MEGA
Ingeniería de Proyectos

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO DE EDIFICIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR HUÁSCAR 2170

REV.	DESCRIPCION	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA
A	Emisión Cliente	E.K.B.C	P.C.M.Z.	J.A.M.G.	19/12/2023

Av. Juan de Aliaga 687 – Magdalena del Mar
informes@megaings.com
www.megaings.com

ÍNDICE

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... 2

II. MODELO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS SÍSMICO..... 5

III. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES..... 23

IV. CONCLUSIONES..... 39

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

- **Descripción general**

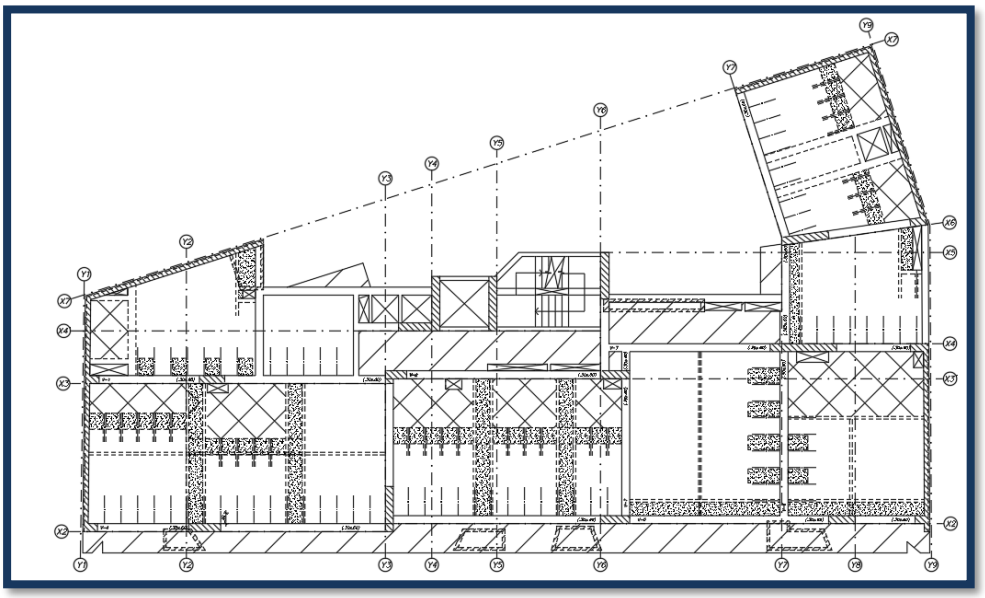
El proyecto consiste en el análisis y diseño del edificio Vivienda Multifamiliar Huáscar 2170. La edificación cuenta con cisterna, tres sótanos, ocho pisos y azotea.

El terreno sobre el cual se edificará está ubicado en Jr. Huáscar 2170-2176-2180, en el distrito de Jesús María, 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 se empleó prelosa maciza de 20 cm de espesor y prelosas aligeradas de 20 cm de espesor. Estas losas se apoyan sobre vigas peraltadas de 60 cm, las que a su vez se apoyan sobre las columnas y placas de la edificación.



Planta de Encofrado Piso Típico

- **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 = 210 kg/cm^2
  - f'c = 280 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

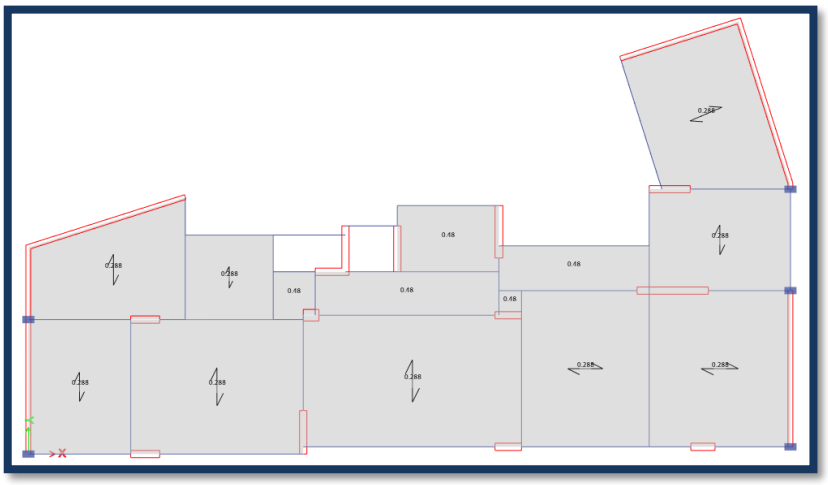
Se utilizaron las siguientes combinaciones de cargas, según lo establece la Norma Técnica E.020 Cargas del Reglamento Nación de Edificaciones

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

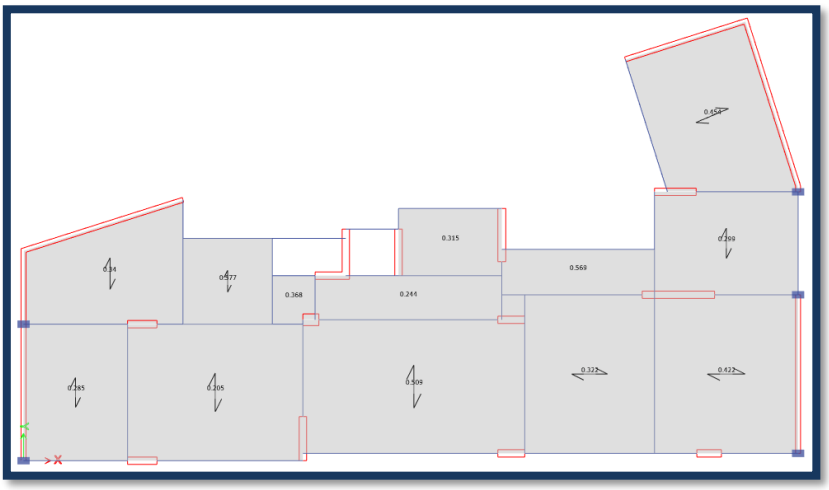
Dónde:

D = Cargas muertas
L = Cargas vivas
S = Cargas de sismo

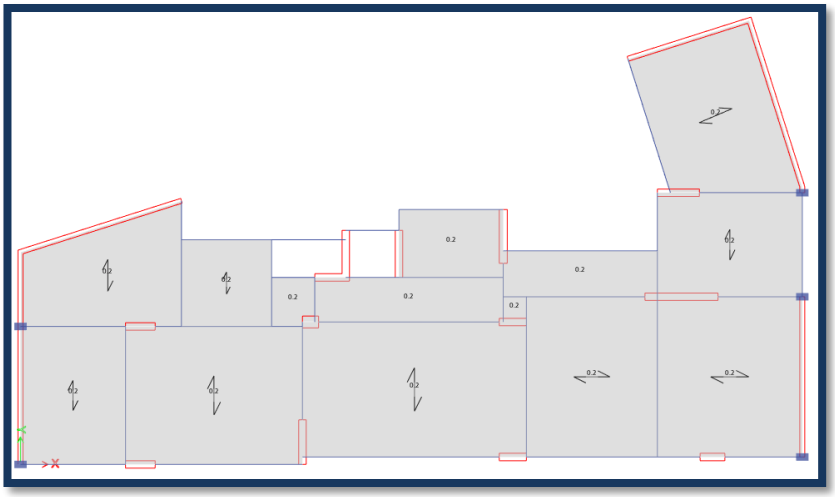
- Carga Muerta (tonf) (peso propio de elementos estructurales y no estructurales)
    - Carga del Peso Propio



    - Carga de la Tabiquería



- Carga Viva (tonf)



II. Modelo Estructural y análisis sísmico

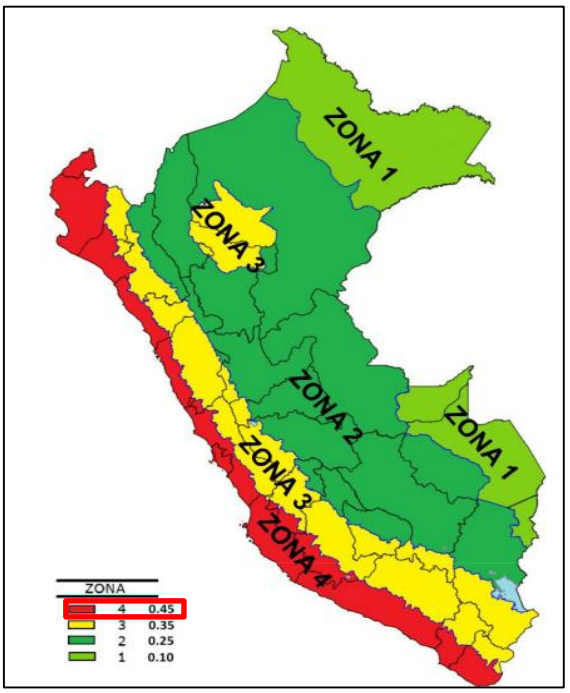
Para realizar el diseño de todos los elementos estructurales se realizó el análisis sísmico. A continuación, se muestra los análisis respectivos.

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 el factor "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, TP, TL)

  Debido a que el tipo de suelo es el "Tipo S1", los valores de S, TP y TL son 1.00, 0.40 y 2.50 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 del edificio 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.

En X-X		
Cortante total de placas (Ton)	Cortante Piso 1(Ton)	Porcentaje (%)
375.97	300.56	80%

En Y-Y		
Cortante total de placas (Ton)	Cortante Piso 1(Ton)	Porcentaje (%)
490.31	490.31	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 "Ro")

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 Ia, Ip)

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**

Verificación direccion X-X		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
Piso 8	37742	NO APLICA
Piso 7	60646	Regular
Piso 6	76396	Regular
Piso 5	90106	Regular
Piso 4	106311	Regular
Piso 3	132721	Regular
Piso 2	168366	Regular
Piso 1	238970	Regular

Verificación direccion Y-Y		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
Piso 8	67928	NO APLICA
Piso 7	120728	Regular
Piso 6	158346	Regular
Piso 5	192120	Regular
Piso 4	230584	Regular
Piso 3	291955	Regular
Piso 2	365984	Regular
Piso 1	464281	Regular

No se 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**

Piso	Diafragma	Masa	Verificación
Piso 1	D1	39.041	Regular
Piso 2	D2	38.023	Regular
Piso 3	D3	37.420	Regular
Piso 4	D4	35.468	Regular
Piso 5	D5	35.447	Regular
Piso 6	D6	35.447	Regular
Piso 7	D7	36.115	Regular
Piso 8	D8	31.865	Irr. Masa

No se presenta irregularidad de masa o peso.

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**

No se presentan irregularidad geométrica 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**

No presenta irregularidad de sistemas resistentes.

A continuación, se muestra las verificaciones realizadas para la irregularidad torsional en planta:

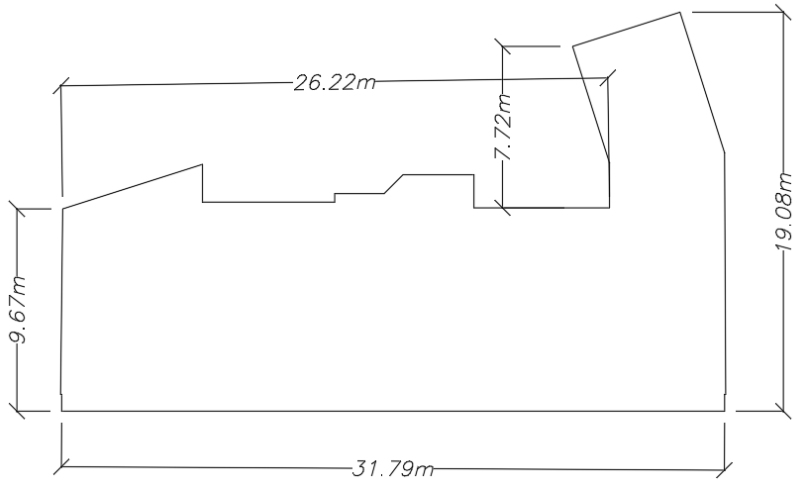
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo 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**

Verificación torsión direccion X-X					
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Ratio	Verificación
Piso 8	0.00076	0.00083	1.10	1.100	NO APLICA
Piso 7	0.00082	0.00090	1.10	1.100	NO APLICA
Piso 6	0.00085	0.00094	1.10	1.102	NO APLICA
Piso 5	0.00086	0.00095	1.10	1.102	NO APLICA
Piso 4	0.00083	0.00091	1.10	1.103	NO APLICA
Piso 3	0.00074	0.00081	1.10	1.104	NO APLICA
Piso 2	0.00063	0.00070	1.10	1.105	NO APLICA
Piso 1	0.00040	0.00044	1.10	1.104	NO APLICA

Verificación torsión direccion Y-Y					
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Ratio	Verificación
Piso 8	0.00043	0.00064	1.49	1.487	NO APLICA
Piso 7	0.00045	0.00067	1.48	1.475	NO APLICA
Piso 6	0.00047	0.00069	1.47	1.466	NO APLICA
Piso 5	0.00047	0.00069	1.45	1.455	NO APLICA
Piso 4	0.00045	0.00065	1.44	1.445	NO APLICA
Piso 3	0.00040	0.00057	1.43	1.433	NO APLICA
Piso 2	0.00034	0.00048	1.43	1.433	NO APLICA
Piso 1	0.00022	0.00033	1.48	1.480	NO APLICA

No se 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**



Eje	Esquina entrante	Longitud total	Porcentaje	Verificación
X	22	31.79	69%	Irr. Esquinas entrantes
Y	7.72	19.08	40%	Irr. Esquinas entrantes

Si 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**

EJE X-X	Espesor	Longitud (corto)	Longitud (largo)	Área (corto)	Área (largo)	Relación	
Prelosa Aligerada	0.05	5.52	31.81	0.276	1.591	0.17	Disc. De Diafragma

EJE Y-Y	Espesor	Longitud (corto)	Longitud (largo)	Área (corto)	Área (largo)	Relación	
Prelosa Aligerada	0.05	9.72	19.08	0.486	0.954	0.51	Regular

No presenta irregularidad por 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**

No presenta irregularidad de sistemas no paralelos.

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

- En altura: No presenta.
- En planta: Presenta irregularidad de esquinas entrantes.

➢ 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

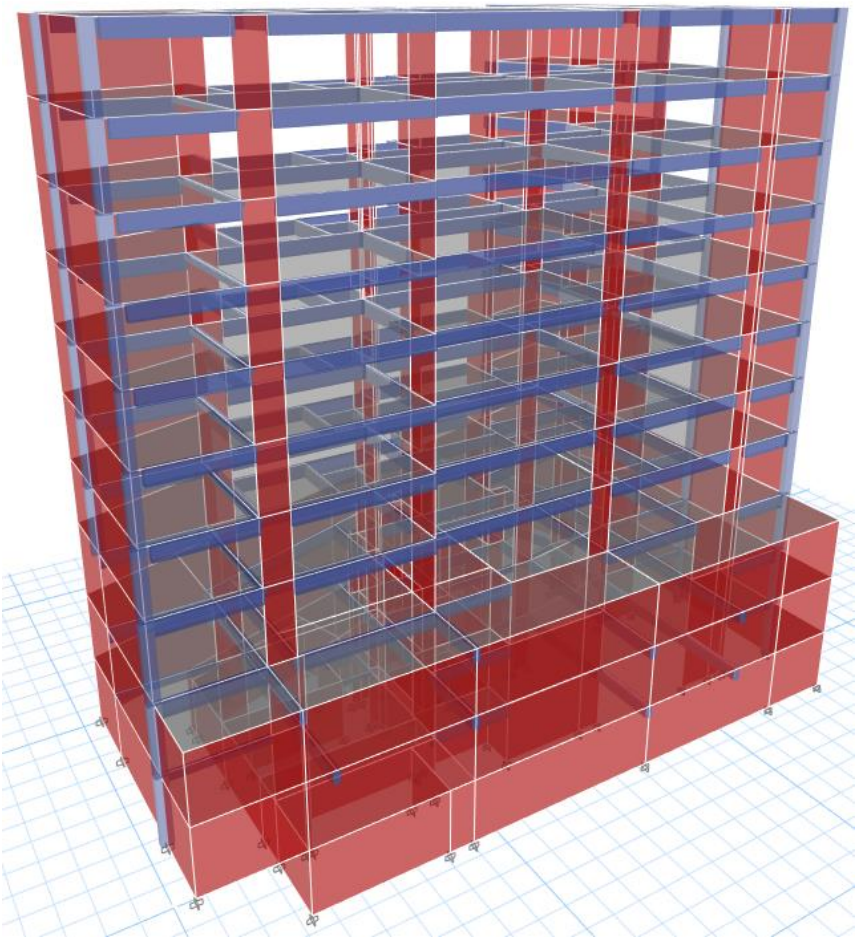
➢ Paso 10 (Coeficiente de reducción de la fuerza Sísmica R)

$R = R \times I_a \times I_p$
$= 6 \times 1.0 \times 0.90 = 5.40$

- **Etapa 3: Análisis Estructural**

➢ Paso 11 (Modelo de análisis)

Se realizó un modelo tridimensional de la estructura.



Modelo de estructuras tridimensional

➢ 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 2834 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	0.50
Dirección Y-Y	0.39

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

	Valor "C"
Dirección X-X	2.01
Dirección Y-Y	2.50

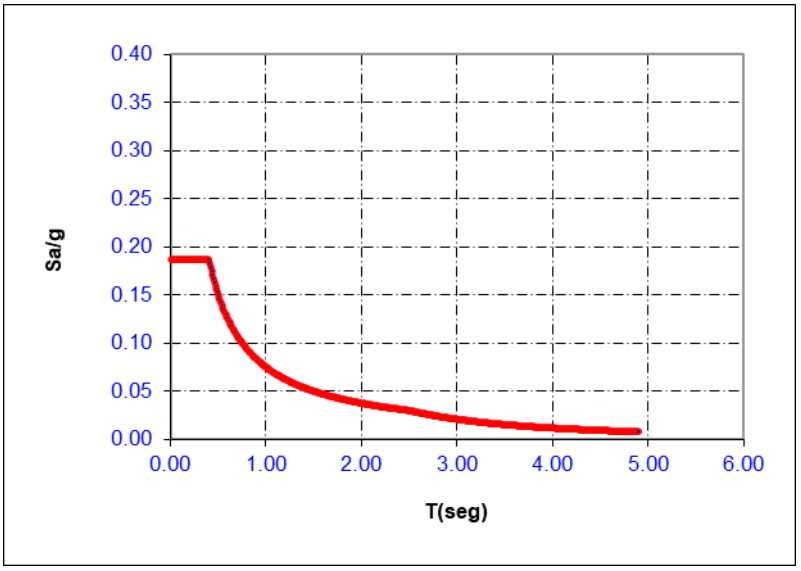
Con los valores de "C" se obtienen los valores de las cortantes estáticas.

Vx = 474 ton
Vy = 590 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

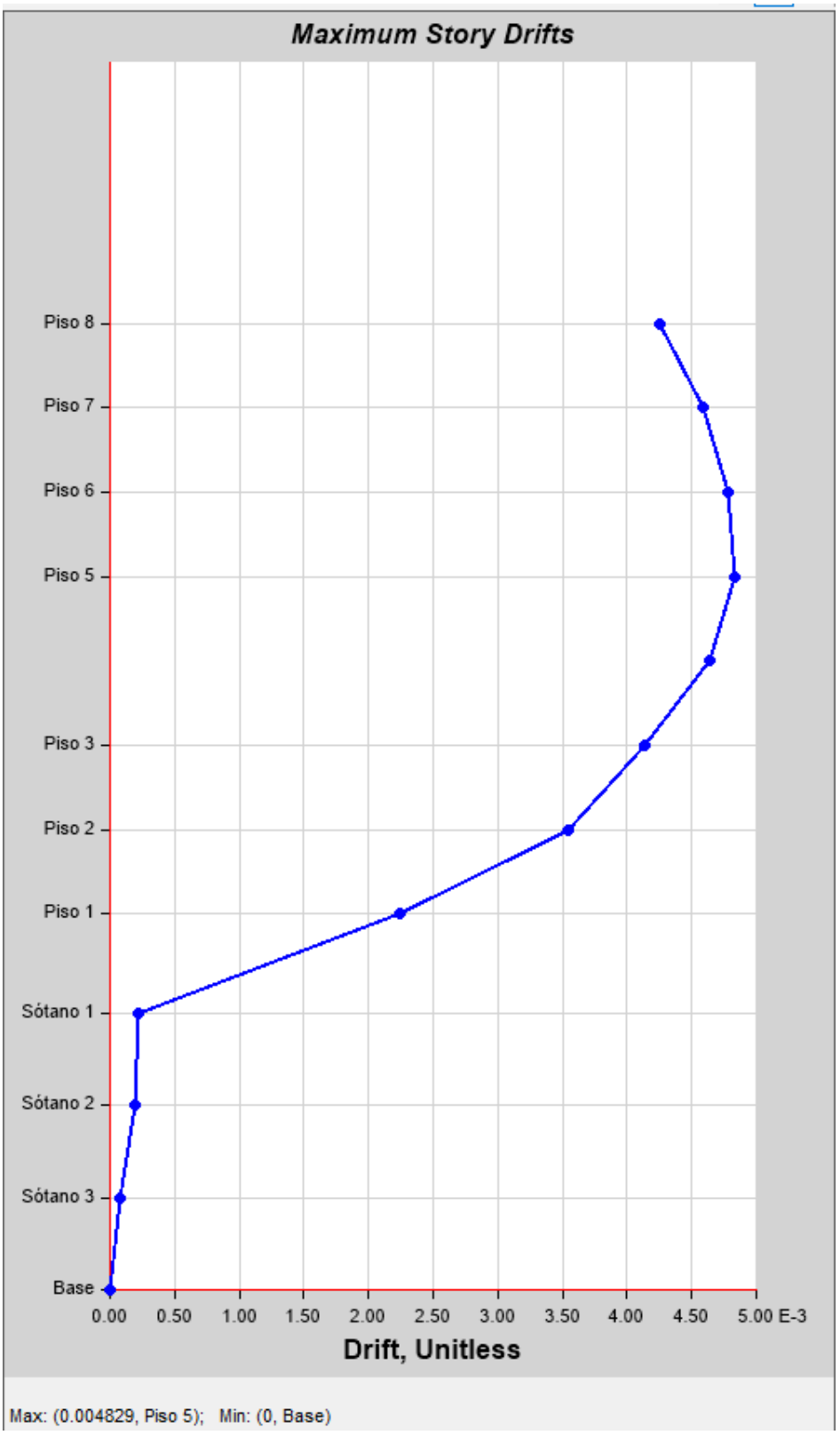
Con el cual se determinarán los valores de las cortantes dinámicas en ambas direcciones con sus respectivos factores de amplificación de fuerzas.

	Cortante Dinámica (ton)
Dirección X-X	277.00
Dirección Y-Y	442.00

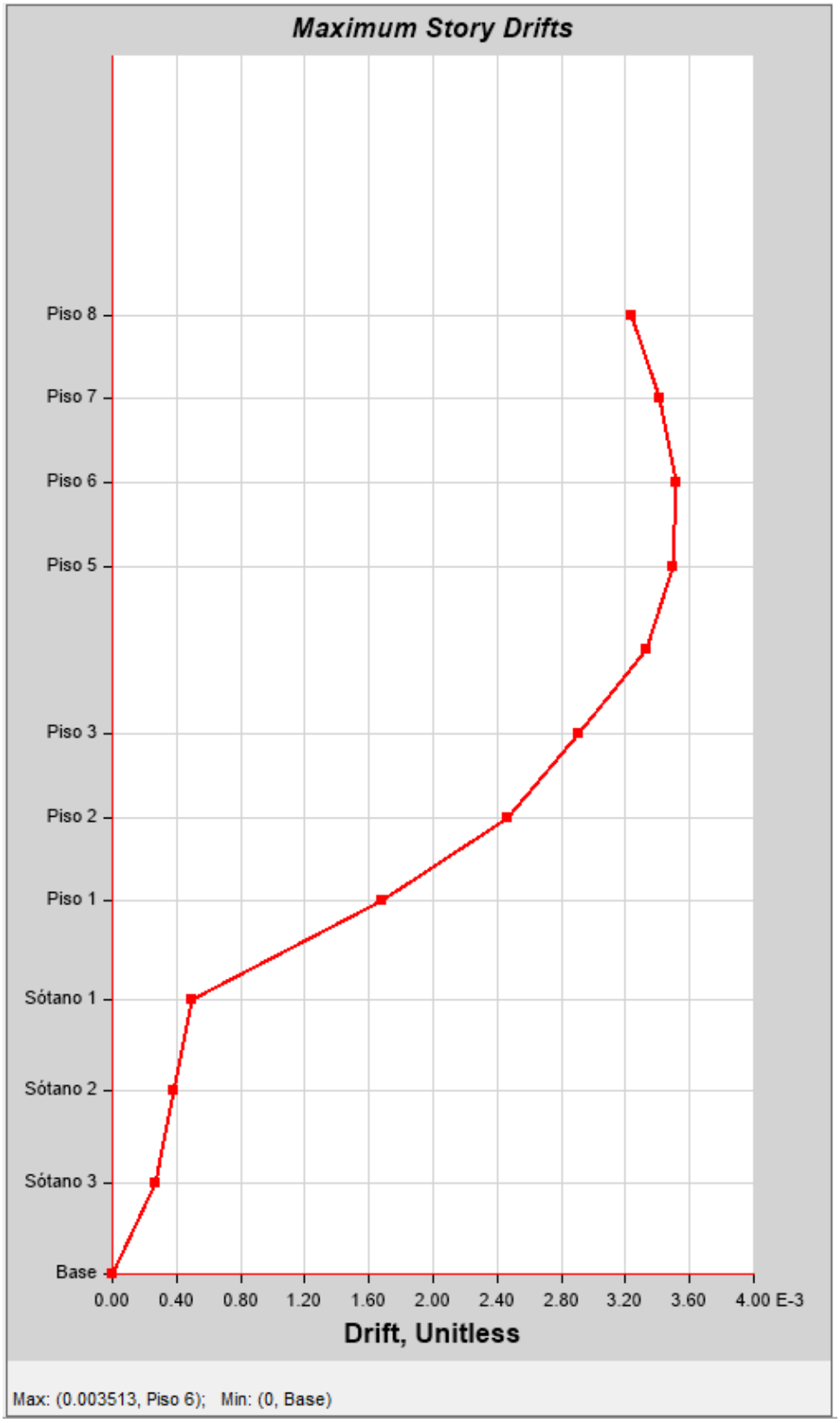
Con estos valores de cortantes dinámicas se proceden a amplificar al 90% de las cortantes estáticas en sus direcciones correspondientes y se determinan los factores de amplificación

	V al 90% Est. (ton)
Dirección X-X	427.00
Dirección Y-Y	531.00
	Factor de amplificación
Dirección X-X	1.37
Dirección Y-Y	1.11

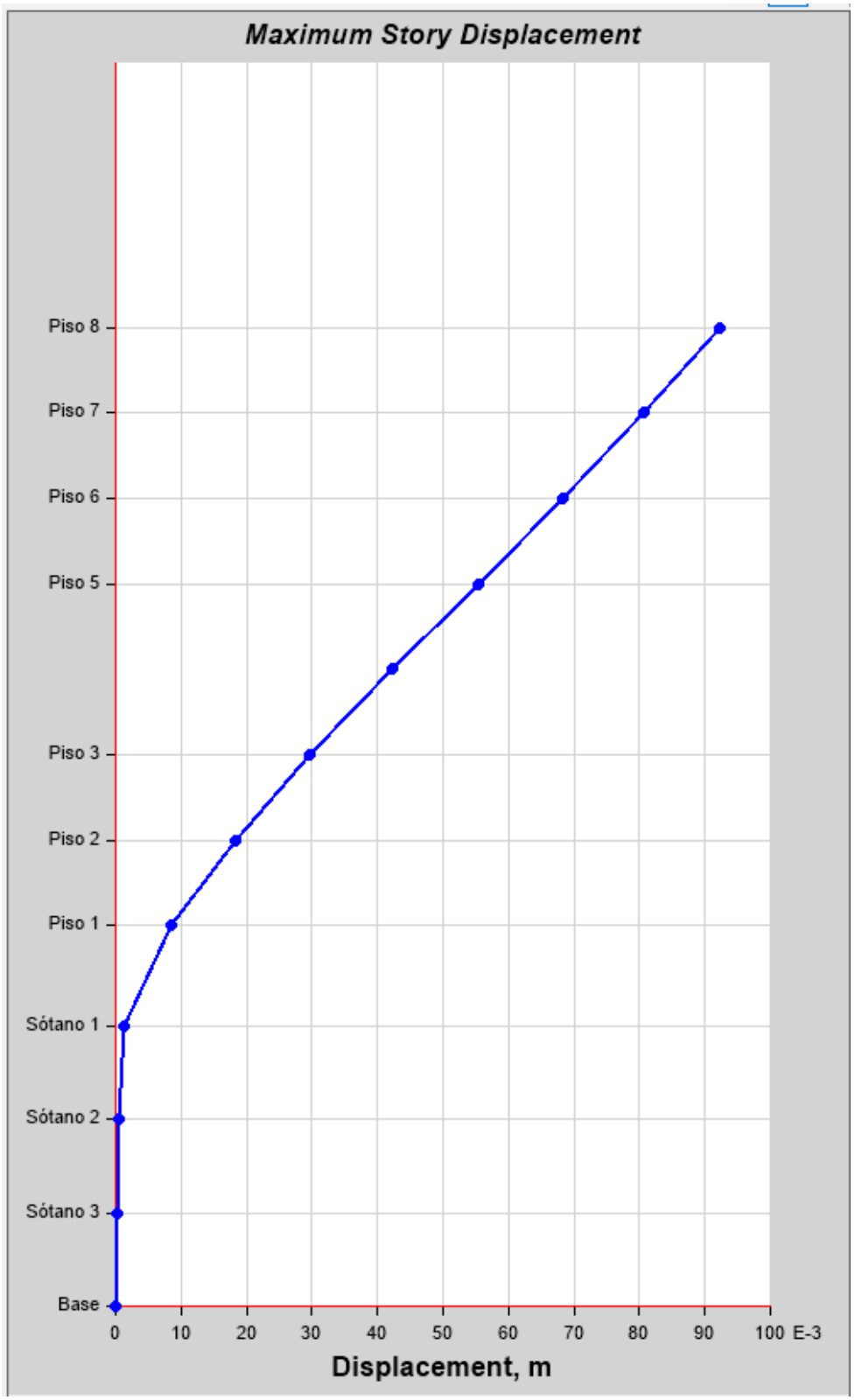
- Derivas
  En la dirección X-X:



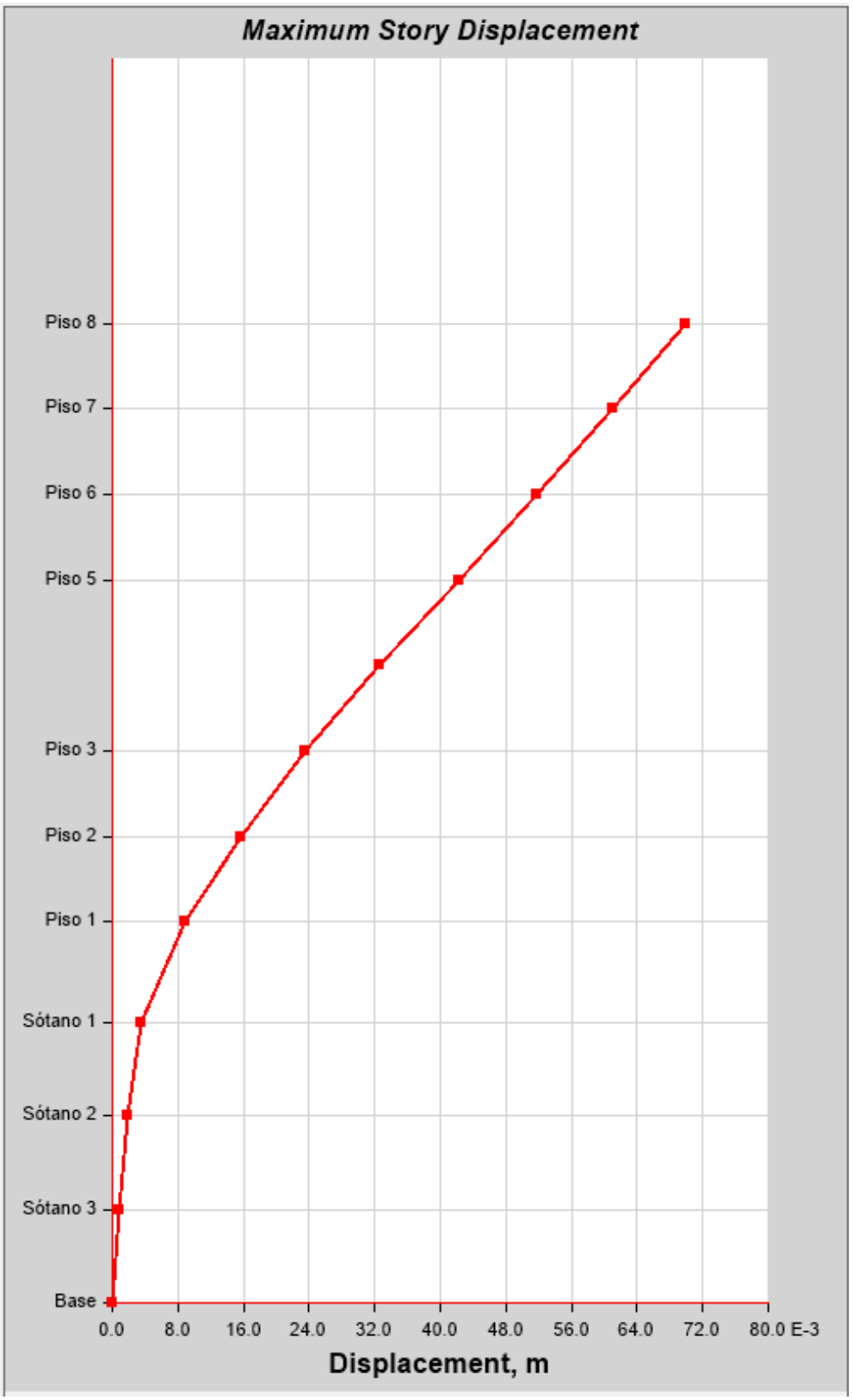
En la dirección Y-Y:



- 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 ≥ 0.1331 m (13.31cm)

  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 9.22 = 6.15 cm
  b) s / 2 = 13.31/ 2 = 6.66 cm

  Dirección Y-Y

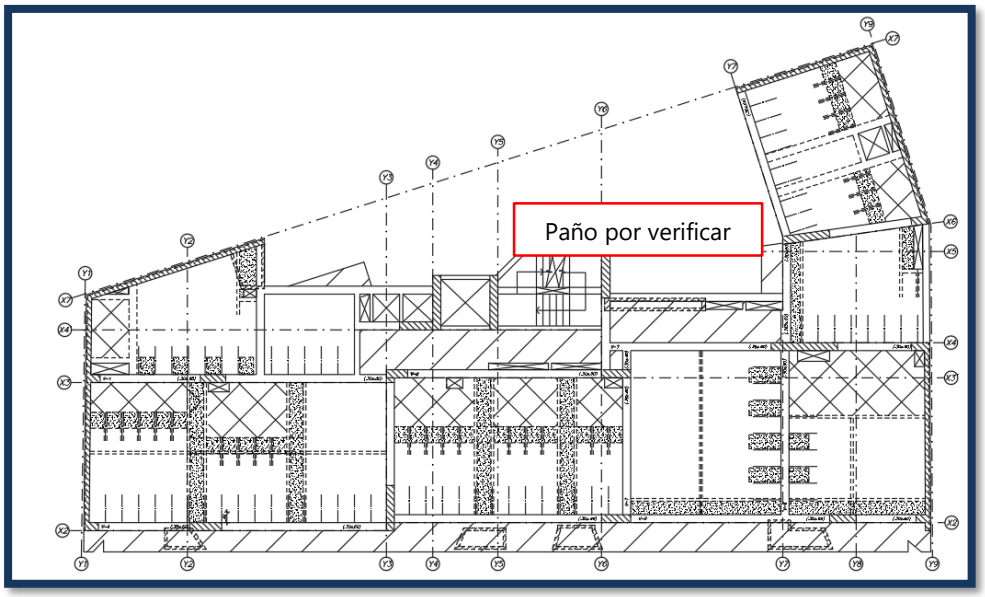
  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  c) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 6.99 = 4.66 cm
  d) s / 2 = 13.31/ 2 = 6.66 cm

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

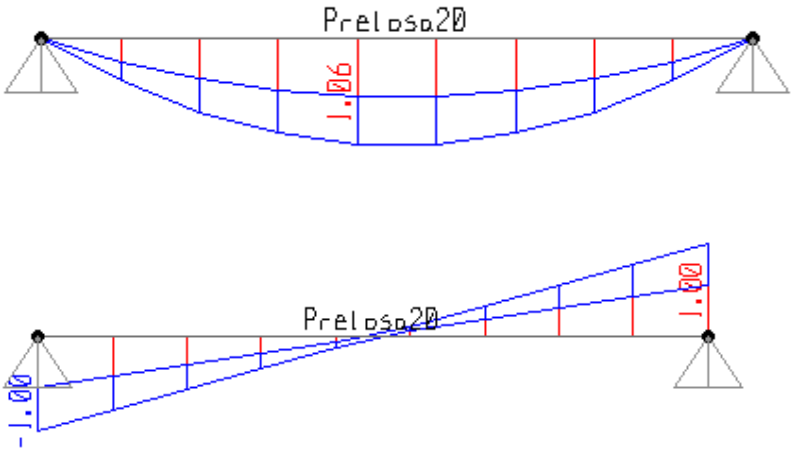
III. Análisis y diseño de elementos estructurales

a) Diseño de prelosas aligeradas

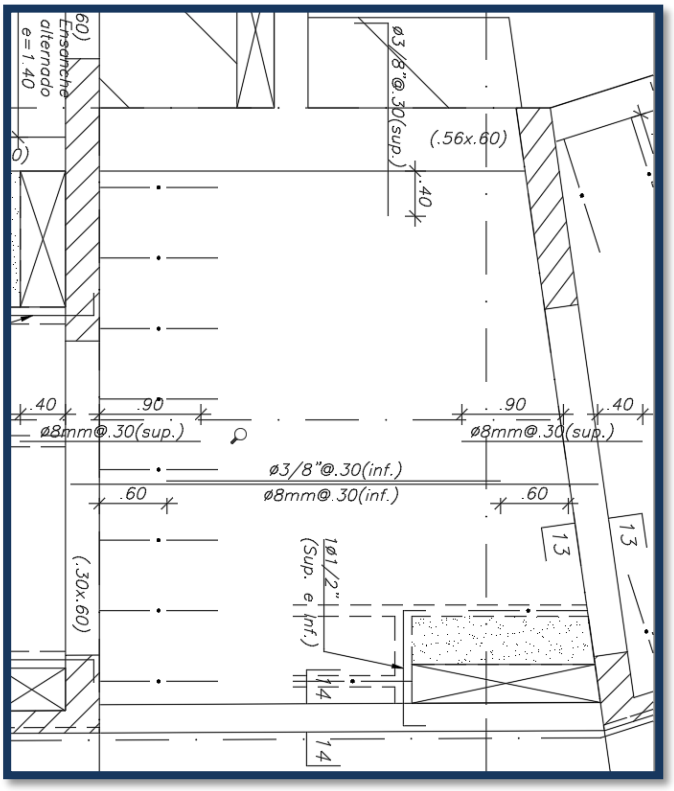
En la siguiente imagen se muestra el encofrado de piso típico donde se indica el paño de la prelosa aligerada a verificar:



A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la prelosa aligerada.



A continuación, se muestra el detalle de acero del paño verificado:

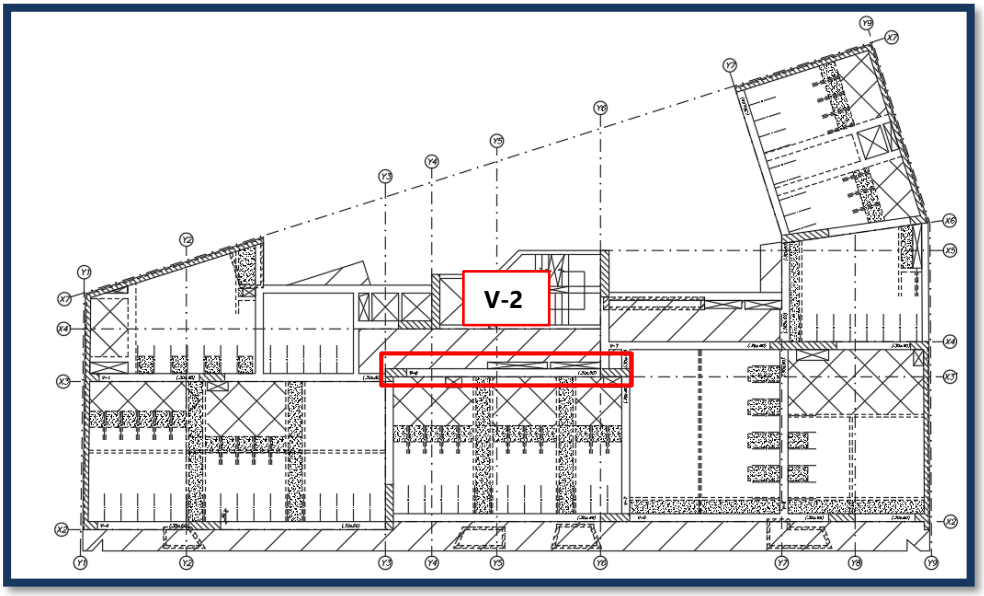


En la siguiente tabla se muestra la verificación del aligerado:

TRAMOS	1		
Mu-	0.00		0.00
Mu+		1.06	
b cortante (cm)	12.5	12.5	12.5
b flexión (cm)	62.5	62.5	62.5
d (cm)	17.0	17.0	17.0
f'c	210	210	210
ku	0.0	5.9	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.)	0.0		0.00
As (inf.)		1.68	
As col (cm2)			
Vu	1.00		1.00
ØVC	1.53		1.53
ØVC>Vu	ok		ok

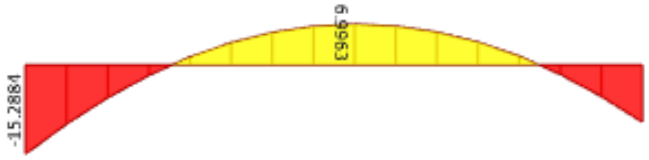
b) Diseño de vigas

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

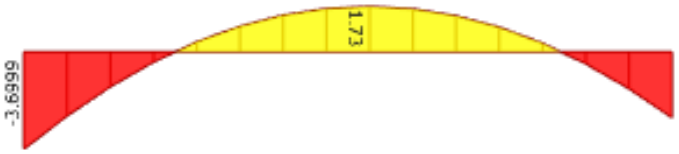


Ubicación de la viga V-2

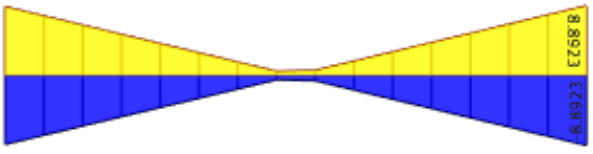
A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la viga V-2:



Carga muerta

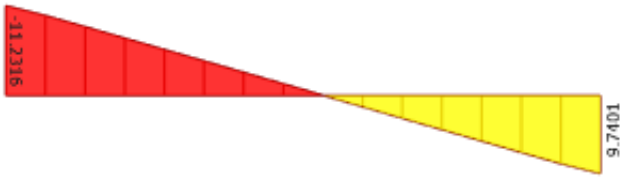


Carga viva

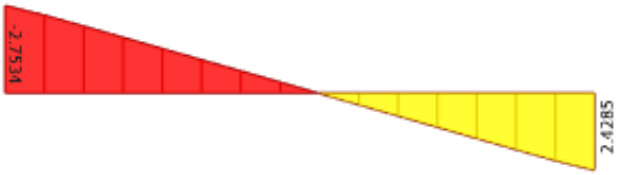


Sismo

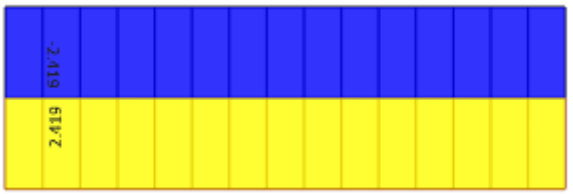
Diagrama de momentos flectores



Carga muerta

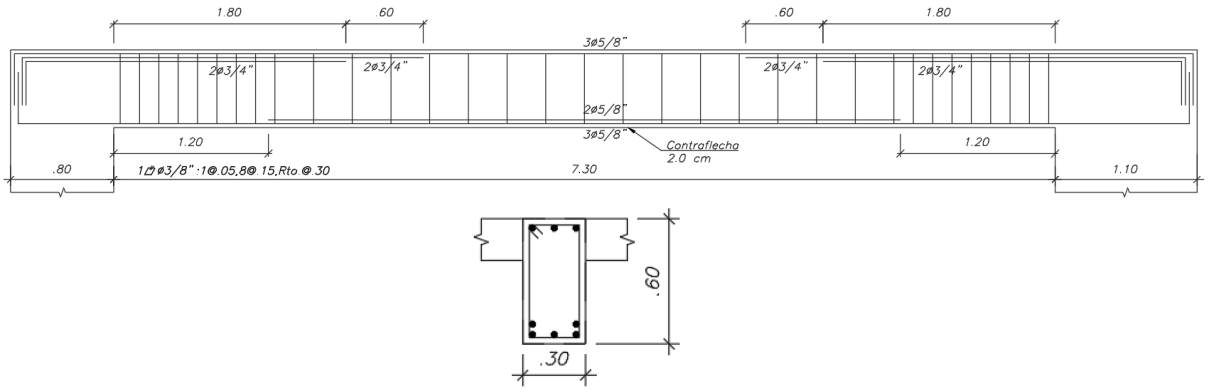


Carga viva



Sismo
Diagrama de fuerzas cortantes

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



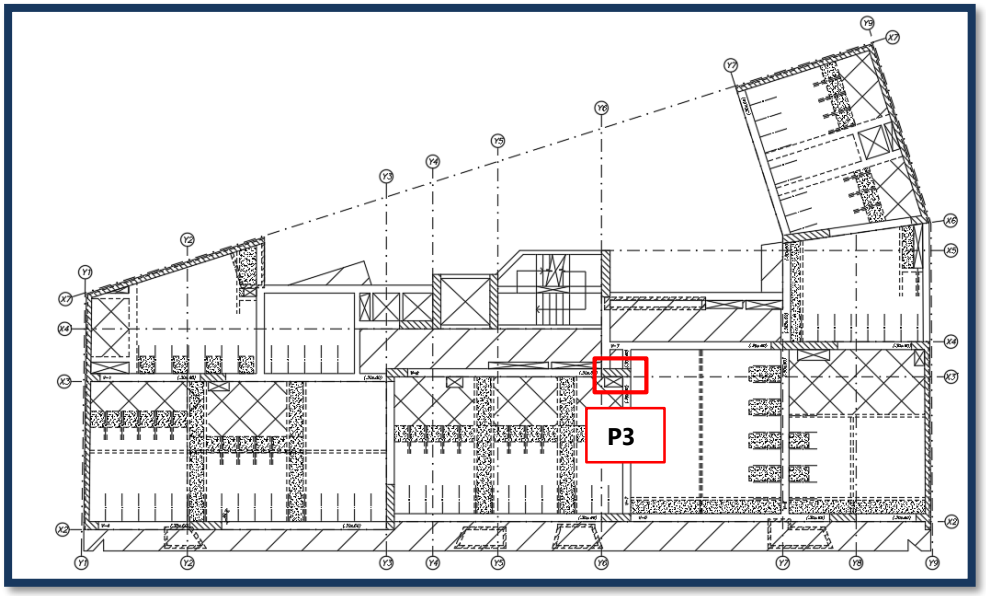
En la siguiente tabla se muestra la verificación de la viga V-6

	TRAMO 1	L=	7.3
L (m)	7.3	7.3	7.3
b (cm)	30	30	30
d (cm)	52	52	52
d' (cm)	8	8	8
A's- (cm2)	6	6	6
A's+ (cm2)	17.36	8	17.36
f'c (kg/cm2)	210	210	210
fy (kg/cm2)	4200	4200	4200
β1	0.85	0.85	0.85
ϕ	0.9	0.9	0.9
MD (ton.m)(-+-)	12.82	6.7	12.35
VD (ton)	10.55		10.42
ML (ton.m)(-+-)	3.14	1.68	3.09
VL (ton)	2.6		2.59
MS (ton.m)(+-)	8.67		8.8
VS (ton)	2.39		2.39
M 1.4D+1.7L (ton.m)	23.286	12.24	22.543
M 1.25(D+L)+S (ton.m)	28.62	10.48	28.1
M 0.9D+S (ton.m)	20.208	6.03	19.915
M 1.25(D+L)-S (ton.m)	11.28	10.48	10.5
M 0.9D-S (ton.m)	2.868	6.03	2.315
ENV M- (ton.m)	28.62	0.00	28.1
ENV M+ (ton.m)	0	12.24	0
V 1.4D+1.7L (ton.m)	19.19		18.991
V 1.25(D+L) (ton.m)	16.4375		16.2625
As máx (sin A's)	24.86	24.86	24.86
a	19.50	19.50	19.50
Mn1 (sin A's)	44.12	44.12	44.12
f´s	4200	4200	4200
Mn2 (As'-) (ton.m)	11.09	11.09	11.09
Mn2 (As'+) (ton.m)	32.08	14.78	32.08
Mn1 + Mn2 (As'-) (ton.m)	55.21	55.21	55.21
Mn1 + Mn2 (As'+) (ton.m)	76.20	58.90	76.20
M máx. (-) (ton.m)	49.69	49.69	49.69
M máx. (+) (ton.m)	68.58	53.01	68.58
ku-	35	0	35
ku+	0	15	0
w-	0.154	0.000	0.151
w+	0.000	0.062	0.000
ro-	1.03%	0.00%	1.01%
ro+	0.00%	0.41%	0.00%
As nec.- (cm2)	16.0	0.0	15.7
As nec.+ (cm2)	0.0	6.5	0.0
As col.- (cm2)	17.36	6	17.36
As col.+ (cm2)	6	8	6
ro-	1.11%	0.38%	1.11%
ro+	0.38%	0.51%	0.38%
w-	0.167	0.058	0.167
w+	0.058	0.077	0.058
	0.150	0.056	0.150
	0.056	0.073	0.056
Mn (-) (ton.m)	34.2	12.7	34.2
Mn (+) (ton.m)	12.7	16.7	12.7
Vu cap. (ton)	22.4125		22.2375
ENV Vu (ton)	22.4125		22.2375
ØVC	10.2		10.2
Vs	14.4		14.2
Ramas	2		2
s-8mm	15.2		15.4
s-3/8	21.6		21.9
s-1/2	39.2		39.7
s-5/8	60.4		61.3
Vu max	50.0		50.0

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 a verificar:



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)		ϕPn (ton)	As (%)	As (cm2)	Pu/ϕPn
SÓTANO 3	0.3	1.1			2.9	22.42	210	0.412	0.25	2.30	11.53	5.61	17.14	0.76	266.5	67.1	333.6	3300	25.7	487.1	70.30	490.7	2.16%	71.4	0.99
SÓTANO 2	0.3	1.1			2.9	22.8	210	0.412	0.25	2.30	11.69	5.70	17.39	0.76	255.0	61.5	316.5	3300	26.1	461.5	66.59	490.7	2.16%	71.4	0.94
SÓTANO 1	0.3	1.1			3	24.26	210	0.516	0.2	2.38	14.89	4.85	19.75	0.81	243.3	55.8	299.1	3300	29.1	435.4	62.83	490.7	2.16%	71.4	0.89
1 ° PISO	0.3	1.1			3	29.34	210	0.884	0.2	2.38	28.31	5.87	34.18	1.16	228.4	50.9	279.3	3300	49.6	406.3	58.63	419.4	1.20%	39.76	0.97
2 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.807	0.2	2.14	28.48	6.53	35.01	1.07	200.1	45.0	245.1	3300	51.0	356.7	51.47	419.4	1.20%	39.76	0.85
3 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.857	0.2	2.14	30.11	6.53	36.64	1.12	171.6	38.5	210.1	3300	53.3	305.7	44.12	400.5	0.95%	31.36	0.76
4 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.807	0.2	2.14	28.48	6.53	35.01	1.07	141.5	32.0	173.5	3300	51.0	252.5	36.43	400.5	0.95%	31.36	0.63
5 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.857	0.2	2.14	30.11	6.53	36.64	1.12	113.0	25.5	138.5	3300	53.3	201.5	29.08	400.5	0.95%	31.36	0.50
6 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.807	0.2	2.14	28.48	6.53	35.01	1.07	82.9	18.9	101.8	3300	51.0	148.3	21.39	400.5	0.95%	31.36	0.37
7 ° PISO	0.3	1.1			2.7	32.64	210	0.807	0.2	2.14	28.48	6.53	35.01	1.07	54.4	12.4	66.8	3300	51.0	97.3	14.04	400.5	0.95%	31.36	0.24
8 ° PISO	0.3	1.1			2.7	29.34	210	0.812	0.2	2.14	25.96	5.87	31.83	1.08	26.0	5.9	31.8	3300	46.3	46.3	6.68	400.5	0.95%	31.36	0.12

Metrado de cargas

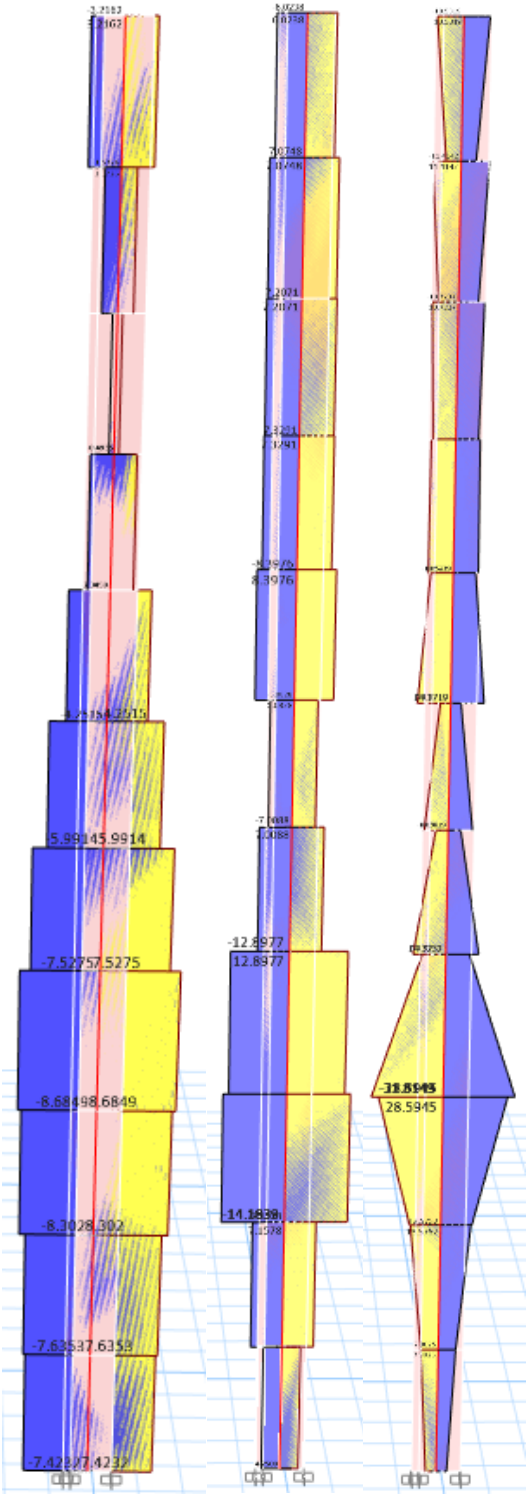
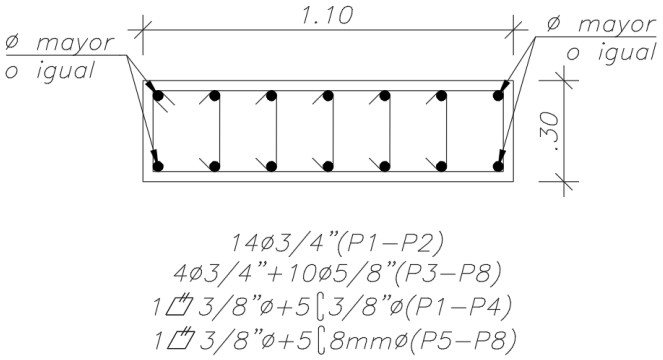
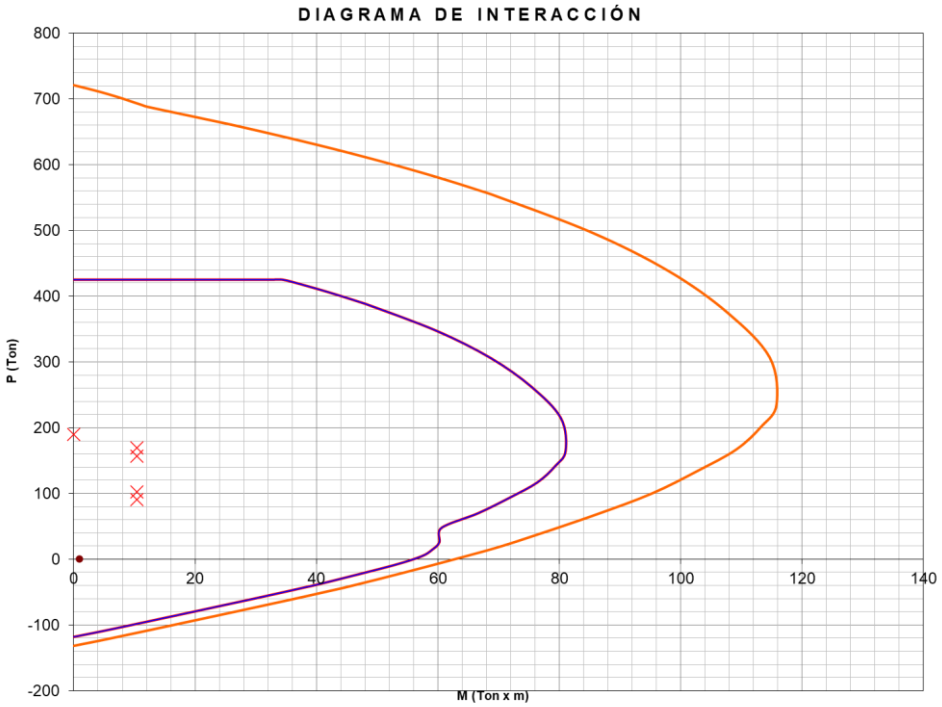


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores

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



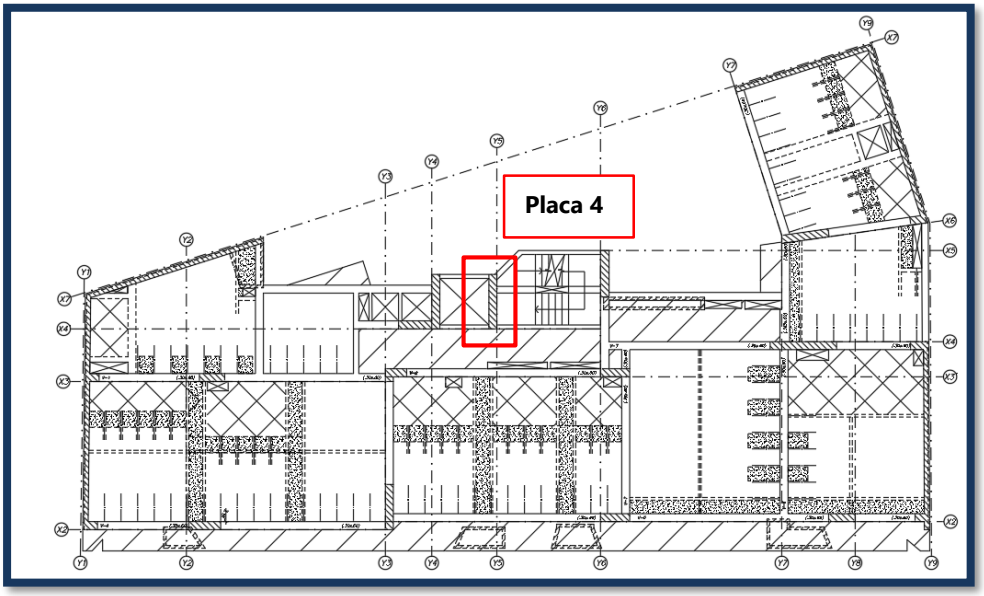
A continuación, se muestra el diagrama de interacción de la columna



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.

d) Diseño de placas

En la siguiente imagen se muestra un encofrado típico donde se indica la placa a verificar:



Ubicación de Placa 4

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

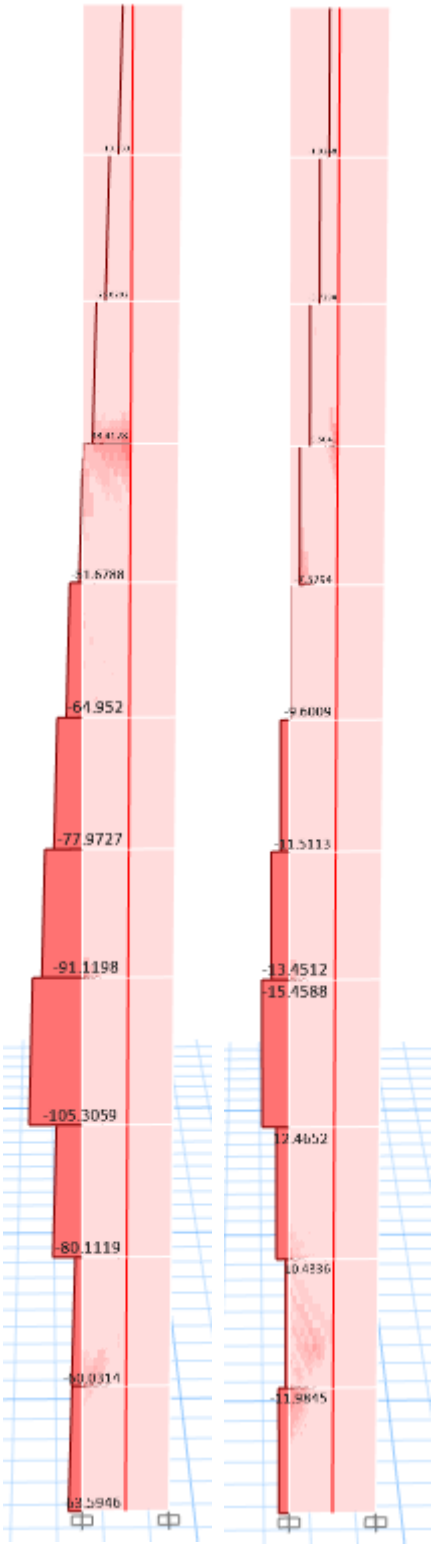


Diagrama de cargas axiales por cargas de gravedad (Carga muerta y carga viva)

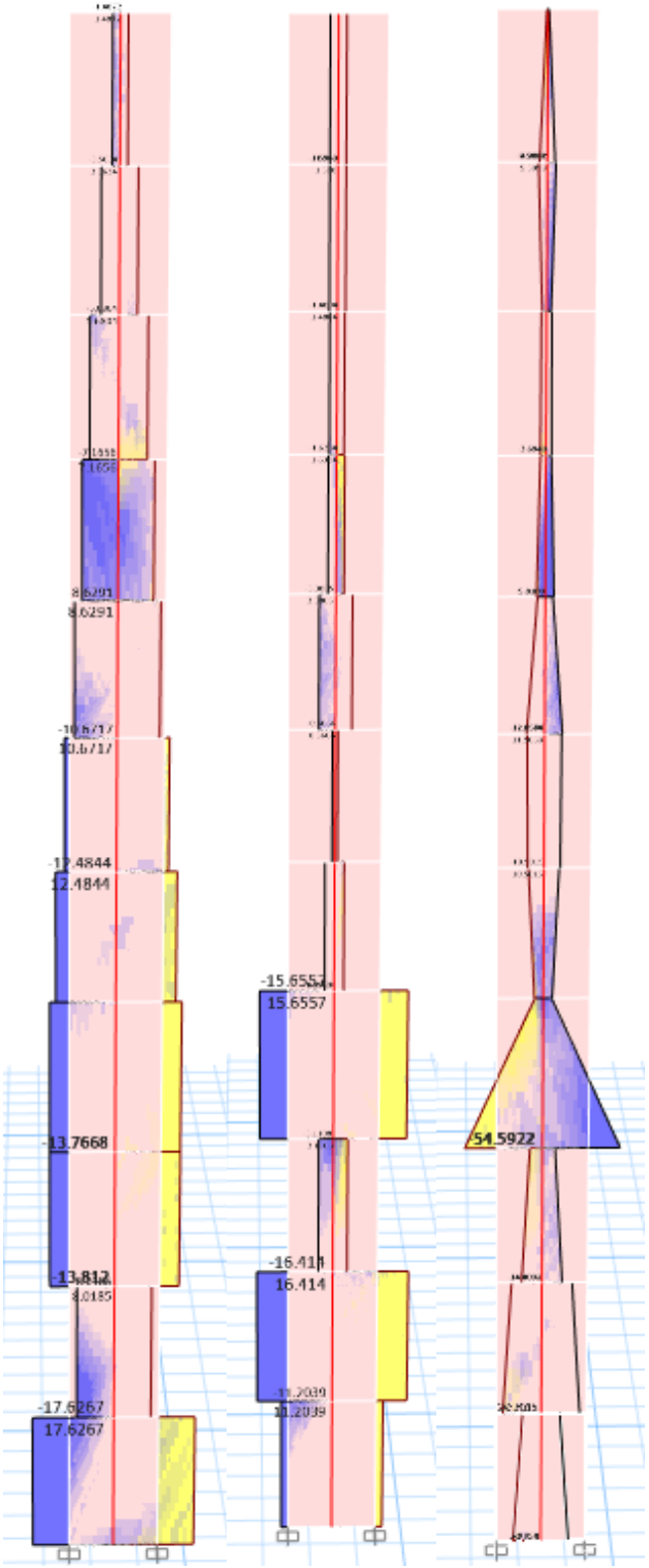
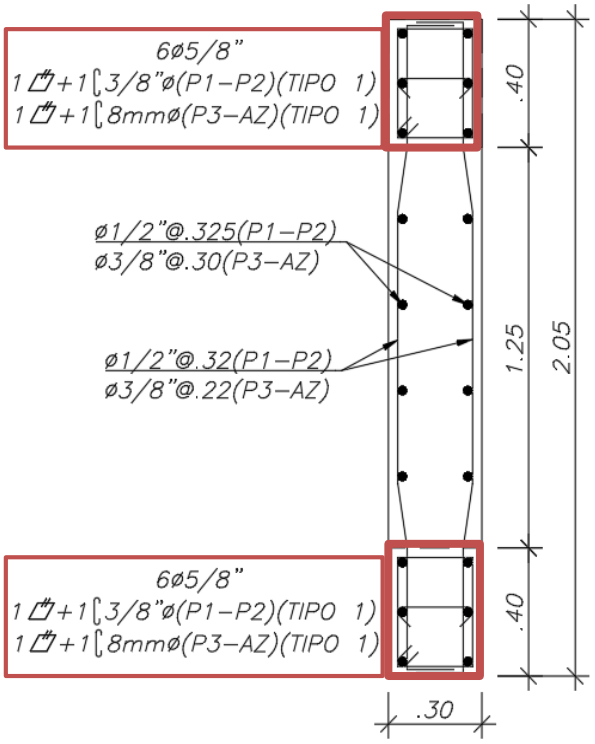


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momento flector por cargas de sismo

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



Acero distribuido horizontal y vertical

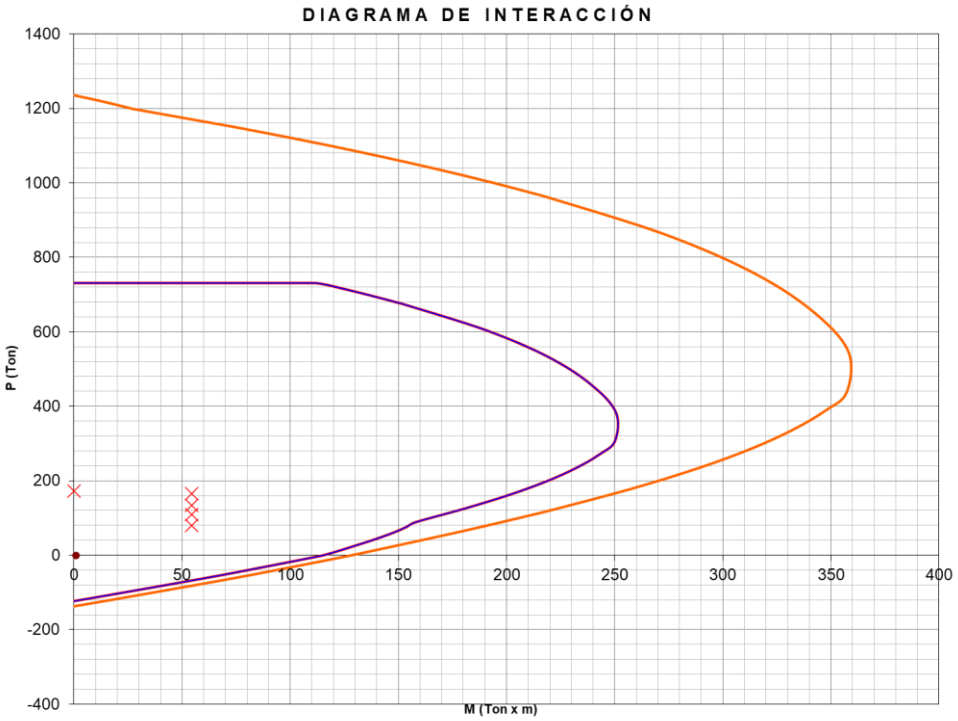
Acero distribuido horizontal: Ø1/2" espaciado cada 32.0 cm

Acero distribuido vertical: Ø1/2" espaciado cada 32.5 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	105.19		
Viva	14.19		
Sismo	15.43	54.52	15.67

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de interacción de la placa 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:

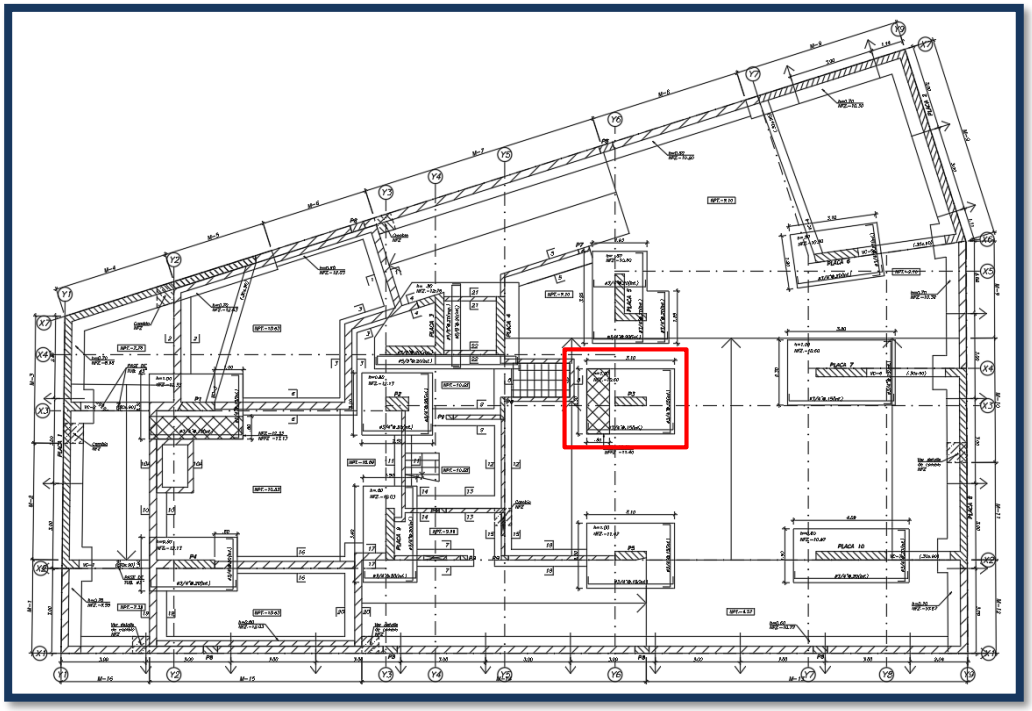
DISEÑO POR CORTE			
	1.25(M+V)+S	1.25(M+V)-S	0.9M-S
¿Capacidad?		SI	
Escala	3.00	3.00	3.00
Vcap (ton)	47.01	47.01	47.01
alpha	0.53	0.53	0.53
Vc (ton)	47.23	47.23	47.23
f Vc	40.15	40.15	40.15
fVn máx.	200.75	200.75	200.75
VS (ton)	8.07	8.07	8.07
Nº de capas	2		
s (3/8")(cm)	151.5	151.5	151.5
s (1/2")(cm)	275.2	275.2	275.2
s (5/8")(cm)	426.7	426.7	426.7

En el recuadro rojo se encierra el espaciamiento requerido por cortante para varillas de 1/2"; sin embargo, el espaciamiento indicado en el detalle de la placa

4 es de 1/2" cada 32.0 cm Y 1/2" cada 32.5 cm. *Por tanto, el diseño es adecuado y cuenta con la resistencia requerida.*

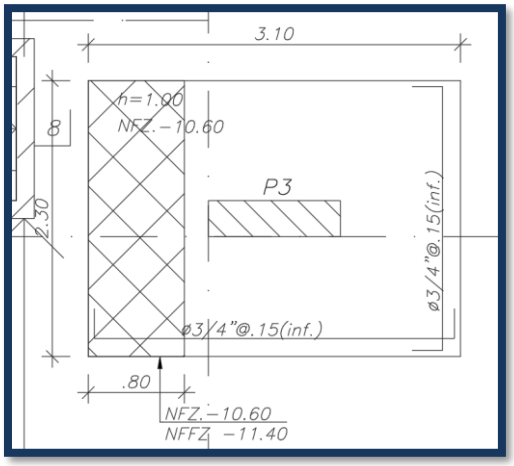
e) Diseño de zapatas

En la siguiente imagen se muestra la planta de cimentación donde se indica la zapata a verificar:



Ubicación de Zapata Columna P3

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			
DIMENSIONAMIENTO			
σadm	54.00	ton/m2	Esfuerzo admisible del terreno
Volado	1.00	m	
h	1.00	m	Altura de zapata
f'c	210	kg/cm2	Resistencia a la compresión del concreto
d	0.9	m	Distancia del acero en tracción al borde comprimido
L	2.3	m	Largo de zapata
B	3.1	m	Ancho de zapata
A	7.1	m2	Área de zapata
pp	17.1	ton	Peso propio de zapata
σbase	49.19	ton/m2	Esfuerzo en la base
σcmu	1.89	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	0.00	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σcmu	55.69	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	15.99	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σu	71.68	ton/m2	Esfuerzo último total
PUNZONAMIENTO			
Pu	487.1	ton	Carga última que baja por columna
Vu	315.1	ton	
b	0.3	m	Ancho de columna
l	1.1	m	Largo de columna
A0	2.40	m2	ärea de carga
b0	6.4	m	Perímetro resistente a punzonamiento
λs	0.66		Factor de efecto de tamaño
Vn1	583.4	ton	Resistencia 1 nominal a punzonamiento
φVn1	495.9	ton	Resistencia 1 de diseño a punzonamiento
β	3.7		Factor de forma
Vn2	450.8	ton	Resistencia 2 nominal a punzonamiento
φVn2	383.2	ton	Resistencia 2 de diseño a punzonamiento
α	40.0		
Vn3	1133.1	ton	Resistencia 3 nominal a punzonamiento
φVn3	963.1	ton	Resistencia 3 de diseño a punzonamiento
φVn	383.19	ton	Resistencia de diseño a punzonamiento
FLEXIÓN			
Mu1	35.8	ton.m	Momento último por esfuerzo admisible
Mu2	39.2	ton.m	Momento último por carga de columna
Ku	4.8		
w	0.026		
ro	0.13%		
As	11.69	cm2	Acero necesario
CORTE			
Vu	7.17	ton	Resistencia de diseño al corte
φVc	58.76	ton	Fuerza cortante última

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
N.º CIP 177450