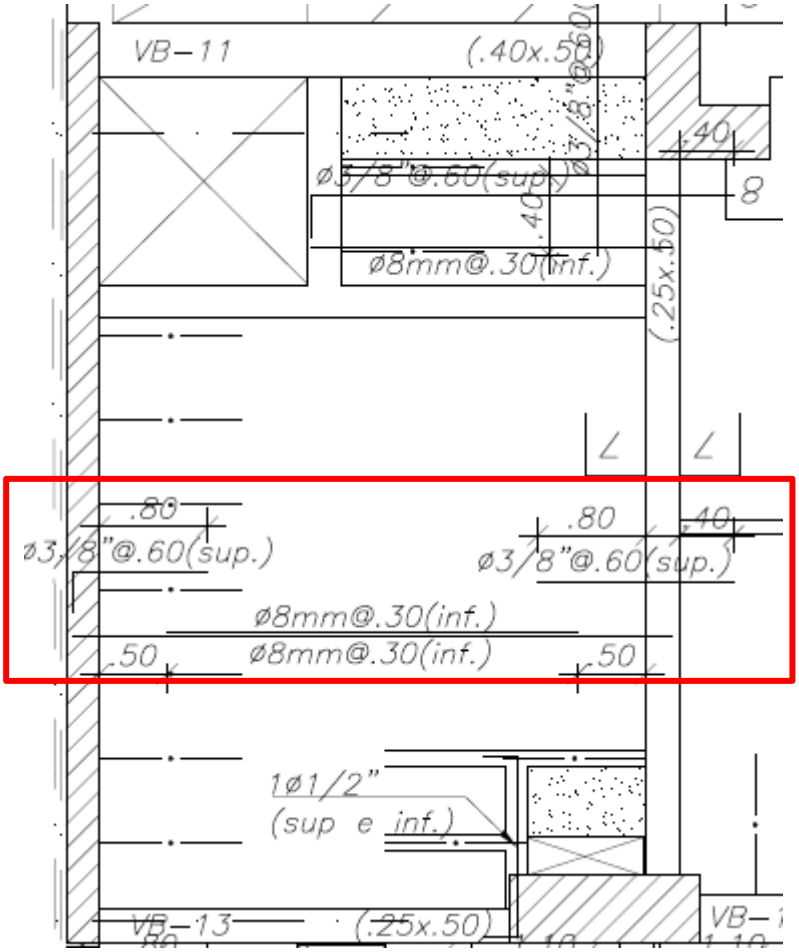


Diagrama de fuerzas cortantes (carga muerta, viva)

A continuación, se muestra el detalle de acero del aligerado:



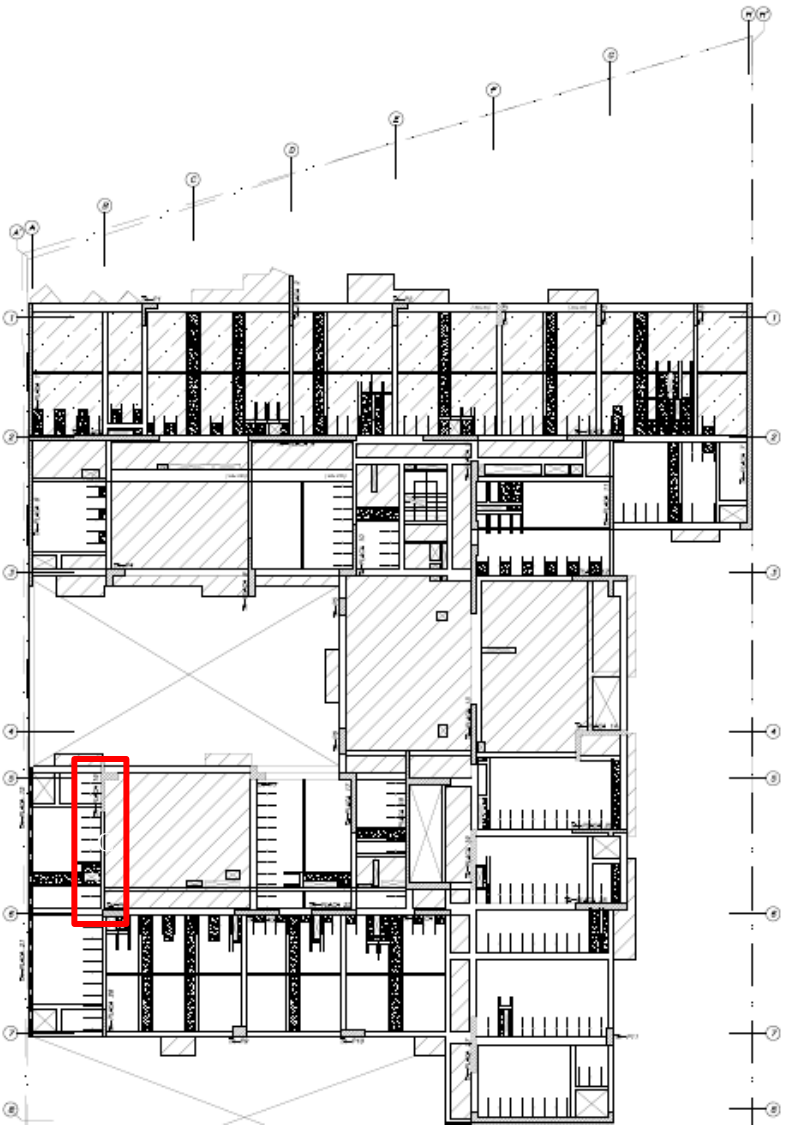
En la siguiente tabla se muestra la verificación del aligerado

TRAMOS	1		
Mu-			
Mu+		1.23	
b cortante (cm)	12.0	12.0	12.0
b flexión (cm)	62.5	62.5	62.5
d (cm)	19.5	19.5	19.5
f'c	210	210	210
ku	0.0	5.2	0.0
w	0.0	0.0	0.0
ro	0.0	0.0	0.0
As nec.	0.0	1.7	0.0
As (sup.)	0.00		0.00
As (inf.)		1.70	
As col (cm2)		2.08	
Vu	1.08		1.23
ØVC	1.68		1.68
ØVC>Vu	ok		ok

Como se puede observar en la tabla *el diseño por flexión y cortante es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

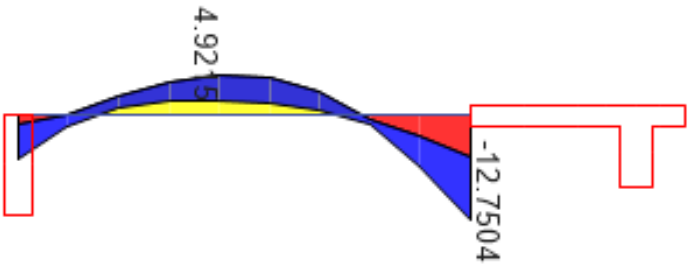
b) Diseño de vigas

En la siguiente imagen se muestra el encofrado del piso típico del **Edificio Torre A** donde se indica la viga a analizar:

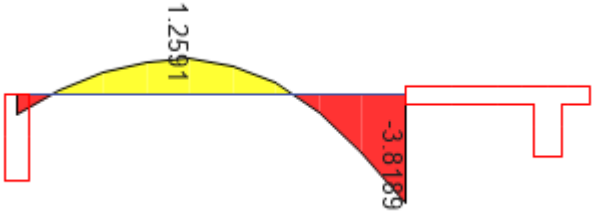


Ubicación de la viga V-14

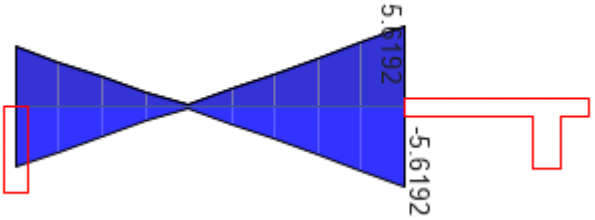
A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la viga V-14:



Carga muerta

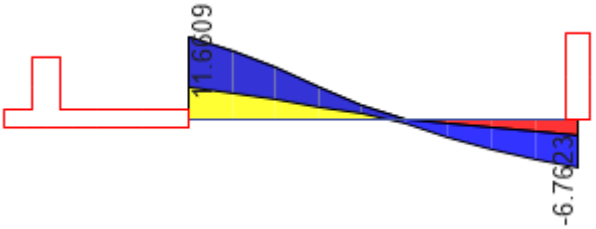


Carga viva

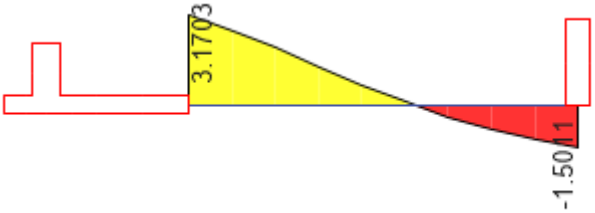


Sismo

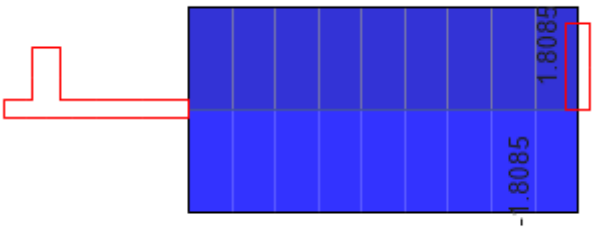
Diagrama de momentos flectores



Carga muerta

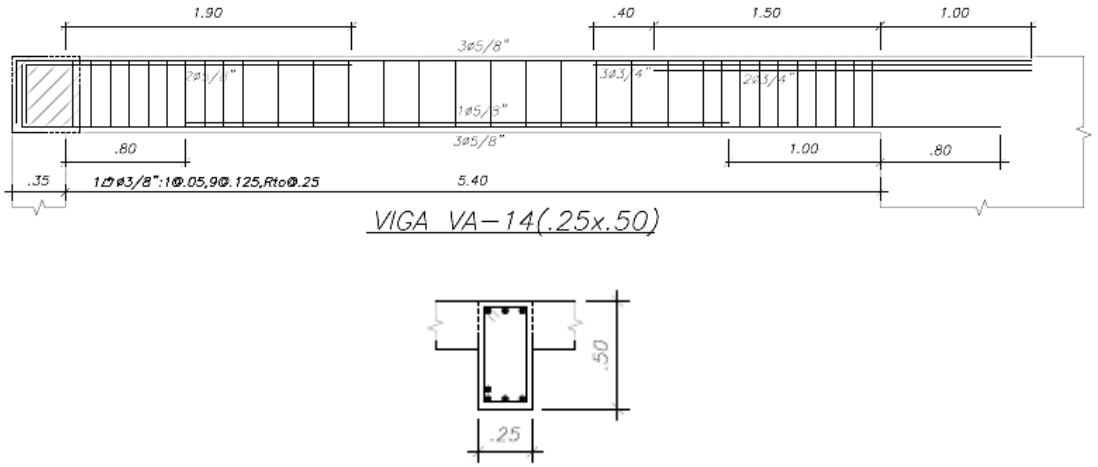


Carga viva



Sismo
Diagrama de fuerzas cortantes

A continuación, se muestra el detalle de acero de la viga:

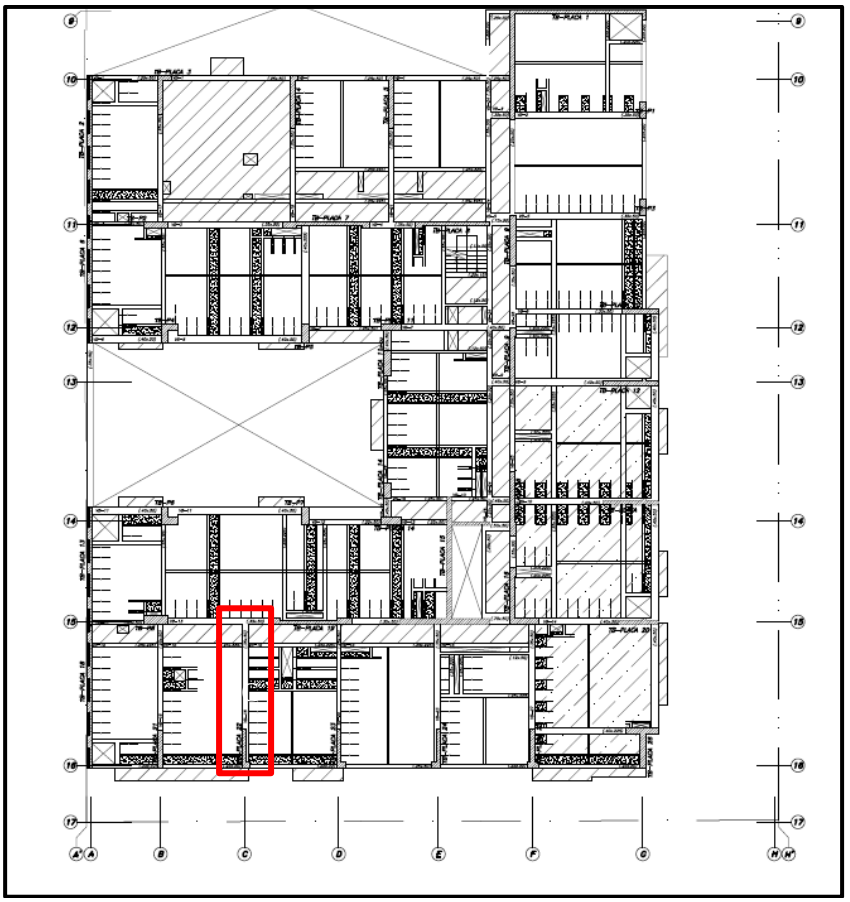


En la siguiente tabla se muestra la verificación de la viga V-14

	VA-14	L=	5.5							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L (m)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
b (cm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d (cm)	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
d' (cm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
A's- (cm2)	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6
A's+ (cm2)	10	10	10	6	6	6	6	20.2	20.2	20.2
f'c (kg/cm2)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
fy (kg/cm2)	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ϕ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ENV M- (ton.m)	-11.98	-5.04	-1.28	0.00	0.00	-1.06	-2.37	-5.75	-15.08	-26.54
ENV M+ (ton.m)	3.36	3.63	5.94	7.76	9.04	8.59	6.43	3.00	2.35	2.23
V 1.4D+1.7L (ton.m)	13.04	11.06	8.53	5.45	1.81	3.98	8.73	13.62	17.97	21.77
V 1.25(D+L) (ton.m)	11.17	9.48	7.32	4.68	1.57	3.37	7.43	11.62	15.34	18.59
Vs (ton)	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
As máx (sin A's)	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73
a	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75
Mn1 (sin A's)	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98	23.98
f´s	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152
Mn2 (As'-) (ton.m)	8.57	8.57	8.57	11.42	11.42	11.42	11.42	8.57	8.57	8.57
Mn2 (As'+) (ton.m)	14.28	14.28	14.28	8.57	8.57	8.57	8.57	28.85	28.85	28.85
Mn1 + Mn2 (As'-) (ton.m)	32.55	32.55	32.55	35.41	35.41	35.41	35.41	32.55	32.55	32.55
Mn1 + Mn2 (As'+) (ton.m)	38.26	38.26	38.26	32.55	32.55	32.55	32.55	52.83	52.83	52.83
M máx. (-) (ton.m)	29.30	29.30	29.30	31.87	31.87	31.87	31.87	29.30	29.30	29.30
M máx. (+) (ton.m)	34.44	34.44	34.44	29.30	29.30	29.30	29.30	47.55	47.55	47.55
ku-	27	11	3	0	0	2	5	13	34	60
ku+	8	8	13	18	20	19	15	7	5	5
w-	0.116	0.047	0.012	0.000	0.000	0.010	0.022	0.053	0.149	0.288
w+	0.031	0.033	0.055	0.073	0.086	0.081	0.060	0.027	0.021	0.020
ro-	0.77%	0.31%	0.08%	0.00%	0.00%	0.06%	0.14%	0.36%	0.99%	1.92%
ro+	0.21%	0.22%	0.37%	0.49%	0.57%	0.54%	0.40%	0.18%	0.14%	0.14%
As nec.- (cm2)	8.1	3.3	0.8	0.0	0.0	0.7	1.5	3.7	10.4	20.1
As nec.+ (cm2)	2.2	2.3	3.9	5.1	6.0	5.7	4.2	1.9	1.5	1.4
As col.- (cm2)	10	10	10	6	6	6	6	20.2	20.2	20.2
As col.+ (cm2)	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6
ro-	0.95%	0.95%	0.95%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	1.92%	1.92%	1.92%
ro+	0.57%	0.57%	0.57%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.57%	0.57%	0.57%
w-	0.143	0.143	0.143	0.086	0.086	0.086	0.086	0.289	0.289	0.289
w+	0.086	0.086	0.086	0.114	0.114	0.114	0.114	0.086	0.086	0.086
	0.131	0.131	0.131	0.081	0.081	0.081	0.081	0.239	0.239	0.239
	0.081	0.081	0.081	0.107	0.107	0.107	0.107	0.081	0.081	0.081
Mn (-) (ton.m)	16.2	16.2	29.6							
Mn (+) (ton.m)	10.0	10.0	10.0							
Vu cap. (ton)	15.7669		23.187							
ENV Vu (ton)	15.77		23.187							
ØVC	6.9		6.9							
Vs	10.5		19.2							
Ramas	2		2	2		2	2		2	2
s-8mm	16.8		9.2							
s-3/8	23.9		13.0							
s-1/2	43.4		23.7							
s-5/8	67.0		36.5							
Vu max	33.6		33.6							

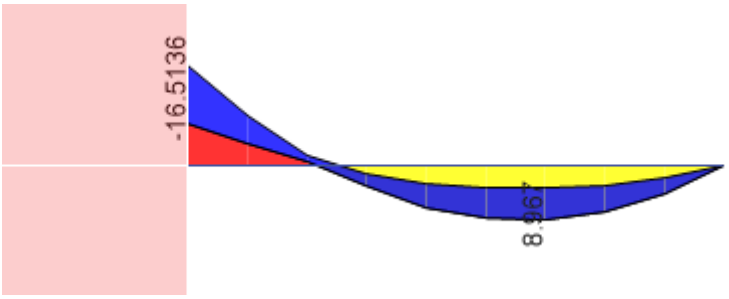
Como se puede observar en la tabla *el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

En la siguiente imagen se muestra el encofrado del piso típico del **Edificio Torre B** donde se indica la viga a analizar:

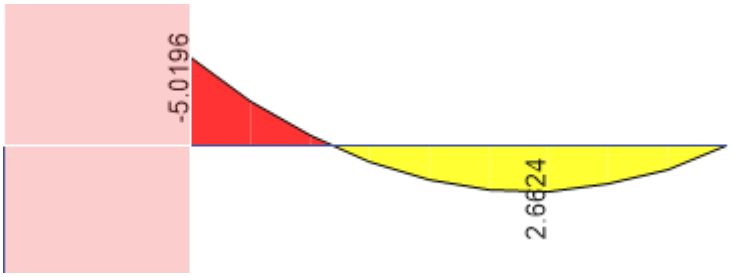


Ubicación de la viga V-18

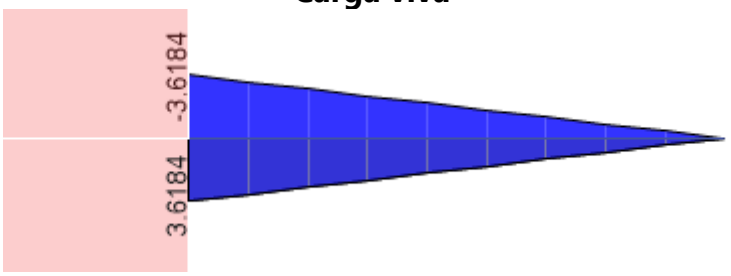
A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la viga V-18:



Carga muerta

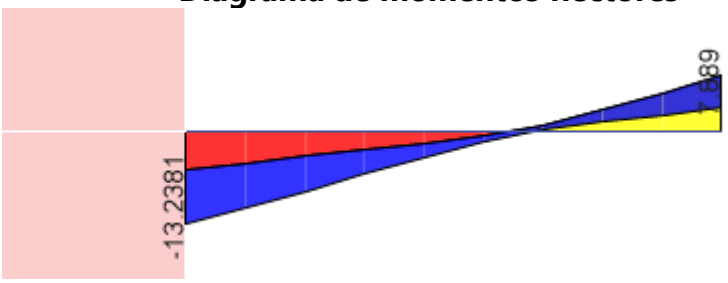


Carga viva

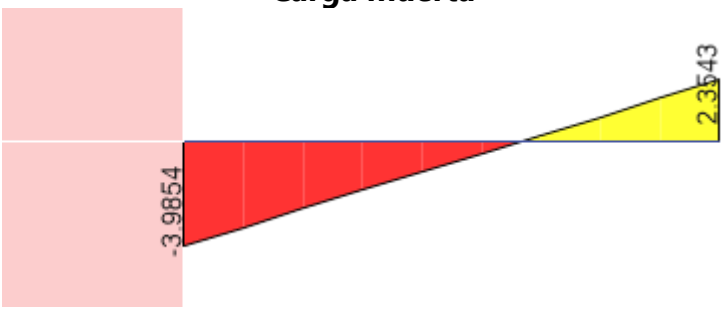


Sismo

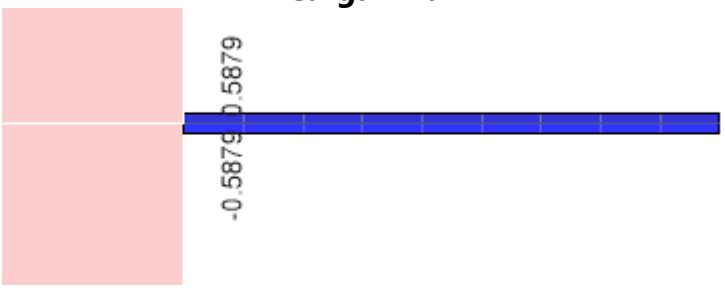
Diagrama de momentos flectores



Carga muerta



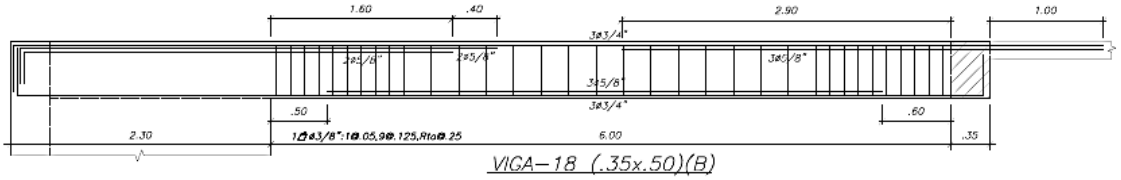
Carga viva



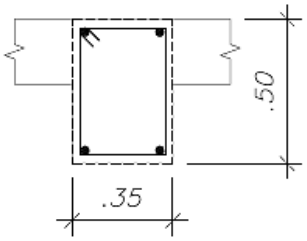
Sismo

Diagrama de fuerzas cortantes

A continuación, se muestra el detalle de acero de la viga:



VIGA–18 (.35x.50)(B)



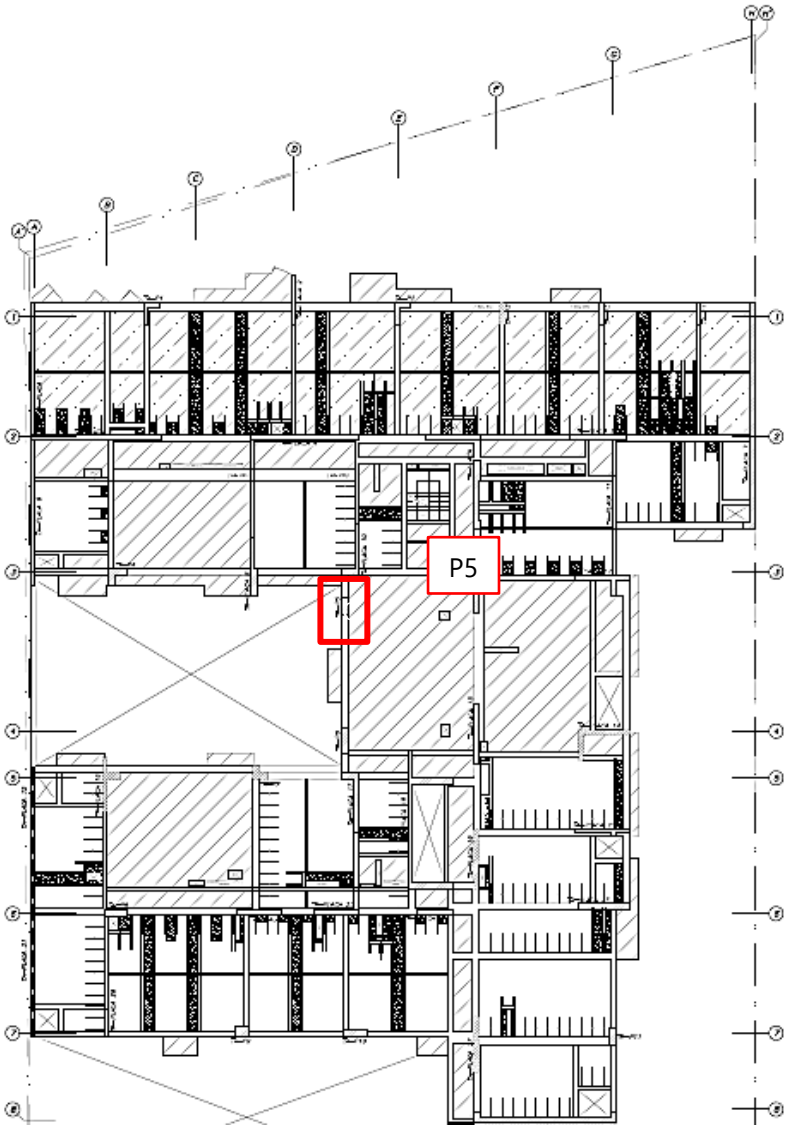
En la siguiente tabla se muestra la verificación de la viga V-18

	VB-18	L=	6.2							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L (m)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
b (cm)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
d (cm)	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
d' (cm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
A's- (cm2)	8.52	8.52	8.52	8.52	12.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52
A's+ (cm2)	25.56	25.56	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52
f'c (kg/cm2)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
fy (kg/cm2)	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ϕ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ENV M- (ton.m)	-31.65	-16.24	-5.08	-1.23	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ENV M+ (ton.m)	0.14	1.25	2.08	7.78	13.25	16.73	17.14	14.49	8.78	0.00
V 1.4D+1.7L (ton.m)	25.31	20.83	16.35	11.86	7.38	2.90	1.63	6.11	10.60	15.08
V 1.25(D+L) (ton.m)	21.53	17.72	13.90	10.09	6.28	2.47	1.39	5.20	9.02	12.83
Vs (ton)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
As máx (sin A's)	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43
a	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75	15.75
Mn1 (sin A's)	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58
f´s	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152
Mn2 (As'-) (ton.m)	12.17	12.17	12.17	12.17	17.88	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17
Mn2 (As'+) (ton.m)	36.50	36.50	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17
Mn1 + Mn2 (As'-) (ton.m)	45.74	45.74	45.74	45.74	51.46	45.74	45.74	45.74	45.74	45.74
Mn1 + Mn2 (As'+) (ton.m)	70.08	70.08	45.74	45.74	45.74	45.74	45.74	45.74	45.74	45.74
M máx. (-) (ton.m)	41.17	41.17	41.17	41.17	46.31	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17
M máx. (+) (ton.m)	63.07	63.07	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17
ku-	51	26	8	2	1	0	0	0	0	0
ku+	0	2	3	13	21	27	28	23	14	0
w-	0.236	0.112	0.033	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
w+	0.001	0.008	0.014	0.052	0.090	0.115	0.118	0.099	0.058	0.000
ro-	1.58%	0.74%	0.22%	0.05%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ro+	0.01%	0.05%	0.09%	0.34%	0.60%	0.77%	0.79%	0.66%	0.39%	0.00%
As nec.- (cm2)	23.2	10.9	3.3	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
As nec.+ (cm2)	0.1	0.8	1.3	5.1	8.8	11.3	11.6	9.7	5.7	0.0
As col.- (cm2)	25.56	25.56	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52
As col.+ (cm2)	8.52	8.52	8.52	8.52	12.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52
ro-	1.74%	1.74%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%
ro+	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.85%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%
w-	0.261	0.261	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
w+	0.087	0.087	0.087	0.087	0.128	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
	0.221	0.221	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
	0.082	0.082	0.082	0.082	0.118	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
Mn (-) (ton.m)	38.1	38.1	14.3							
Mn (+) (ton.m)	14.3	14.3	14.3							
Vu cap. (ton)	23.0756		14.3758							
ENV Vu (ton)	25.31		15.077							
ØVC	9.6		9.6							
Vs	18.5		6.4							
Ramas	2		2							
s-8mm	9.5		27.4							
s-3/8	13.6		38.9							
s-1/2	24.6		70.6							
s-5/8	38.0		108.9							
Vu max	47.1		47.1							

Como se puede observar en la tabla *el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

c) Diseño de columnas

En la siguiente imagen se muestra un encofrado típico donde se indica la columna del **Edificio Torre A** a verificar bajo flexo-compresión biaxial:



A continuación, se muestra el metrado de cargas y verificación de la columna:

PISO	B XX (m)	L XX (m)	B YY (m)	L YY (m)	h piso (m)	AT (m2)	f´c (kg/cm2)	CM (ton/m2)	CV (ton/m2)	PP (ton)	CM/piso (ton)	CV/piso (ton)	(CM+CV) /piso (ton) (3)	(3)/AT (ton/m2)	CM acum. (ton)	CV acum. (ton)	CM+CV acum. (ton)	ÁREA (cm2)	Pu/piso (ton)	Pu acum. (ton)	P.serv/Area x f´c	ϕPn (ton)	As (%)	As (cm2)	Pu/ϕPn
SÓTANO 4	0.4	0.92			2.62	20.54	350	0.572	0.25	2.31	14.05	5.14	19.19	0.93	311.2	64.6	375.8	3680	28.4	545.5	42.35	700.0	1.08%	39.76	0.78
SÓTANO 3	0.4	0.92			2.62	20.65	350	0.572	0.25	**2.31**	**14.12**	**5.16**	**19.28**	**0.93**	**297.1**	**59.5**	**356.6**	**3680**	**28.5**	**517.1**	**40.15**	**700.0**	1.08%	**39.76**	0.74
SÓTANO 2	0.4	0.92			2.62	20.65	350	0.572	0.25	2.31	14.12	5.16	19.28	0.93	283.0	54.3	337.3	3680	28.5	488.6	37.93	700.0	1.08%	39.76	0.70
SÓTANO 1	0.4	0.92			2.62	22.85	350	0.741	0.25	2.31	19.25	5.71	24.96	1.09	268.9	49.2	318.0	3680	36.7	460.0	35.72	700.0	**1.08%**	39.76	**0.66**
1 ° PISO	0.4	0.92			**2.62**	**14.76**	350	**0.990**	**0.2**	2.31	16.93	2.95	19.88	1.35	249.6	43.5	293.1	3680	28.7	423.4	32.87	700.0	1.08%	39.76	0.60
2 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	350	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	232.7	40.5	273.2	3680	28.7	394.6	30.64	700.0	1.08%	39.76	0.56
3 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	350	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	215.8	37.6	253.3	3680	28.7	366.0	28.41	700.0	1.08%	39.76	0.52
4 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	350	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	198.9	34.6	233.5	3680	28.7	337.3	26.18	700.0	1.08%	39.76	0.48
5 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	350	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	182.0	31.7	213.6	3680	28.7	308.6	23.96	700.0	1.08%	39.76	0.44
6 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	280	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	165.0	28.7	193.7	3680	28.7	279.9	27.16	578.7	1.08%	39.76	0.48
7 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	280	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	148.1	25.8	173.9	3680	28.7	251.2	24.37	578.7	1.08%	39.76	0.43
8 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	280	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	131.2	22.8	154.0	3680	28.7	222.5	21.59	578.7	1.08%	39.76	0.38
9 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	280	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	114.3	19.9	134.1	3680	28.7	193.8	18.80	578.7	**1.08%**	39.76	**0.33**
10 ° PISO	0.4	0.92			**2.62**	**14.75**	280	**0.990**	**0.2**	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	97.4	16.9	114.3	3680	28.7	165.1	16.02	578.7	1.08%	39.76	0.29
11 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	210	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	80.5	14.0	94.4	3680	28.7	136.4	17.65	457.4	1.08%	39.76	0.30
12 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	210	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	63.5	11.0	74.5	3680	28.7	107.7	13.93	457.4	1.08%	39.76	0.24
13 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	210	**0.990**	0.2	2.31	16.92	2.95	19.87	1.35	46.6	8.1	54.7	3680	28.7	79.0	10.22	430.9	0.76%	**28**	0.18
14 ° PISO	0.4	0.92			2.62	**14.75**	210	**0.940**	0.2	2.31	16.18	2.95	19.13	1.30	29.7	5.1	34.8	3680	27.7	50.3	6.51	430.9	0.76%	**28**	0.12
AZOTEA	0.3	0.52			2.68	**21.59**	210	**0.580**	**0.1**	1.00	13.53	2.16	15.68	0.73	13.5	2.2	15.7	1560	22.6	22.6	6.90	192.0	1.03%	**16**	0.12

Metrado de cargas

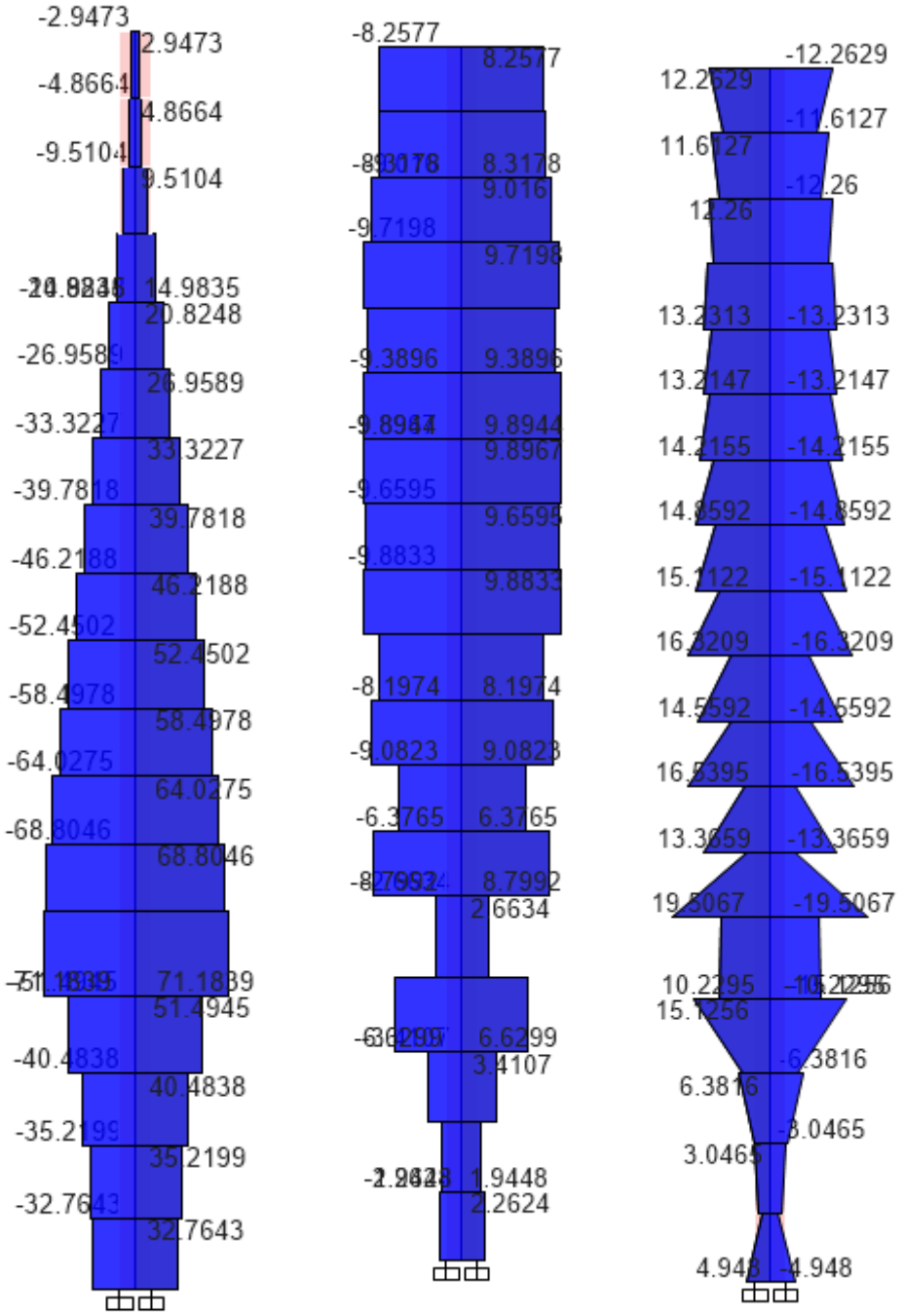
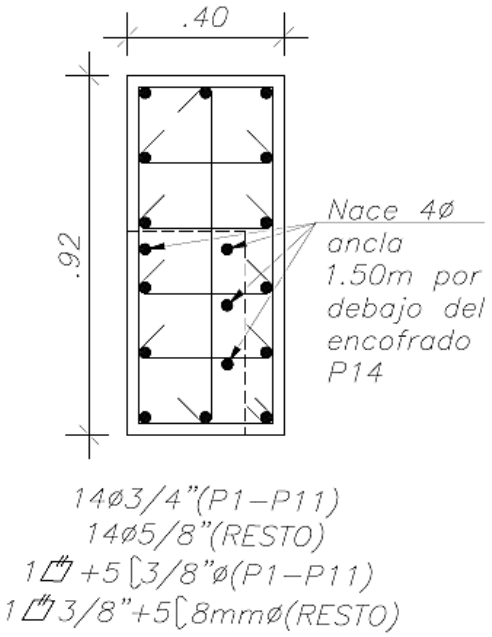
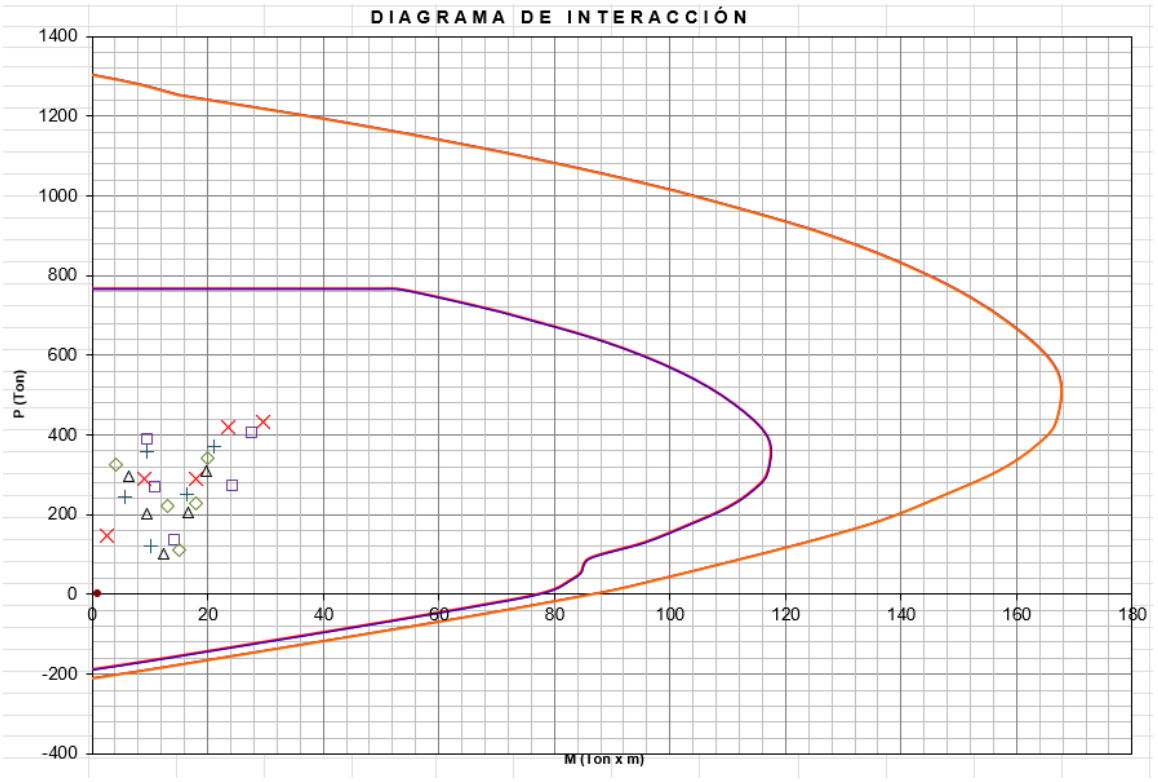


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores

A continuación, se muestra el detalle de acero de la columna:

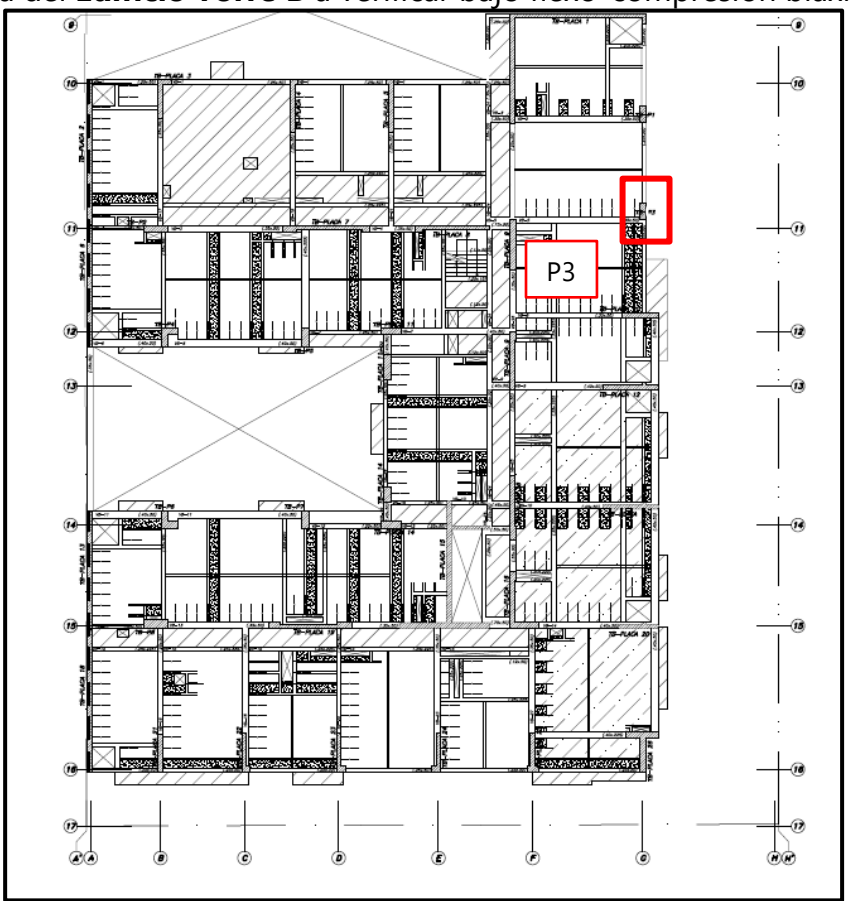


A continuación, se muestra el diagrama de interacción de la columna



Como se puede observar en el diagrama, las combinaciones para carga muerta, viva y sismo se encuentran dentro del diagrama de interacción. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

En la siguiente imagen se muestra un encofrado típico donde se indica la columna del **Edificio Torre B** a verificar bajo flexo-compresión biaxial:



A continuación, se muestra el metrado de cargas y verificación de la columna:

PISO	B XX (m)	L XX (m)	B YY (m)	L YY (m)	h piso (m)	AT (m2)	f´c (kg/cm2)	CM (ton/m2)	CV (ton/m2)	PP (ton)	CM/piso (ton)	CV/piso (ton)	(CM+CV) /piso (ton) (3)	(3)/AT (ton/m2)	CM acum. (ton)	CV acum. (ton)	CM+CV acum. (ton)	ÁREA (cm2)	Pu/piso (ton)	Pu acum. (ton)	P.serv/Area x f´c	ϕPn (ton)	As (%)	As (cm2)	Pu/ϕPn
SÓTANO 3	0.4	0.9			2.62	24.59	350	0.562	0.25	2.26	16.08	6.15	22.23	0.90	321.7	82.4	404.0	3600	33.0	590.4	46.85	680.7	1.03%	37.04	0.87
SÓTANO 2	0.4	0.9			2.62	24.59	350	0.562	0.25	**2.26**	**16.08**	**6.15**	**22.23**	**0.90**	**305.6**	**76.2**	**381.8**	**3600**	**33.0**	**557.4**	**44.24**	**680.7**	1.03%	37.04	0.82
SÓTANO 1	0.4	0.9			2.62	23.89	350	0.720	0.25	2.26	19.46	5.97	25.44	1.06	289.5	70.1	359.6	3600	37.4	524.4	41.62	680.7	1.03%	37.04	0.77
1 ° PISO	0.4	0.9			**2.62**	**22.89**	**350**	**0.792**	**0.2**	2.26	20.39	4.58	24.97	1.09	270.0	64.1	334.1	3600	36.3	487.0	38.65	680.7	**1.03%**	**37.04**	**0.72**
2 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	350	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	249.7	59.5	309.2	3600	34.6	450.7	35.77	680.7	1.03%	**37.04**	0.66
3 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	350	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	230.5	54.9	285.5	3600	34.6	416.1	33.03	680.7	1.03%	**37.04**	0.61
4 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	350	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	211.4	50.4	261.7	3600	34.6	381.5	30.28	680.7	1.03%	**37.04**	0.56
5 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	350	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	192.3	45.8	238.0	3600	34.6	347.0	27.54	680.7	1.03%	**37.04**	0.51
6 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	280	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	173.1	41.2	214.3	3600	34.6	312.4	30.99	562.0	1.03%	**37.04**	0.56
7 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	280	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	154.0	36.6	190.6	3600	34.6	277.8	27.56	562.0	1.03%	**37.04**	0.49
8 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	280	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	134.9	32.0	166.9	3600	34.6	243.3	24.13	562.0	1.03%	**37.04**	0.43
9 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	280	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	115.7	27.5	143.2	3600	34.6	208.7	20.70	562.0	1.03%	**37.04**	0.37
10 ° PISO	0.4	0.9			**2.62**	**22.89**	**280**	**0.737**	**0.2**	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	96.6	22.9	119.5	3600	34.6	174.1	17.27	562.0	**1.03%**	**37.04**	**0.31**
11 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	210	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	77.5	18.3	95.8	3600	34.6	139.6	18.46	443.3	1.03%	**37.04**	0.31
12 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	210	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	58.3	13.7	72.1	3600	34.6	105.0	13.89	431.9	0.89%	**32**	0.24
13 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	210	**0.737**	0.2	2.26	19.13	4.58	23.71	1.04	39.2	9.2	48.3	3600	34.6	70.4	9.31	431.9	0.89%	**32**	0.16
14 ° PISO	0.4	0.9			2.62	**22.89**	210	**0.777**	0.2	2.26	20.05	4.58	24.63	1.08	20.0	4.6	24.6	3600	35.9	35.9	4.74	431.9	0.89%	**32**	0.08

Metrado de cargas

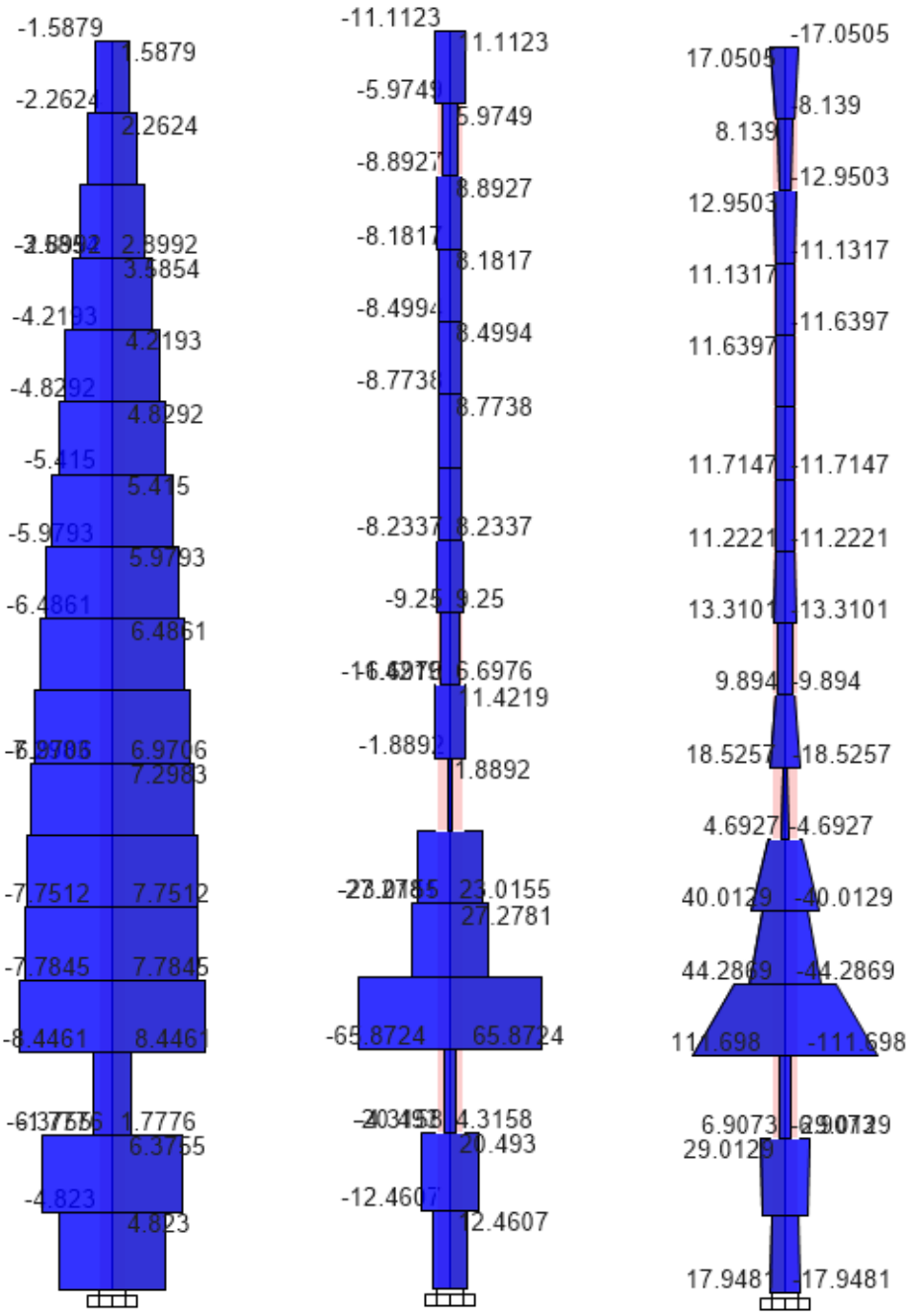
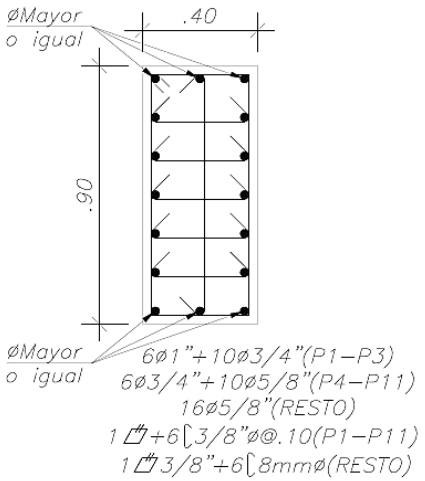
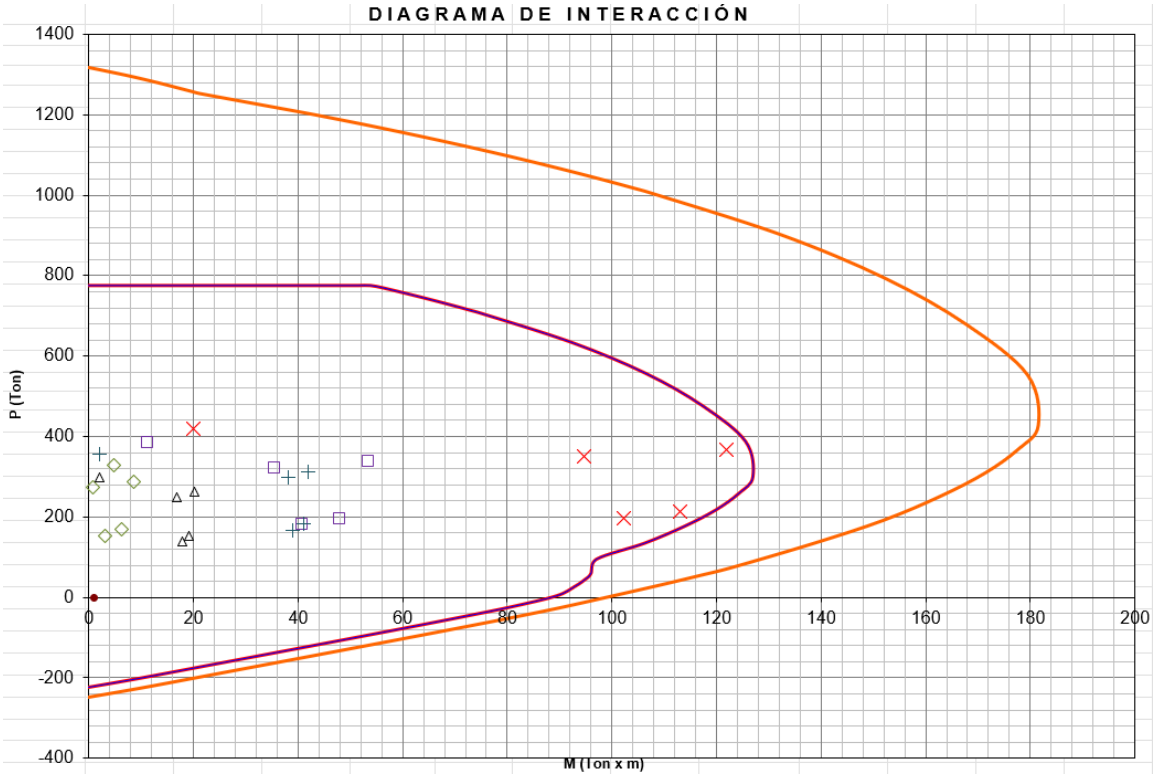


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores

A continuación, se muestra el detalle de acero de la columna:



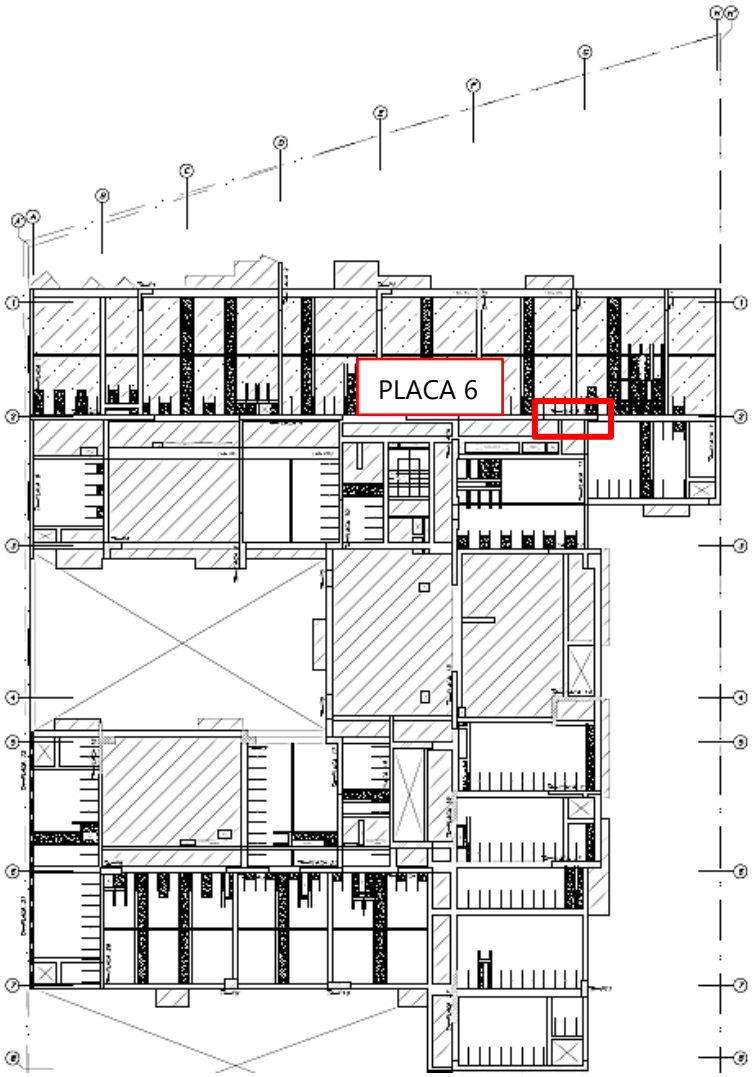
A continuación, se muestra el diagrama de interacción de la columna



Como se puede observar en el diagrama, las combinaciones para carga muerta, viva y sismo se encuentran dentro del diagrama de interacción. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

d) Diseño de placas

En la siguiente imagen se muestra un encofrado típico donde se indica la placa del **Edificio Torre A** a verificar:



Ubicación de Placa 6 Edificio Torre A

A continuación, se muestran las cargas obtenidas del análisis de la placa:

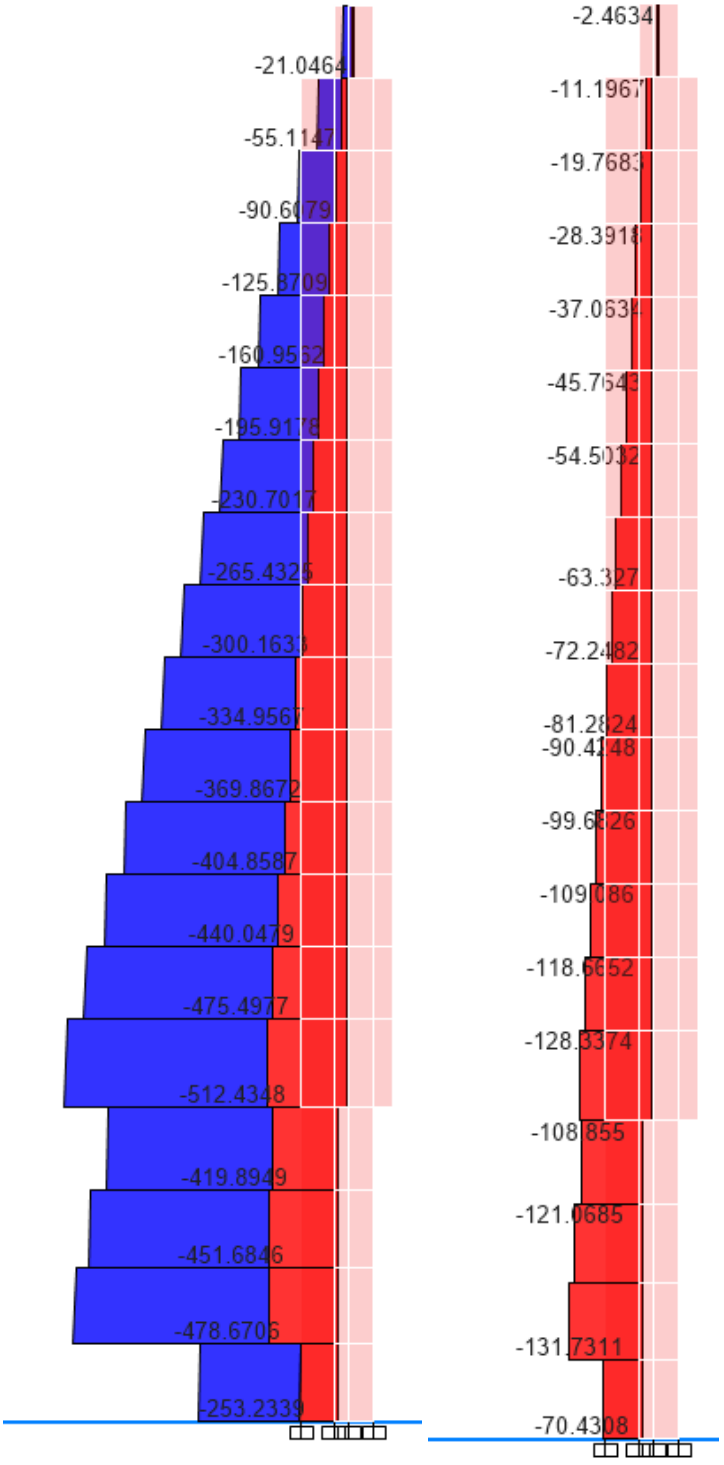


Diagrama de cargas axiales por cargas de gravedad (Carga muerta y carga viva)

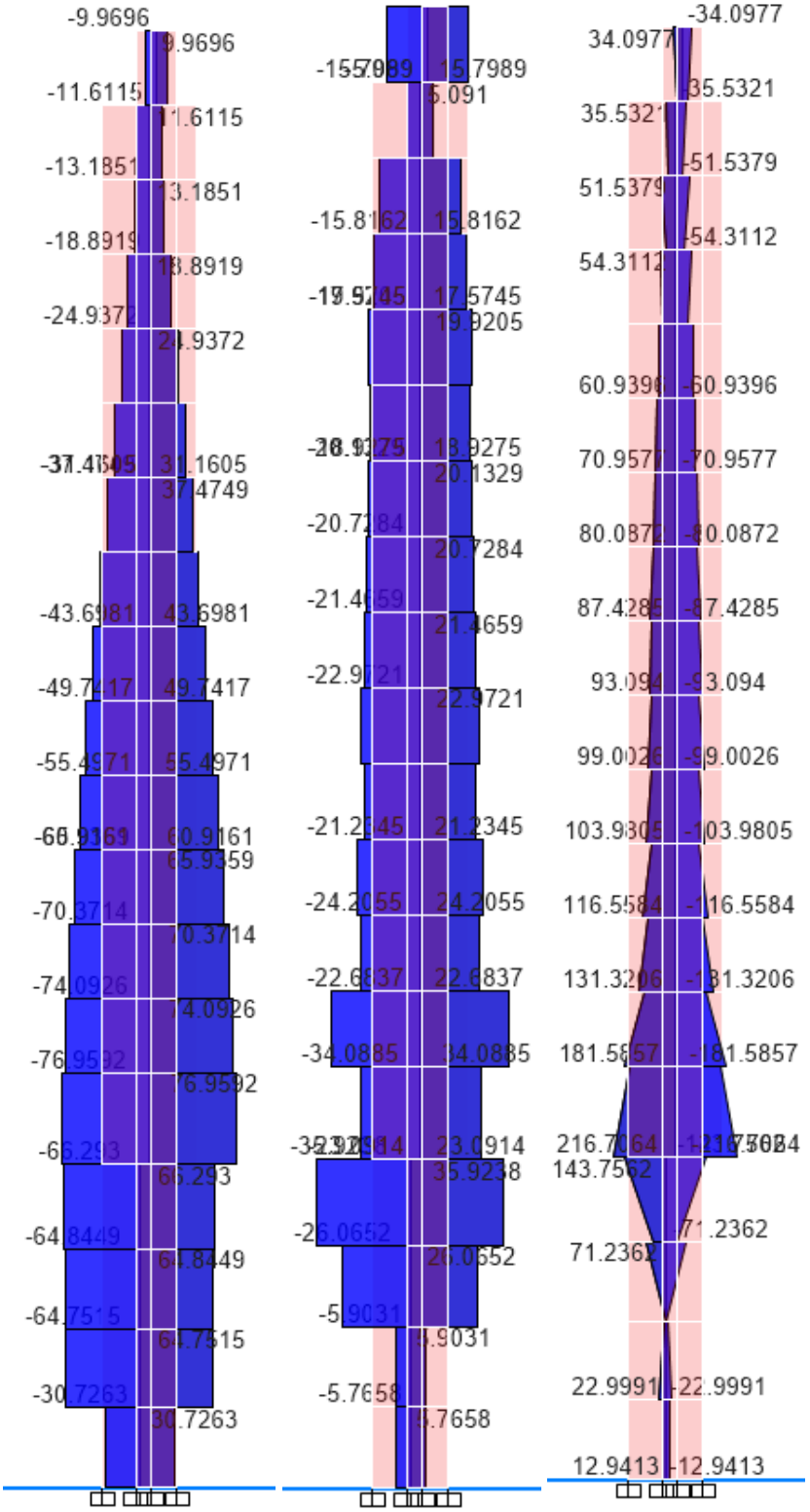
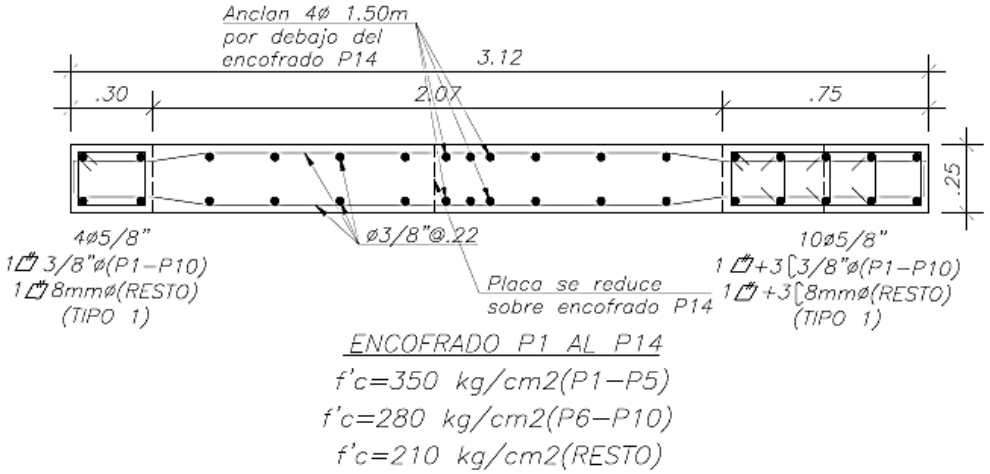


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momento flector por cargas de sismo

A continuación, se muestra el detalle de acero de la placa 6



Acero distribuido horizontal y vertical

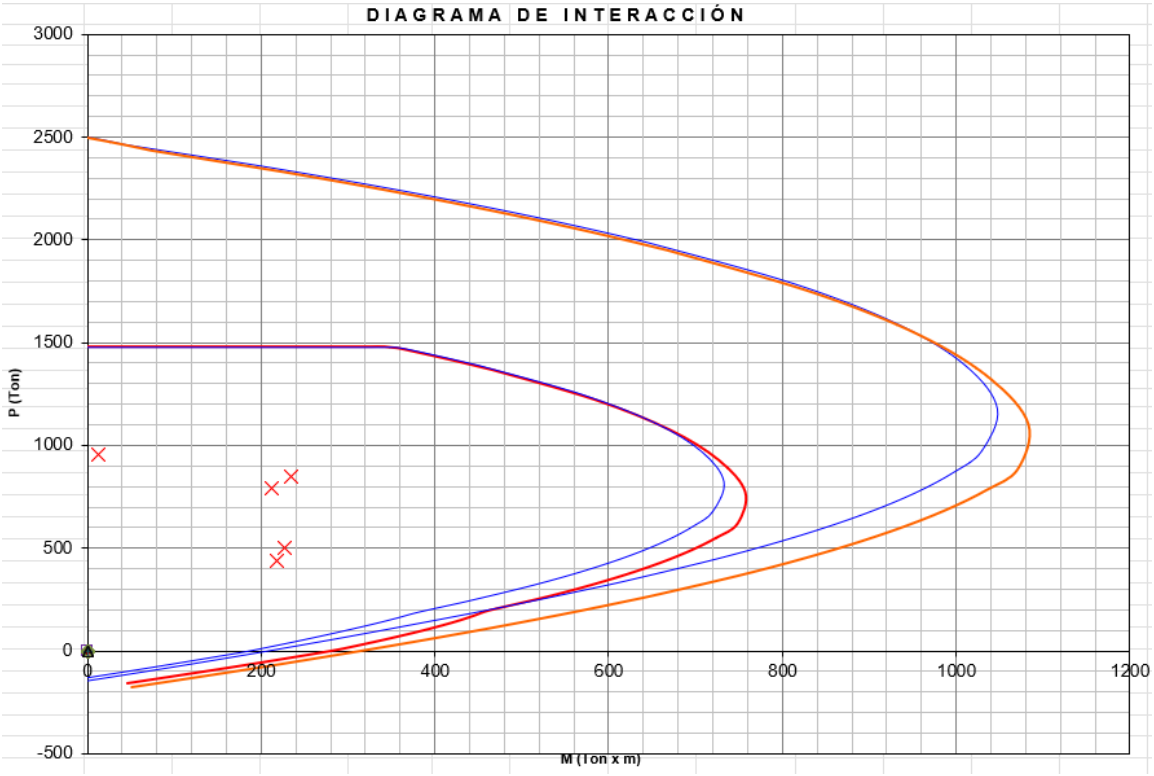
Acero distribuido horizontal: Ø3/8" espaciado cada 22.0 cm

Acero distribuido vertical: Ø3/8" espaciado cada 22.0 cm

En la siguiente imagen se muestran las cargas y combinaciones de carga obtenidas del análisis:

	CARGAS		
	P	M	V
	Ton	Ton.m	Ton
Muerta	522.91	4.79	12.31
Viva	132.99	3.79	4.67
Sismo	29.79	223.06	25.96

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de interacción de la placa 6 en el piso 1



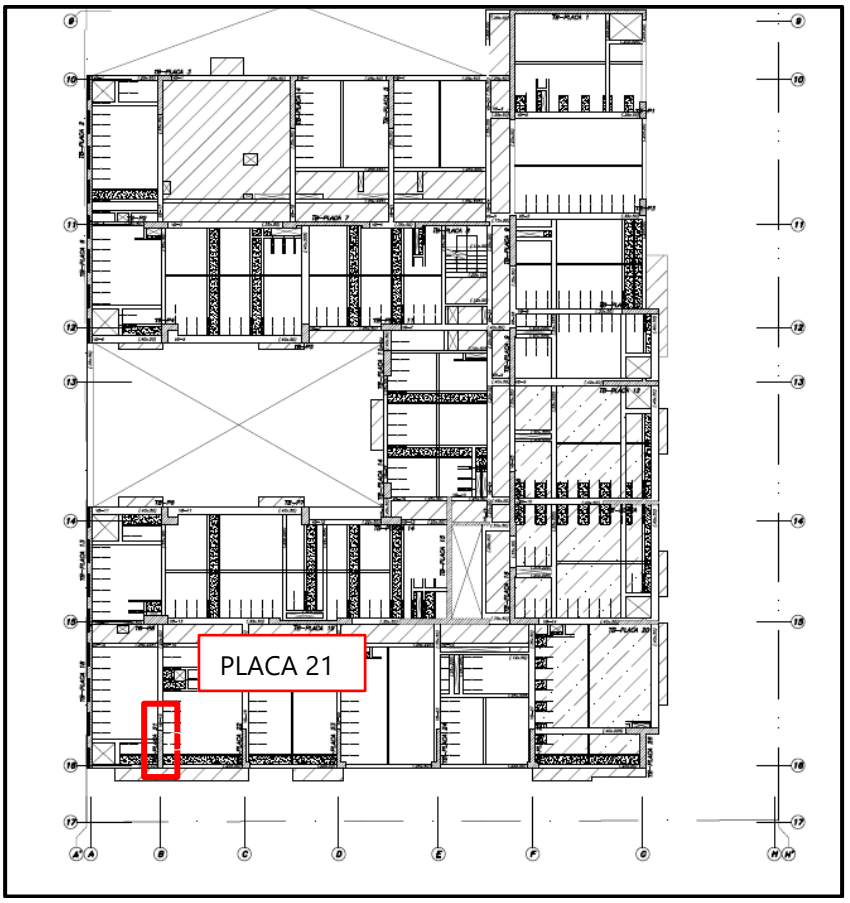
Como se puede observar en el diagrama, las combinaciones para carga muerta, viva y sismo se encuentran dentro del diagrama de interacción. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

A continuación, se demuestra la verificación por cortante:

	DISEÑO POR CORTE		
	1.25(M+V)+S	1.25(M+V)-S	0.9M-S
¿Capacidad?		SI	
Escala	3.00	3.00	2.88
Vcap (ton)	99.11	56.67	63.67
alpha	0.53	0.53	0.53
Vc (ton)	77.34	77.34	77.34
f Vc	65.74	65.74	65.74
f Vn máx.	328.70	328.70	328.70
VS (ton)	39.26	-10.67	-2.44
Nº de capas	2		
s (8mm)(cm)	33.4	-122.8	-538.0
s (3/8")(cm)	47.4	-174.4	-763.9
s (1/2")(cm)	86.1	-316.8	-1388.0
s (5/8")(cm)	133.5	-491.2	-2152.0
	0.5Vc<Vu		**SI**

En el recuadro rojo se encierra el espaciamiento requerido por cortante para varillas de 3/8"; sin embargo, el espaciamiento indicado en el detalle de la placa 6 de la torre A es de 22.0 cm. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

En la siguiente imagen se muestra un encofrado típico donde se indica la placa del **Edificio Torre B** a verificar:



Ubicación de Placa 21 Edificio Torre B

A continuación, se muestran las cargas obtenidas del análisis de la placa 21:

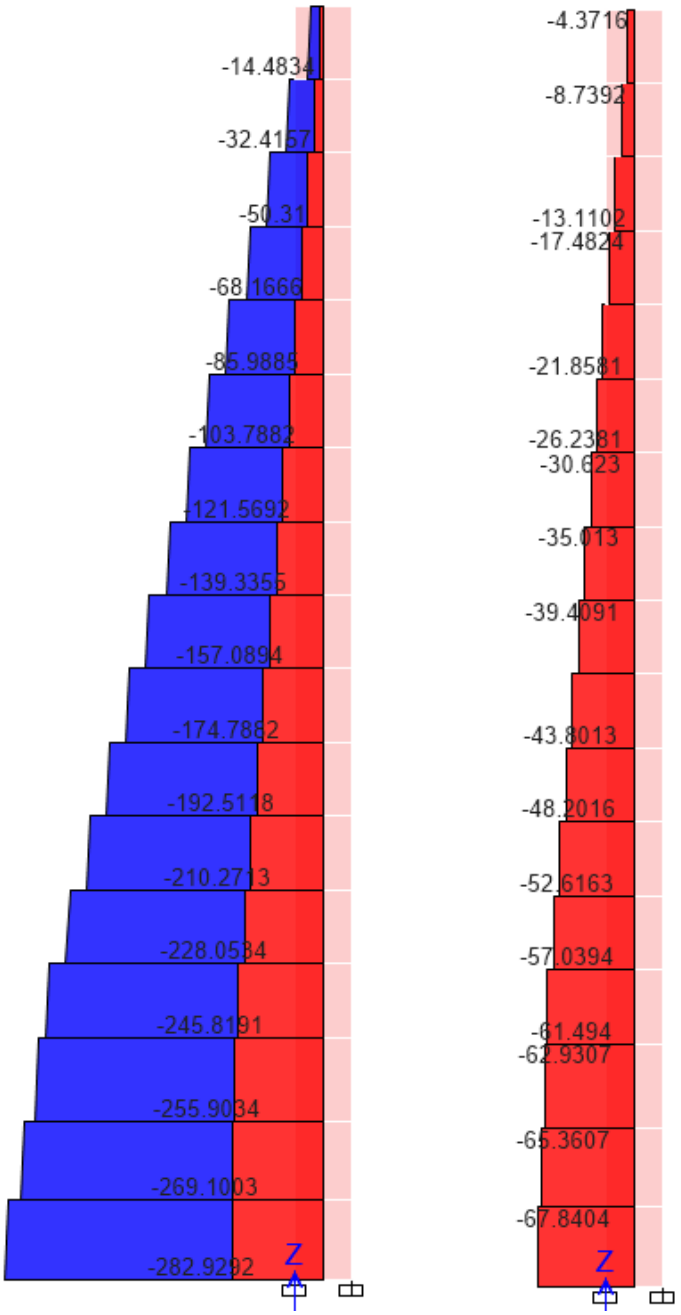


Diagrama de cargas axiales por cargas de gravedad (Carga muerta y carga viva)

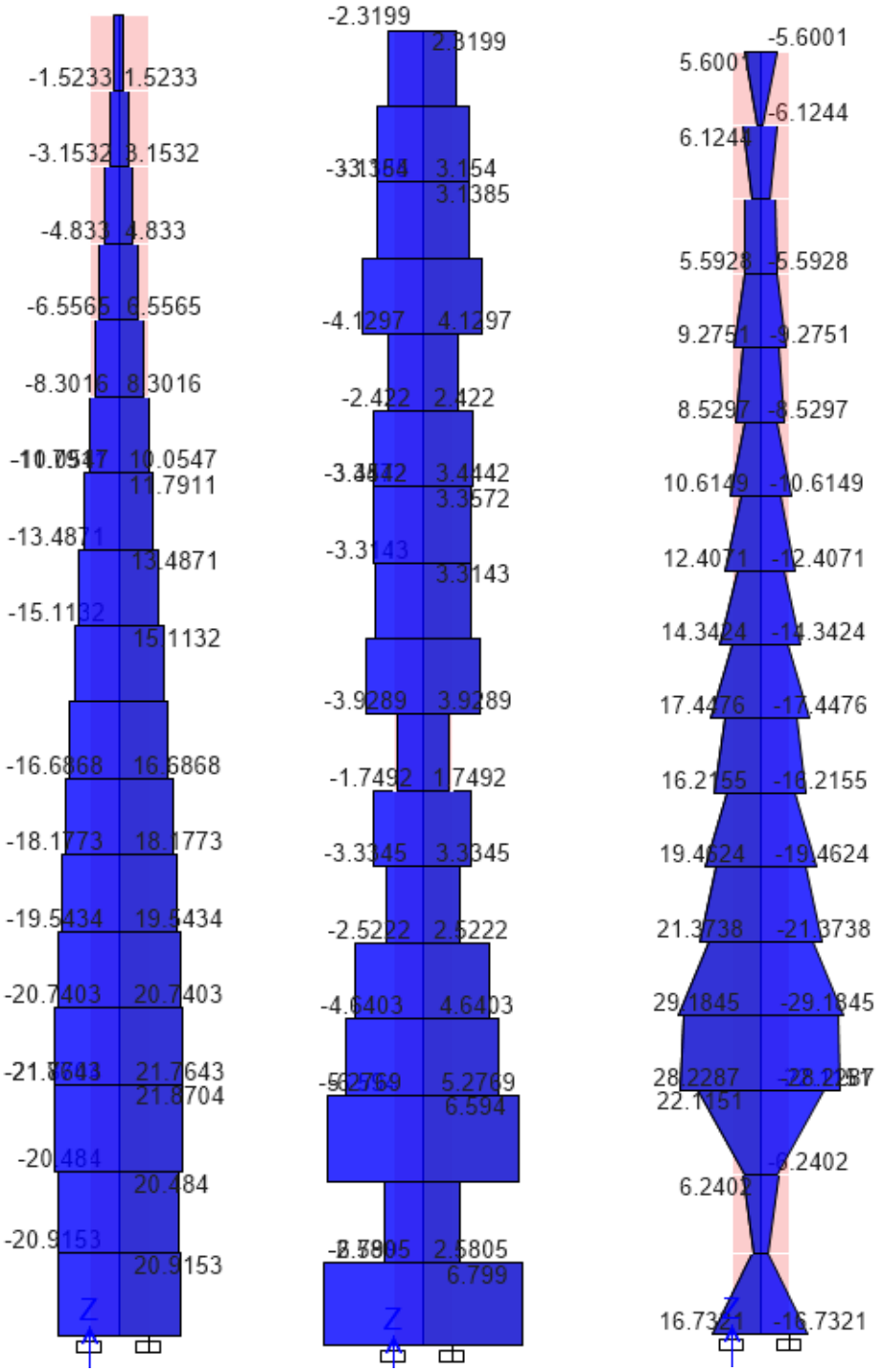
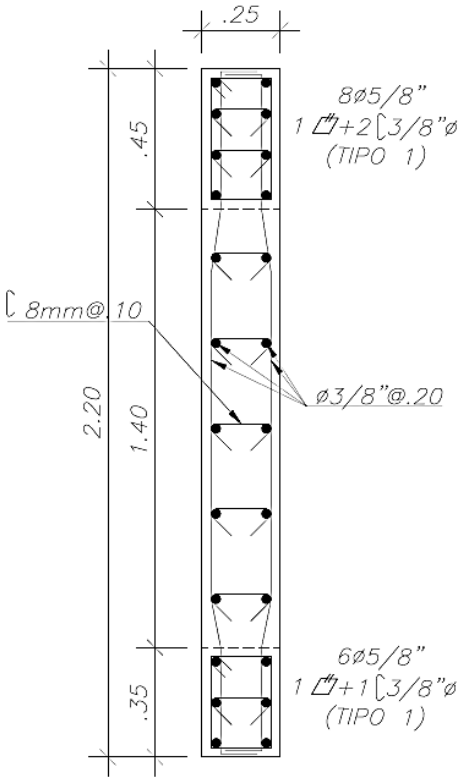


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momento flector por cargas de sismo

A continuación, se muestra el detalle de acero de la placa



ENCOFRADO P1 AL P2

f'c=350 kg/cm2

Acero distribuido horizontal y vertical

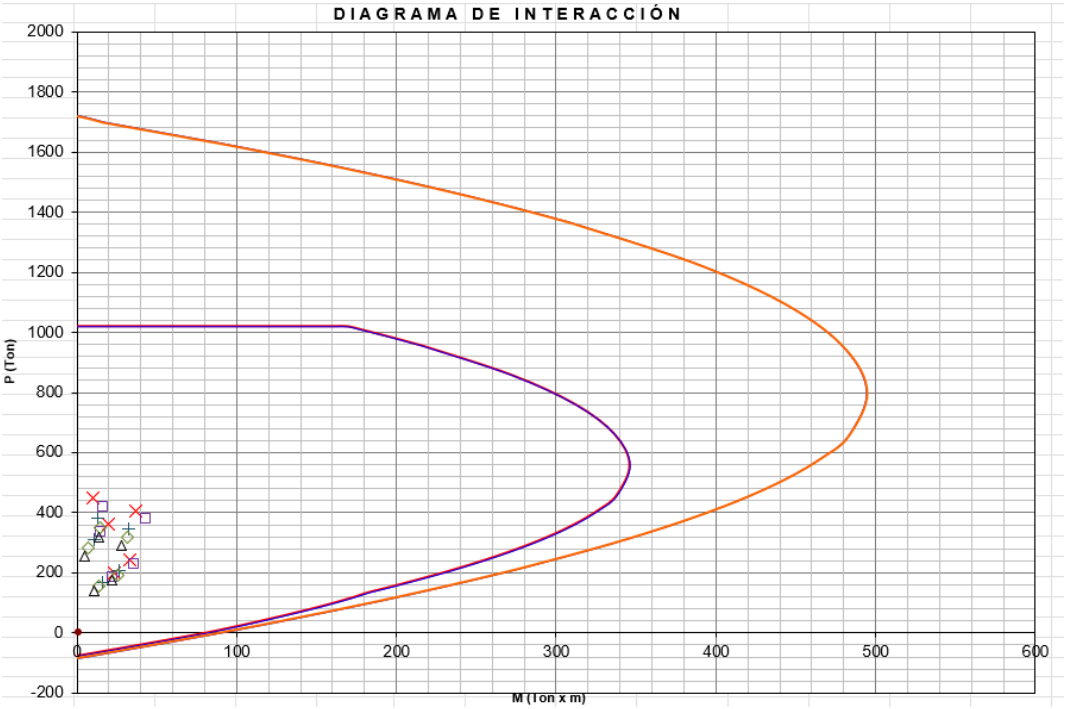
Acero distribuido horizontal: Ø3/8" espaciado cada 20.0 cm

Acero distribuido vertical: Ø3/8" espaciado cada 20.0 cm

En la siguiente imagen se muestran las cargas y combinaciones de carga obtenidas del análisis:

	CARGAS		
	P	M	V
	Ton	Ton.m	Ton
Muerta	245.82	5.09	5.99
Viva	61.49	1.83	1.35
Sismo	21.76	28.23	2.51

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de interacción de la placa 21 en el piso 1.



Como se puede observar en el diagrama, las combinaciones para carga muerta, viva y sismo se encuentran dentro del diagrama de interacción. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

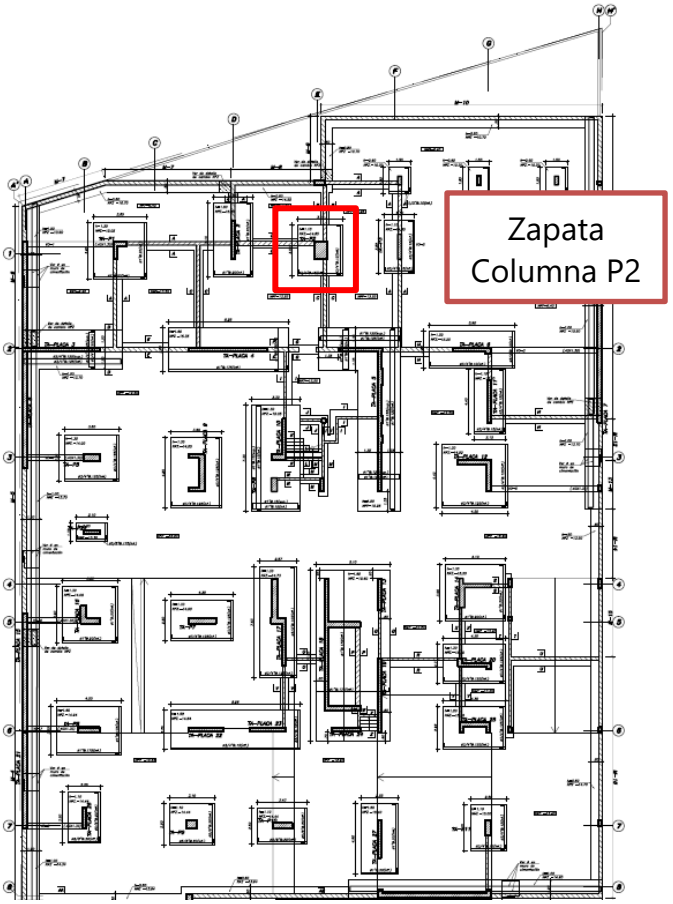
A continuación, se demuestra la verificación por cortante:

	DISEÑO POR CORTE		
	1.25(M+V)+S	1.25(M+V)-S	0.9M-S
¿Capacidad?		SI	
Escala	3.00	3.00	3.00
Vcap (ton)	16.71	1.63	2.15
alpha	0.53	0.53	0.53
Vc (ton)	54.53	54.53	54.53
f Vc	46.35	46.35	46.35
f Vn máx.	231.77	231.77	231.77
VS (ton)	-34.87	-52.62	-52.01
Nº de capas	2		
s (8mm)(cm)	-26.5	-17.6	-17.8
s (3/8")(cm)	-37.6	-24.9	-25.2
s (1/2")(cm)	-68.4	-45.3	-45.8
s (5/8")(cm)	-106.0	-70.2	-71.1
	0.5Vc<Vu		**NO**

En el recuadro rojo se encierra el espaciamiento requerido por cortante para varillas de 3/8"; sin embargo, el espaciamiento indicado en el detalle de la placa 21 de la torre B es de 20.0 cm. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

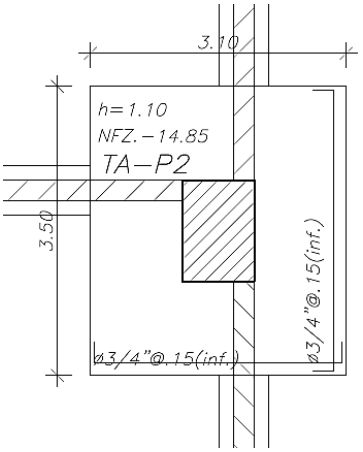
e) Diseño de zapatas

En la siguiente imagen se muestra la planta de cimentación del **Edificio Torre A** donde se indica la zapata a verificar:



Ubicación de Zapata Columna 2

En la siguiente imagen se muestra el detalle del cimiento a verificar:

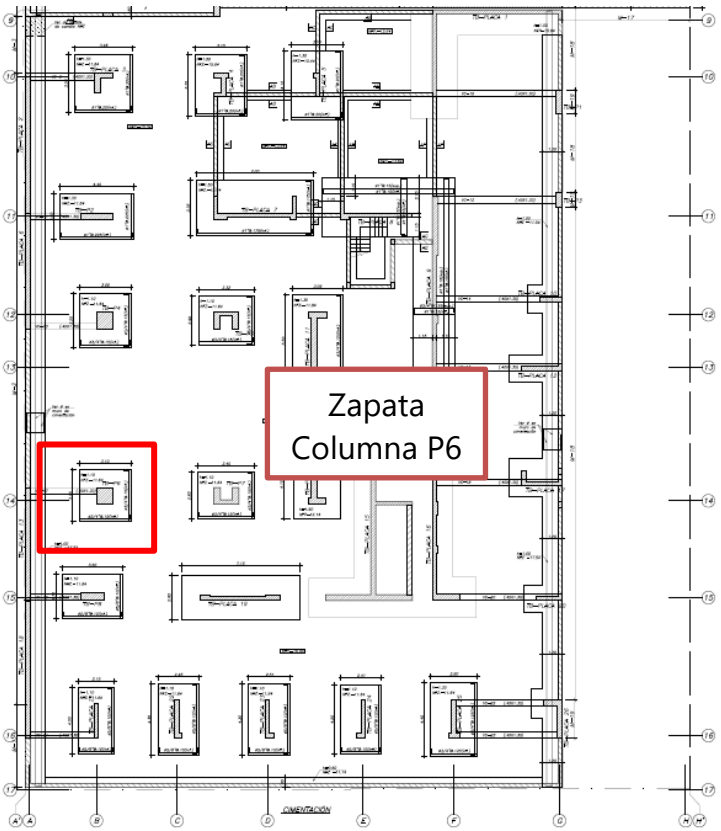


En la siguiente tabla se muestra el análisis y verificación de la zapata aislada con momento.

DISEÑO DE ZAPATA AISLADA			
σadm	60.00	ton/m2	Esfuerzo admisible del terreno
Volado	1.15	m	
h	**1.10**	**m**	**Altura de zapata**
f'c	210	kg/cm2	Resistencia a la compresión del concreto
d	1	m	Distancia del acero en tracción al borde comprimido
L	3.2	m	Largo de zapata
B	3.6	m	Ancho de zapata
A	11.5	m2	Área de zapata
pp	30.4	ton	Peso propio de zapata
σbase	55.01	ton/m2	Esfuerzo en la base
σcmu	1.58	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	**0.00**	**ton/m2**	**Esfuerzo último por carga viva**
σcmu	62.85	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	17.21	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σu	80.06	ton/m2	Esfuerzo último total
PUNZONAMIENTO			
Pu	879.7	ton	Carga última que baja por columna
Vu	547.3	ton	
b	0.87	m	Ancho de columna
l	1.22	m	Largo de columna
A0	4.15	m2	ärea de carga
b0	8.18	m	Perímetro resistente a punzonamiento
λs	0.63		Factor de efecto de tamaño
Vn1	794.7	ton	Resistencia 1 nominal a punzonamiento
φVn1	675.5	ton	Resistencia 1 de diseño a punzonamiento
β	1.4		Factor de forma
Vn2	964.1	ton	Resistencia 2 nominal a punzonamiento
φVn2	819.4	ton	Resistencia 2 de diseño a punzonamiento
α	40.0		
Vn3	1394.7	ton	Resistencia 3 nominal a punzonamiento
φVn3	1185.5	ton	Resistencia 3 de diseño a punzonamiento
φVn	675.49	ton	Resistencia de diseño a punzonamiento
FLEXIÓN			
Mu1	52.9	ton.m	Momento último por esfuerzo admisible
Mu2	57.5	ton.m	Momento último por carga de columna
Ku	5.8		
w	0.031		
ro	0.16%		
As	15.50	cm2	Acero necesario
CORTE			
Vu	12.01	ton	Fuerza cortante última
φVc	65.28	ton	Resistencia de diseño al corte

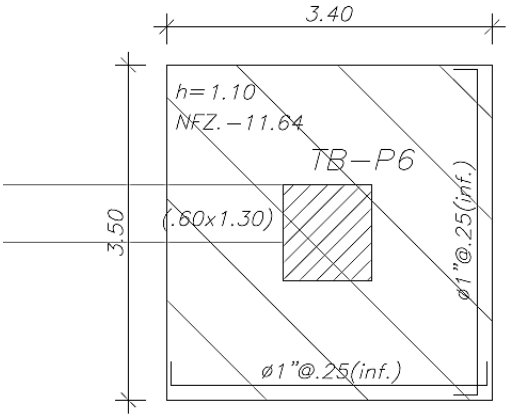
Como se puede observar se verificó la zapata por esfuerzos. *Se verificó que el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

En la siguiente imagen se muestra la planta de cimentación del **Edificio Torre B** donde se indica la zapata a verificar:



Ubicación de Zapata Columna 6

En la siguiente imagen se muestra el detalle del cimiento a verificar:



En la siguiente tabla se muestra el análisis y verificación de la zapata aislada con momento.

DISEÑO DE ZAPATA AISLADA			
σadm	60.00	ton/m2	Esfuerzo admisible del terreno
Volado	1.25	m	
h	**1.10**	**m**	**Altura de zapata**
f'c	210	kg/cm2	Resistencia a la compresión del concreto
d	1	m	Distancia del acero en tracción al borde comprimido
L	3.4	m	Largo de zapata
B	3.5	m	Ancho de zapata
A	11.9	m2	Área de zapata
pp	31.4	ton	Peso propio de zapata
σbase	46.21	ton/m2	Esfuerzo en la base
σcmu	1.44	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	**0.00**	**ton/m2**	**Esfuerzo último por carga viva**
σcmu	51.91	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	15.53	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σu	67.43	ton/m2	Esfuerzo último total
PUNZONAMIENTO			
Pu	758.5	ton	Carga última que baja por columna
Vu	499.5	ton	
b	0.92	m	Ancho de columna
l	1	m	Largo de columna
A0	3.84	m2	ärea de carga
b0	7.84	m	Perímetro resistente a punzonamiento
λs	0.63		Factor de efecto de tamaño
Vn1	761.7	ton	Resistencia 1 nominal a punzonamiento
φVn1	647.4	ton	Resistencia 1 de diseño a punzonamiento
β	1.1		Factor de forma
Vn2	1081.6	ton	Resistencia 2 nominal a punzonamiento
φVn2	919.3	ton	Resistencia 2 de diseño a punzonamiento
α	40.0		
Vn3	1377.9	ton	Resistencia 3 nominal a punzonamiento
φVn3	1171.2	ton	Resistencia 3 de diseño a punzonamiento
φVn	647.41	ton	Resistencia de diseño a punzonamiento
FLEXIÓN			
Mu1	52.7	ton.m	Momento último por esfuerzo admisible
Mu2	68.0	ton.m	Momento último por carga de columna
Ku	6.8		
w	0.037		
ro	0.18%		
As	18.38	cm2	Acero necesario
CORTE			
Vu	16.86	ton	Fuerza cortante última
φVc	65.28	ton	Resistencia de diseño al corte

Como se puede observar se verificó la zapata por esfuerzos. *Se verificó que el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

IV. Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos, queda demostrado que los elementos estructurales del proyecto cumplen con los requerimientos de la normativa vigente.



Ing. Jorge Andree Meza Gallegos
Nº CIP 177450