MEGA
Ingeniería de Proyectos

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA EXCAVACIONES Y MUROS ANCLADOS PROYECTO DE ESTRUCTURAS "HUASCAR 2121"

REV.	DESCRIPCION	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA
A	Emisión Cliente	J.H.H.C	M.A.H.C	J.A.M.G	30/05/2025

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

ÍNDICE

- **GENERALIDADES 2**
- **LINDEROS, MUROS ANCLADOS Y EXCAVACIONES. 2**
- **COMPORTAMIENTO Y DISEÑO DE LOS MUROS ANCLADOS. 4**
- **PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS MUROS ANCLADOS, ESPACIAMIENTO DE LOS ANCLAJES Y ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO. 8**

- ***Generalidades***

El proyecto consiste en el análisis y diseño del proyecto Edificio Multifamiliar "Huáscar 2121". La edificación cuenta con una cisterna, dos sótanos, nueve pisos y una azotea.

El terreno sobre el cual se edificará está ubicado en el Jr. Huáscar 2121-2123, Urbanización Fundo Matalechuzitas, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

Ubicación de Terreno

- ***Linderos, Muros anclados y Excavaciones.***

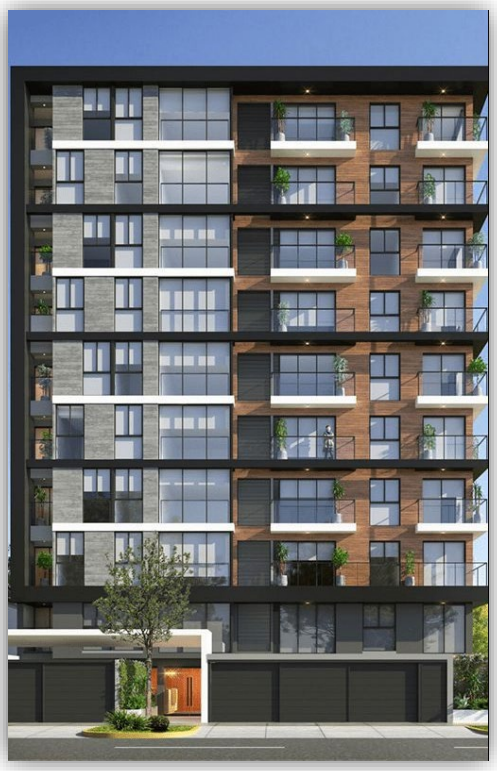
El proyecto requiere realizar excavaciones entre los niveles -7.36 m y -10.36 m. El terreno tiene como linderos:

- Norte: Vivienda Unifamiliar de 3 pisos.

- Sur: Jr. Huáscar.

- Este: Vivienda Unifamiliar de dos pisos más azotea.

- Oeste: Edificio Multifamiliar de 10 pisos, azotea y dos sótanos.



Para realizar las excavaciones hasta los niveles -7.36 m y -10.36 m, se ha considerado utilizar muros anclados en los límites de propiedad.

Los muros han sido diseñados para soportar cargas máximas de 50 ton de los anclajes temporales con una resistencia de concreto 210 kg/cm2 al momento del tensado.

- ***Comportamiento y diseño de los muros anclados.***

Para poder hacer una excavación vertical hay varios sistemas que se usan en diversos países; Estos son:

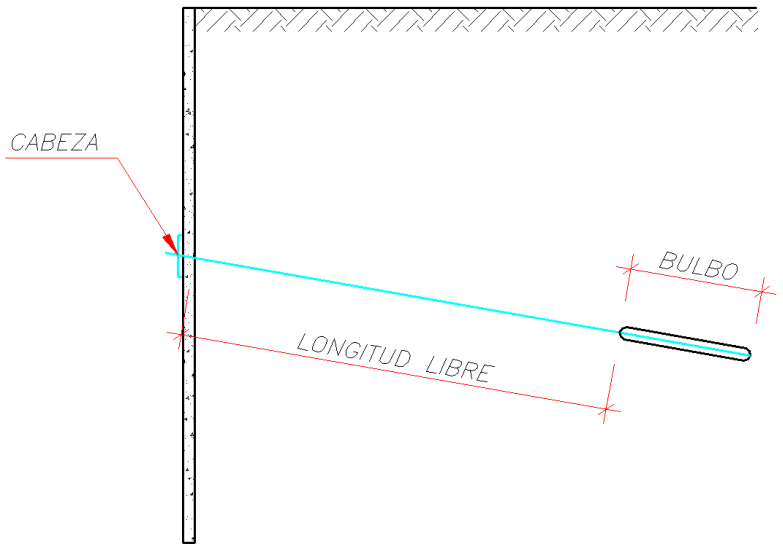
1. Muros excavados y vaciados ubicados hacia el perímetro del terreno de la obra, para posteriormente hacer la excavación general del terreno y conforme se va bajando ésta, se van anclando los muros.

2. Pilotes excavados y vaciados ubicados hacia el perímetro del terreno de la obra, para posteriormente hacer la excavación general del terreno y, conforme se va bajando ésta, se van anclando los pilotes.

3. Muros que se van vaciando y anclando paralelamente a efectuar la excavación del terreno.

Los dos últimos sistemas se vienen usando en nuestro país, siendo el mayoritario el último.

Los tres sistemas hacen que los muros se mantengan en forma vertical, conteniendo el empuje del terreno lateral, en base a anclajes que deben penetrar en los terrenos vecinos o en las calles adyacentes, tal como se indica en el siguiente dibujo.



La adherencia entre el terreno y el concreto del bulbo, permite tensar los anclajes, ejerciendo presión hacia el terreno, reaccionando este sobre el muro.

Los muros de contención que tienen anclajes temporales se diseñan considerando tres hipótesis de carga:

a) La primera es cuando se hace la excavación y se va construyendo los paños aislados de muros anclados. En esta etapa los muros están solos, sin el soporte lateral de las losas de entrepisos y solo tienen la fuerza del tensado y la reacción lateral del terreno.

b) La segunda es cuando ya hay varios paños vaciados y anclados. En esta etapa los muros se comportan como losas si vigas armadas en dos direcciones.

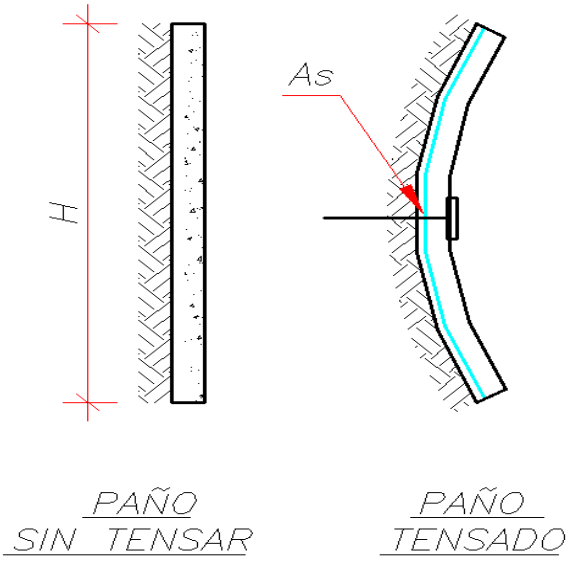
c) La tercera, que es la hipótesis de carga definitiva, se tiene cuando las fuerzas de los anclajes se anulan (se destensan los anclajes al extraer el cono y plancha de anclaje) y se tiene el empuje del terreno actuando sobre los muros y éstos, reaccionando sobre las losas de los entrepisos de los

sótanos. Esto sucede cuando ya se han construido las losas y la estructura del edificio en todos sus sótanos.

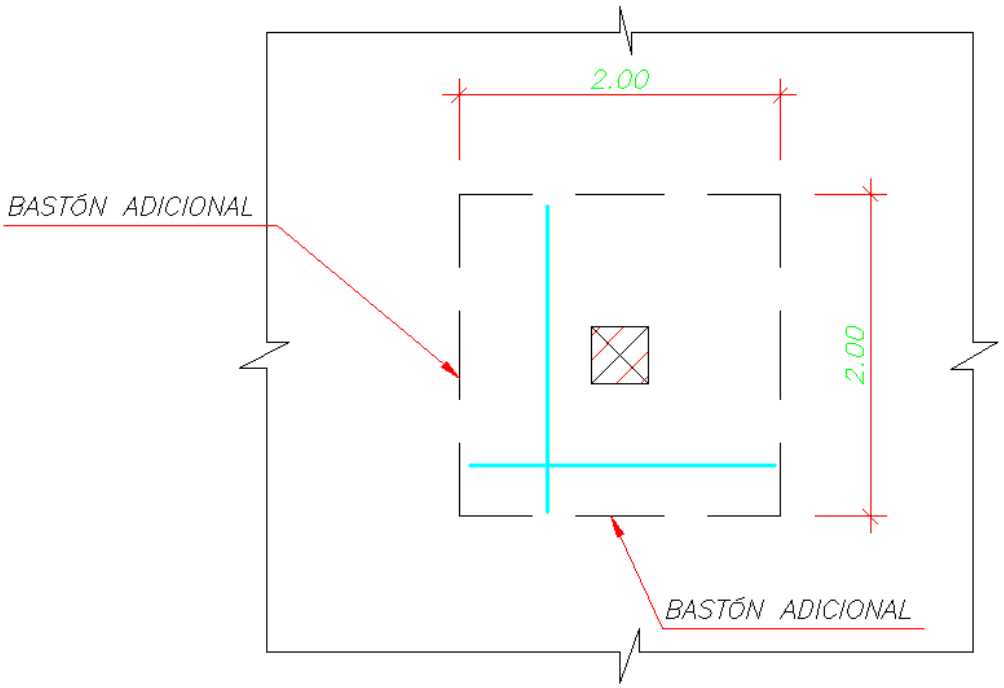
Para la primera etapa, se calcula un paño del muro perimetral, actuando solo bajo la presión de la fuerza de tensado y la reacción del terreno. Como los muros son de 25.0 cm de espesor, se hace un modelo considerando la reacción del terreno, según la deformación del suelo y del muro (resortes con k en función al coeficiente de balasto del suelo). Se ha considerado para la grava típica de Lima un coeficiente de basalto K= 10 kg/cm^3.

En el siguiente dibujo se representa un paño anclado. Se comporta como una zapata flexible que siente la presión ejercida por el anclaje y la reacción variable del terreno.

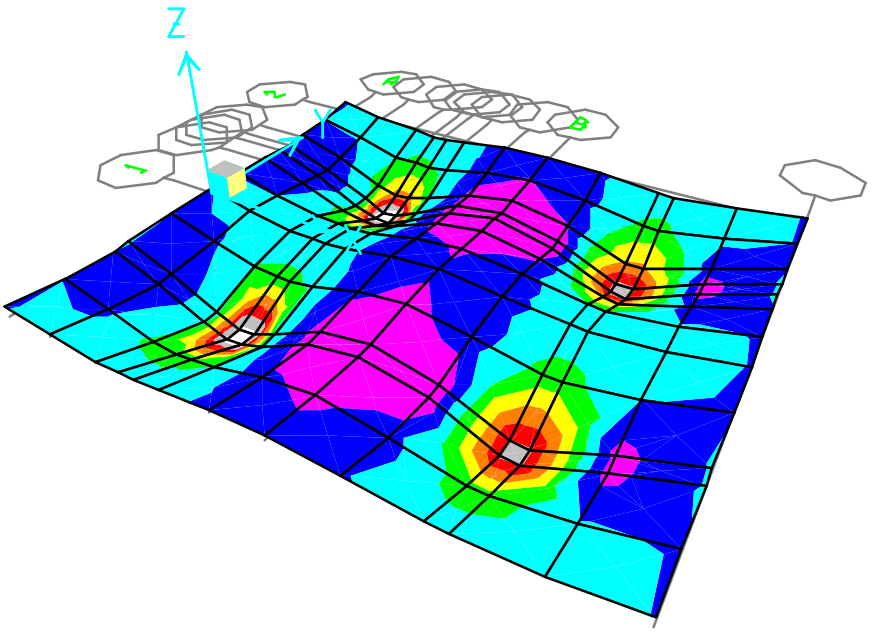
El efecto crítico en esta etapa es la posible falla por punzonamiento y los refuerzos de acero en la cara en contacto con el terreno.



Para obtener el refuerzo de acero de paños aislados (etapa inicial) se considera una malla de acero localizada en la zona de los anclajes, adicional al refuerzo del muro, tal como se muestra en el siguiente dibujo:



Para cuando ya se tengan varios paños anclados, se analizan los esfuerzos que se presentan en el muro, trabajando como losa sin vigas.



Para la etapa final, el muro se diseña como losa armada en la dirección vertical, teniendo como apoyo las losas de los sótanos.

El diseño de los muros, luego de la colocación de los anclajes (para la condición permanente), se realiza considerando un muro con apoyos en las losas de los

entrepisos de los sótanos del edificio. Este muro recibe una fuerza aproximadamente rectangular y no triangular, de acuerdo con las teorías de mecánica de suelos para muros entibados.

Para el cálculo realizado del acero se ha considerado que el concreto posee una resistencia a la compresión f'c=210 kg/cm^2 al momento de realizar el tensado de los anclajes. El acero corrugado tendrá un fy=4200 kg/cm^2.

- ***Proceso constructivo de los muros anclados, espaciamiento de los anclajes y especificaciones del proyecto.***

1) Se comienza la excavación dejando las zonas cercanas a los linderos sin excavar.

2) Se hacen excavaciones localizadas para el vaciado de los paños a anclar.

3) La geometría de los paños queda definida en los planos del subcontratista, normalmente sus alturas van de 3.0 a 3.5m y sus anchos van de 4.0 a 6.0 m. En zonas colindantes con viviendas y edificaciones se recomienda que el ancho de los paños del primer anillo no exceda de 3.0 m.

Excavación localizada para paños anclados.
Siempre habrá terreno a los costados del paño a ejecutar.

Vista de un muro anclado con espaciamiento de anclajes similares a los especificados para este proyecto

4) Se hacen excavaciones localizadas para iniciar la segunda fila de anclajes, manteniendo tierra hacia los costados.

5) El proceso se repite, bajando hacia la tercera, cuarta fila etc.
No debe tenerse nunca, espacios libres mayores al ancho de los paños.

Ing. Jorge Andree Meza Gallegos
MEGA INGENIERÍA DE PROYECTOS
N.º CIP 177450

MEGA
Ingeniería de Proyectos

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO DEL PROYECTO DE ESTRUCTURAS "HUASCAR 2121"

REV.	DESCRIPCION	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA
A	Emisión Cliente	J.H.H.C	M.A.H.C	J.A.M.G	30/05/2025

Av. Javier Prado 757 Of.1604 - Magdalena del Mar
informes@megaings.com
megaings.com

ÍNDICE

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 2

- Descripción general 2
- Estructuración 2
- Normas 4
- Consideraciones generales de diseño 4

II. MODELO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS SÍSMICO 8

o Etapa 1: Peligro Sísmico 8
o Etapa 2: Características del edificio 10
o Etapa 3: Análisis Estructural 20
o Etapa 4 Validación de la estructura 27

III. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 28

a) Diseño de losas macizas 28
b) Diseño de vigas 36
c) Diseño de columnas 40
d) Diseño de placas 44
e) Diseño de zapatas 48

IV. CONCLUSIONES 51

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

- Descripción general

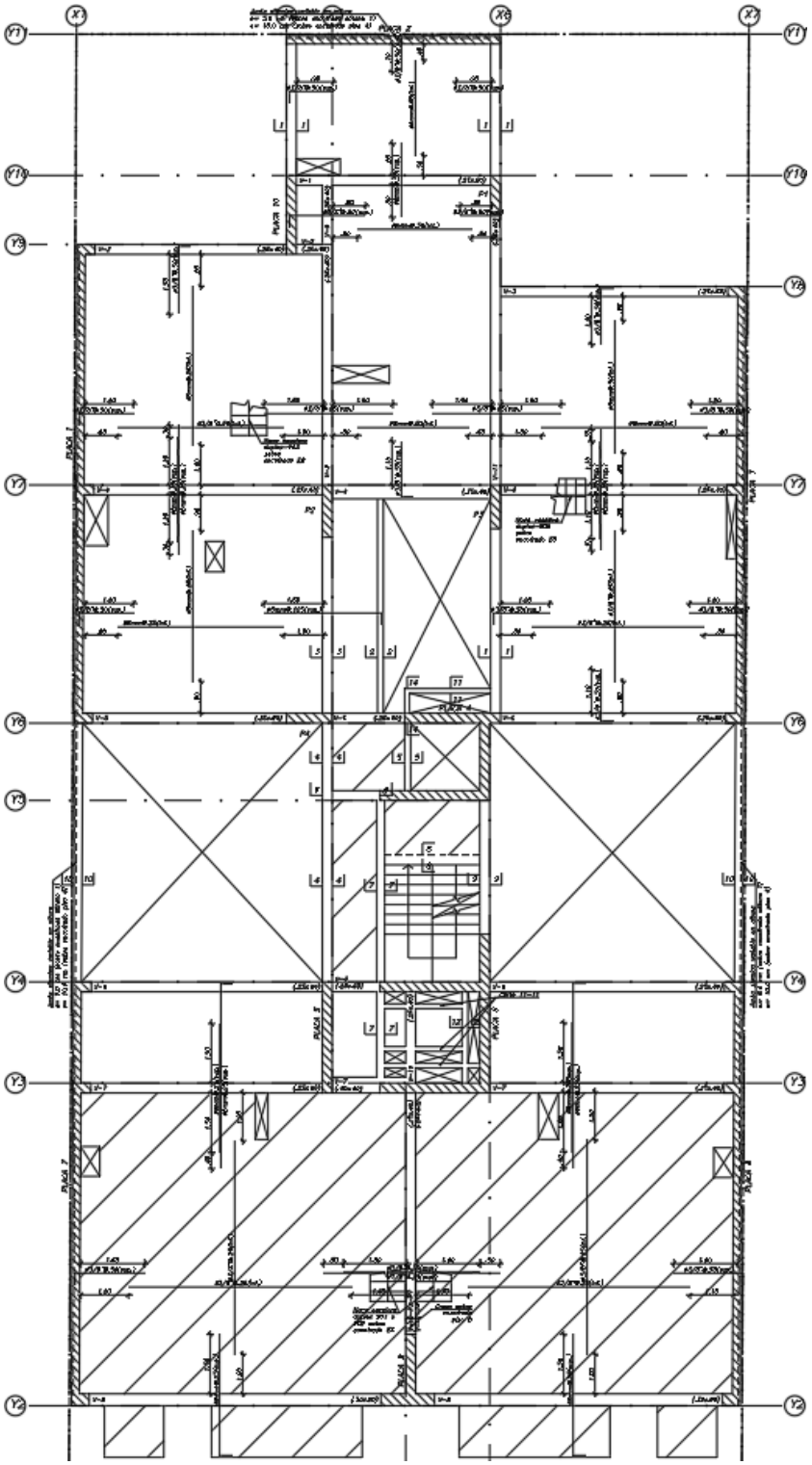
El proyecto consiste en el análisis y diseño del proyecto Edificio Multifamiliar "Huáscar 2121". La edificación cuenta con una cisterna, dos sótanos, nueve pisos y una azotea.

El terreno sobre el cual se edificará está ubicado en el Jr. Huáscar 2121-2123, Urbanización Fundo Matalechuzitas, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

- Estructuración

La edificación ha sido estructurada 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 emplearon losas macizas de 15 y 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 armado: 2400 kg/m^3

Carga muerta
Se consideró como carga muerta el peso propio de todos los elementos estructurales, más 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

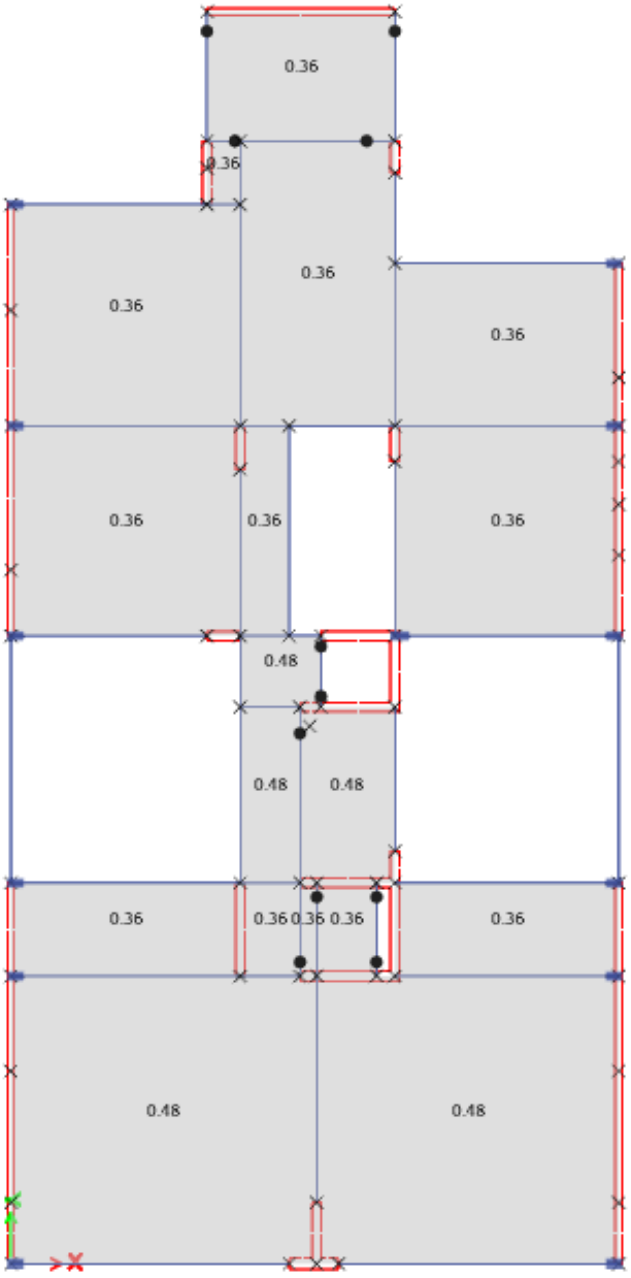
- 1.4 x D + 1.7 x L
- 1.25 x (D + L) ± S
- 0.9 x D ± S

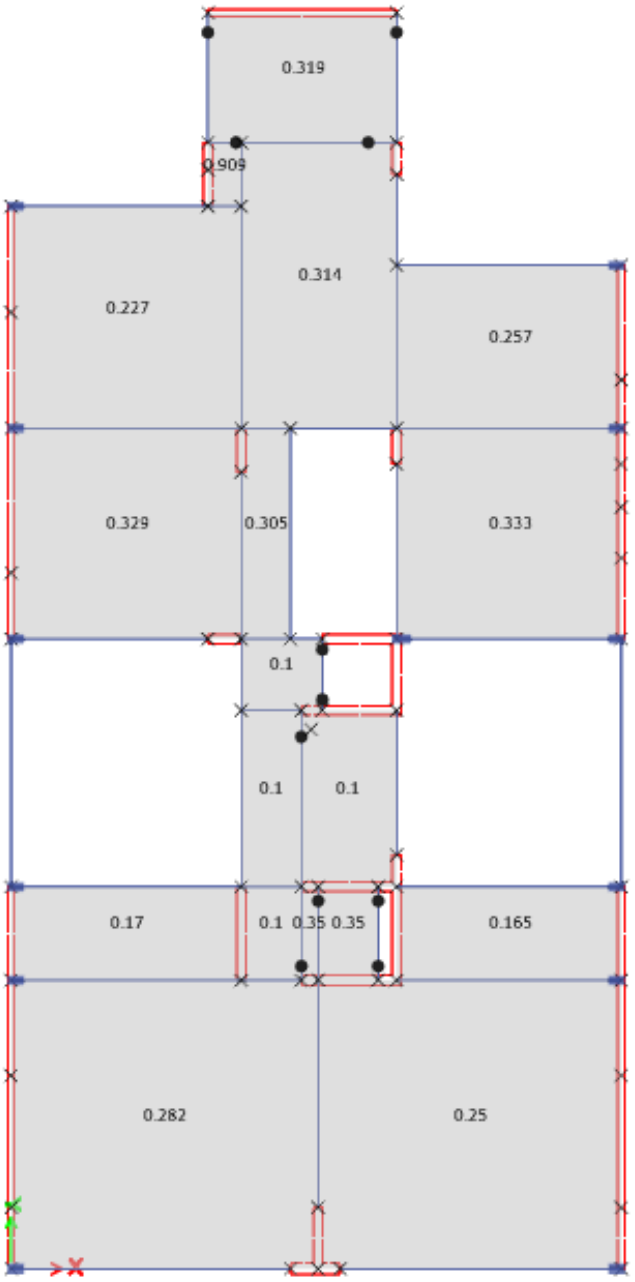
Dónde:

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

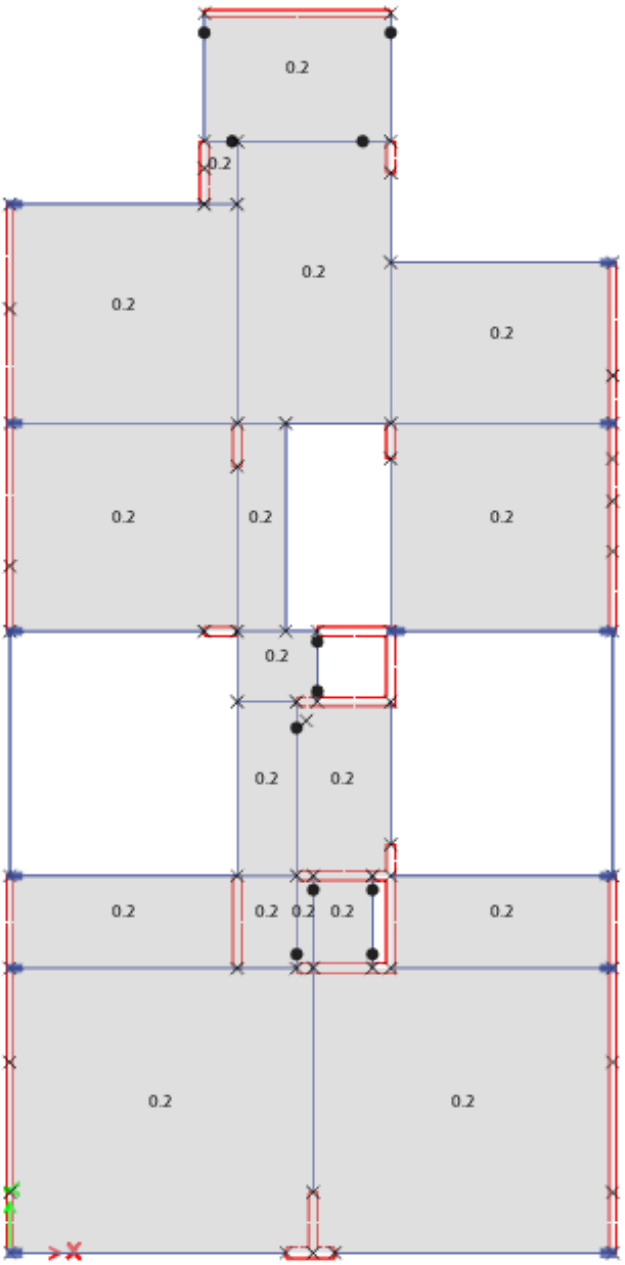
- Carga Muerta (tonf) (peso propio de elementos estructurales y no estructurales)

    - Carga del Peso Propio y Tabiquería




0.319
0.909
0.314
0.227
0.257
0.329
0.305
0.333
0.1
0.1
0.1
0.17
0.1
0.35
0.35
0.165
0.282
0.25

- 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 ello, 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 un suelo gravoso, 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 Piso 1 (Ton)	Cortante total de placas (Ton)	Porcentaje (%)
376.17	369.72	98%

En Y-Y		
Cortante Piso 1 (Ton)	Cortante total de placas (Ton)	Porcentaje (%)
854.01	854.01	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
AZ	17090.232	NO APLICA
E9	38227.046	Regular
E8	49401.014	Regular
E7	56689.149	Regular
E6	62566.58	Regular
E5	69821.246	Regular
E4	80878.283	Regular
E3	97983.071	Regular
E2	127192.302	Regular
E1	167383.873	Regular

Verificación direccion Y-Y		
Piso	Rigidez lateral	Verificación Irr. Rigidez
AZ	52069.052	NO APLICA
E9	143030.253	Regular
E8	207150.914	Regular
E7	262444.197	Regular
E6	315774.765	Regular
E5	375288.153	Regular
E4	461830.708	Regular
E3	561112.055	Regular
E2	710898.628	Regular
E1	967480.262	Regular

NO se presenta irregularidad ni de rigidez ni de resistencia. Con respecto a la irregularidad de piso blando, la estructura cuenta con un sistema resistente continuo en altura, por tanto, no presenta dicha 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
E1	D1	48.94668	Regular
E2	D2	47.96738	Regular
E3	D3	47.96738	Regular
E4	D4	47.12002	Regular
E5	D5	46.18426	Regular
E6	D6	46.18426	Regular
E7	D7	45.68242	Regular
E8	D8	44.48626	Regular
E9	D9	44.03928	Regular

La estructura NO 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**

La estructura NO presenta irregularidad por 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**

La estructura NO presenta irregularidad de sistemas resistentes.

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

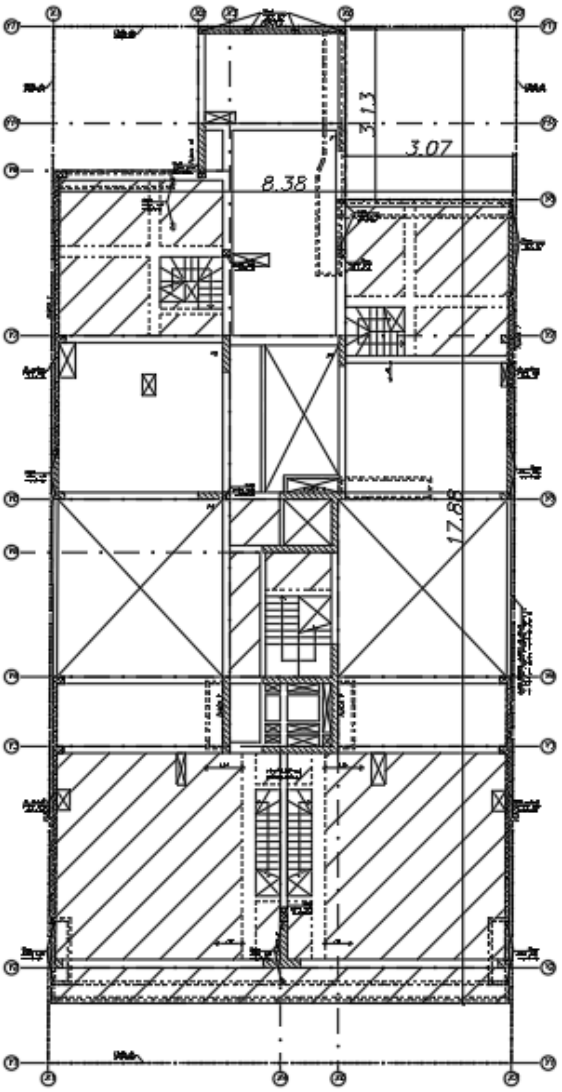
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo 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	Ratio	Verificación
AZ1	0.00518	0.00531	1.025	NO TORSION
Piso 9	0.00548	0.00551	1.005	NO TORSION
Piso 8	0.00573	0.00582	1.015	NO TORSION
Piso 7	0.00591	0.00604	1.022	NO TORSION
Piso 6	0.00597	0.00614	1.029	NO TORSION
Piso 5	0.00587	0.00610	1.038	NO TORSION
Piso 4	0.00556	0.00584	1.051	NO TORSION
Piso 3	0.00505	0.00538	1.065	NO TORSION
Piso 2	0.00423	0.00465	1.099	NO TORSION
Piso 1	0.00315	0.00383	1.216	NO TORSION

Verificación torsión direccion Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Ratio	Verificación
AZ1	0.00249	0.00258	1.036	NO APLICA
Piso 9	0.00257	0.00269	1.044	NO APLICA
Piso 8	0.00264	0.00276	1.045	NO APLICA
Piso 7	0.00265	0.00277	1.046	NO APLICA
Piso 6	0.00260	0.00272	1.046	NO APLICA
Piso 5	0.00247	0.00258	1.045	NO APLICA
Piso 4	0.00219	0.00228	1.041	NO APLICA
Piso 3	0.00193	0.00201	1.040	NO APLICA
Piso 2	0.00161	0.00167	1.039	NO APLICA
Piso 1	0.00115	0.00120	1.044	NO APLICA

La estructura NO presenta irregularidad torsional.

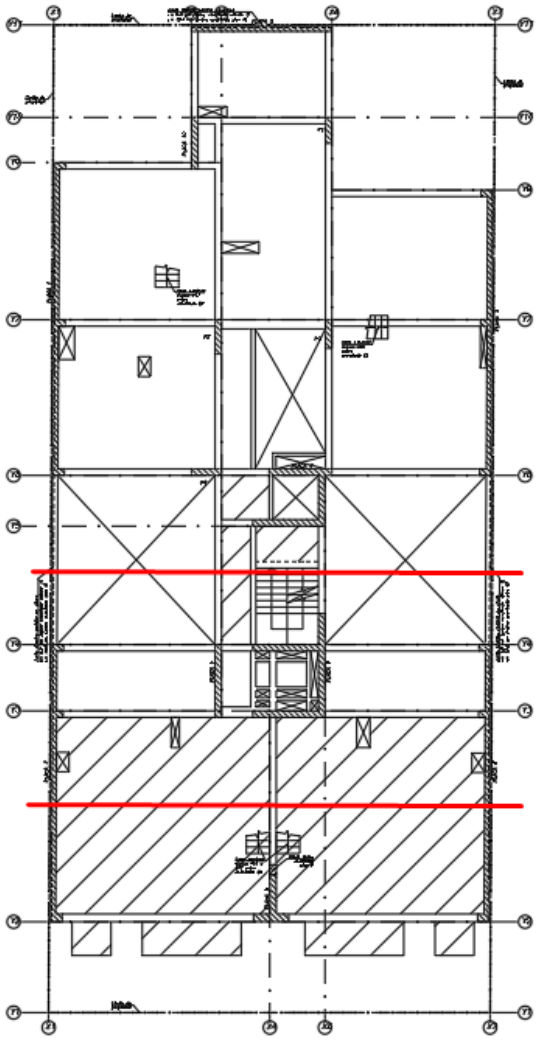
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	**0,90**



Eje	Esquina entrante	Longitud total	Porcentaje	Verificación
X	3.07	8.38	37%	Irr. Esquinas entrantes
Y	3.13	17.88	18%	Regular

La estructura NO presenta irregularidad por 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)	
MACIZA 20	0.2	1.57	16.87	0.314	3.374	Disc. De Diafragma

La estructura 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:
  - Irregularidad por Discontinuidad del Diafragma.

➢ 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

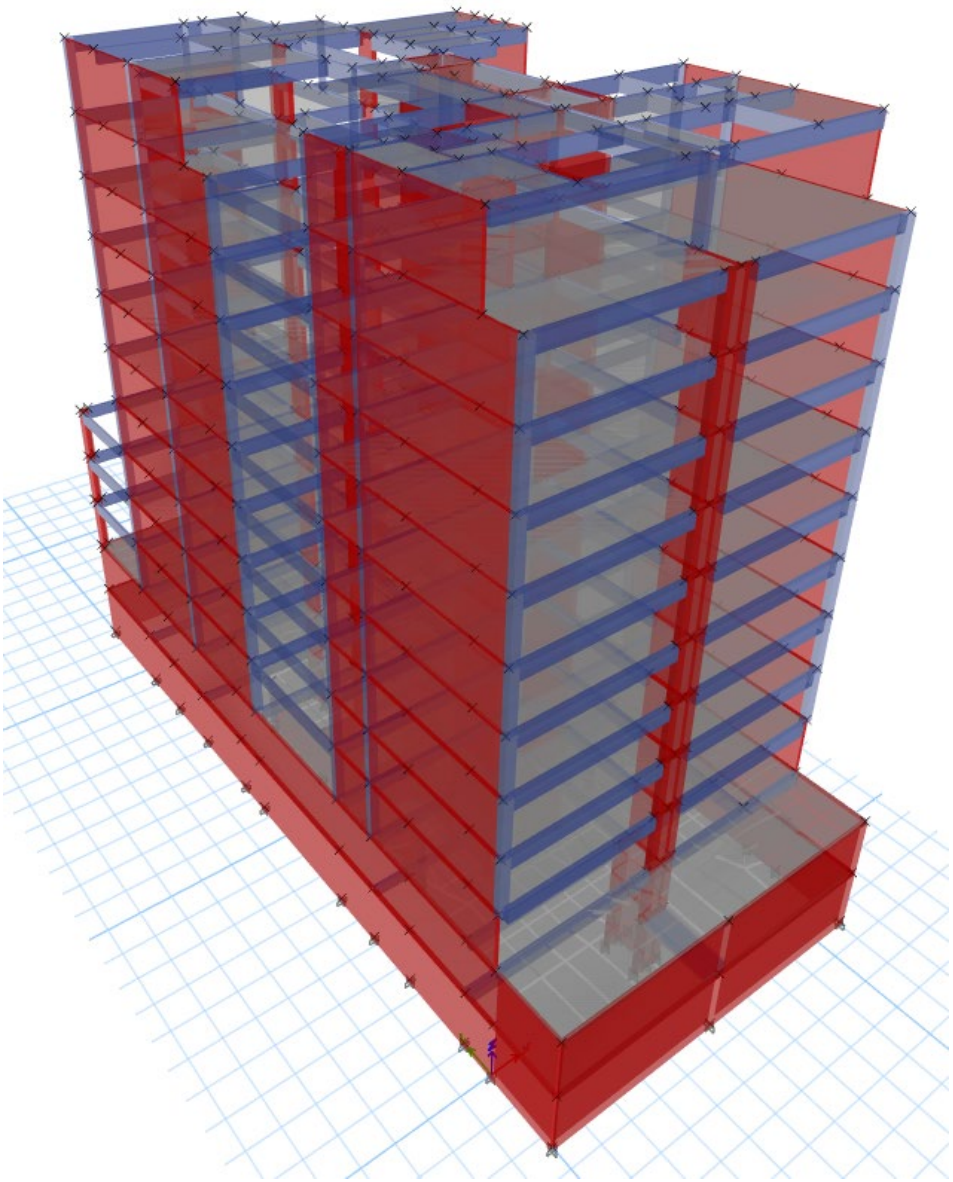
➢ Paso 10 (Coeficiente de reducción de la fuerza Sísmica R)

$R = R \times I_a \times I_p$
$= 6 \times 1.00 \times 0.85 = 5.10.$

- **Etapa 3: Análisis Estructural**

➢ Paso 11 (Modelo de análisis)

Se realizó un modelo tridimensional de la estructura.



Modelo de estructura 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 4296 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	0.907
Dirección Y-Y	0.385

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

	Valor "C"
Dirección X-X	1.10
Dirección Y-Y	2.50

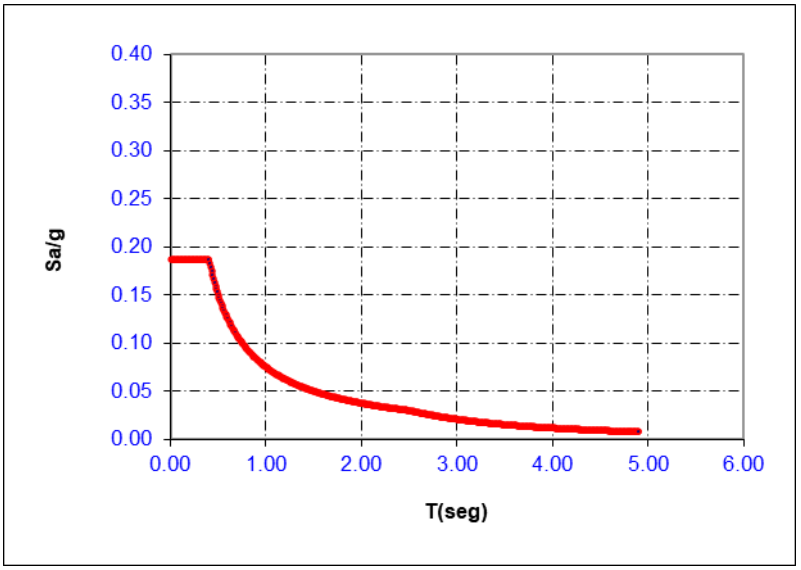
Con los valores de "C" se obtienen los valores de las cortantes estáticas.

Vx = 418 ton
Vy = 948 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

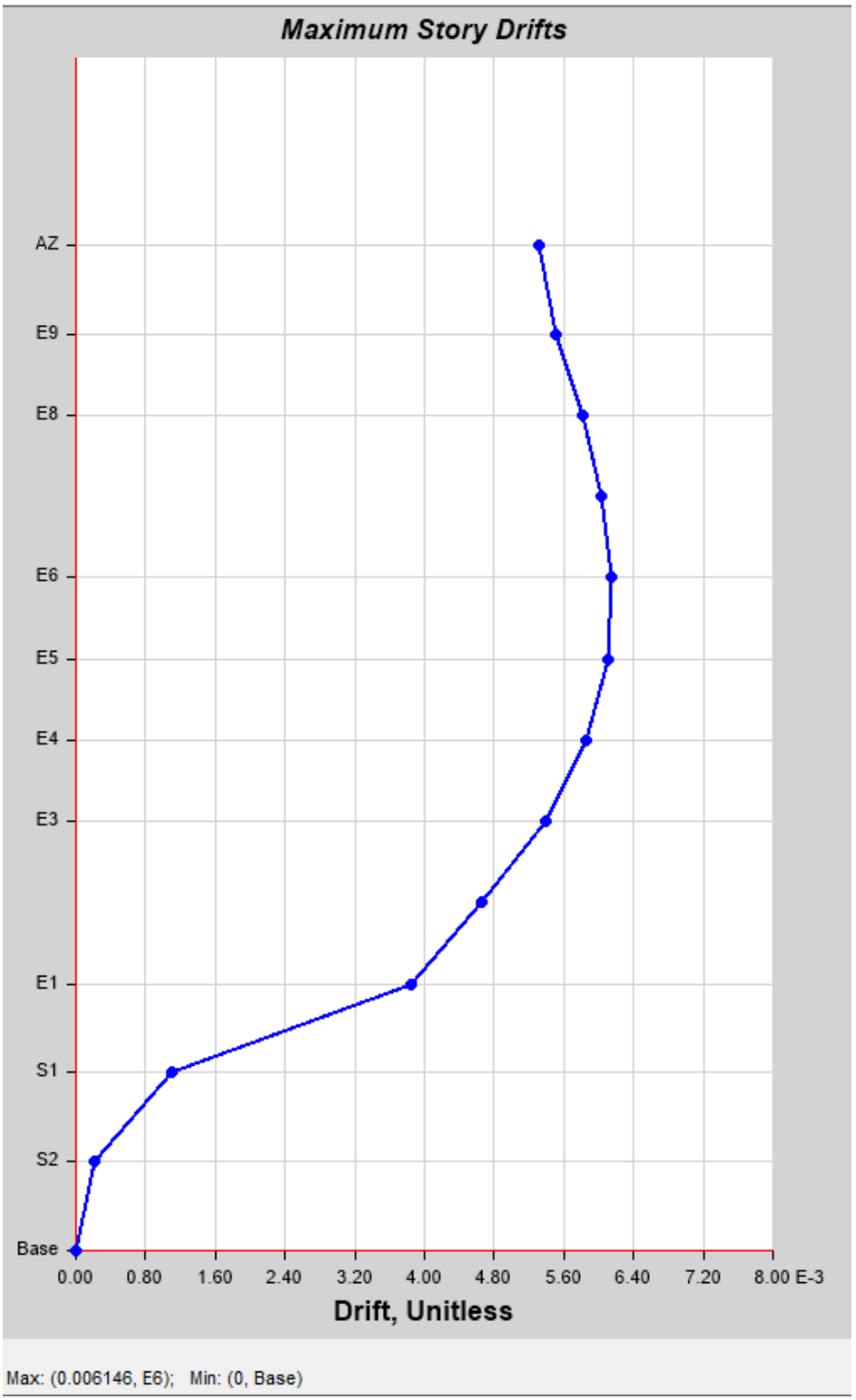
Con el cual se determinarán los valores de las cortantes dinámicas en ambas direcciones con sus respectivos factores de amplificación de fuerzas.

	Cortante Dinámica (ton)
Dirección X-X	305.80
Dirección Y-Y	617.67

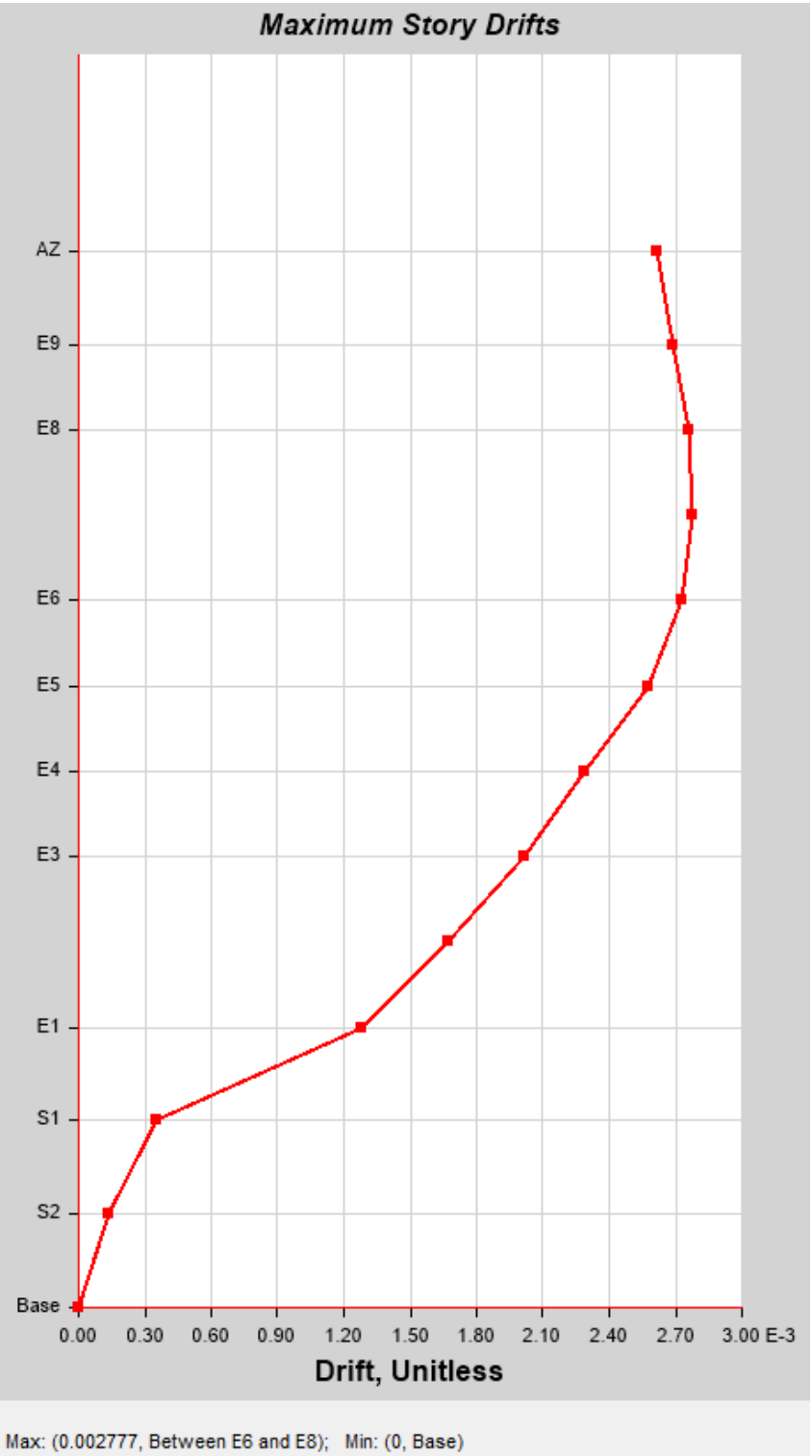
Con estos valores de cortantes dinámicas se proceden a amplificar al 90% de las cortantes estáticas en sus direcciones correspondientes y se determinan los factores de amplificación

	V al 90% Est. (ton)
Dirección X-X	376
Dirección Y-Y	853
	Factor de amplificación
Dirección X-X	1.2301
Dirección Y-Y	1.3809

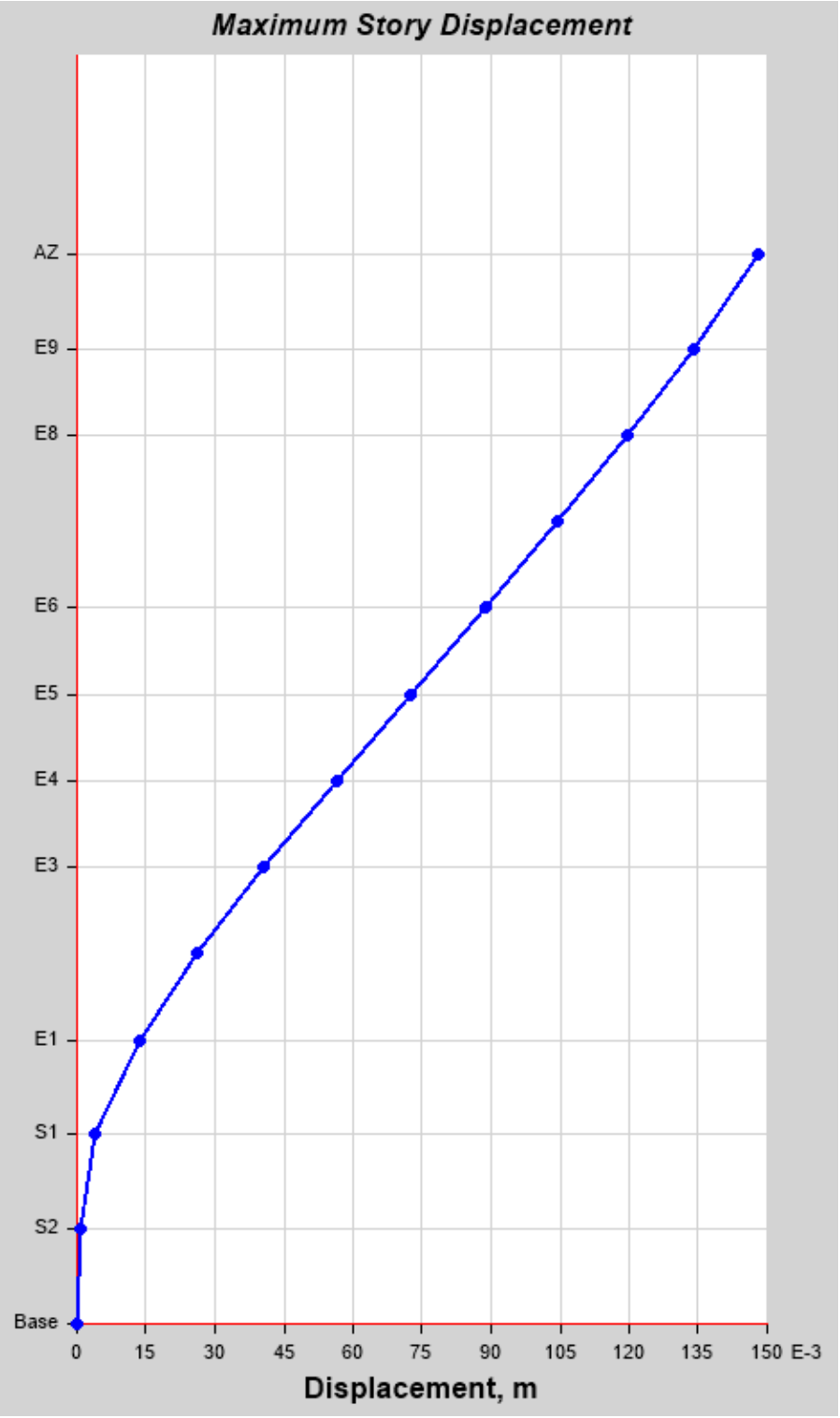
- Derivas
  En la dirección X-X:



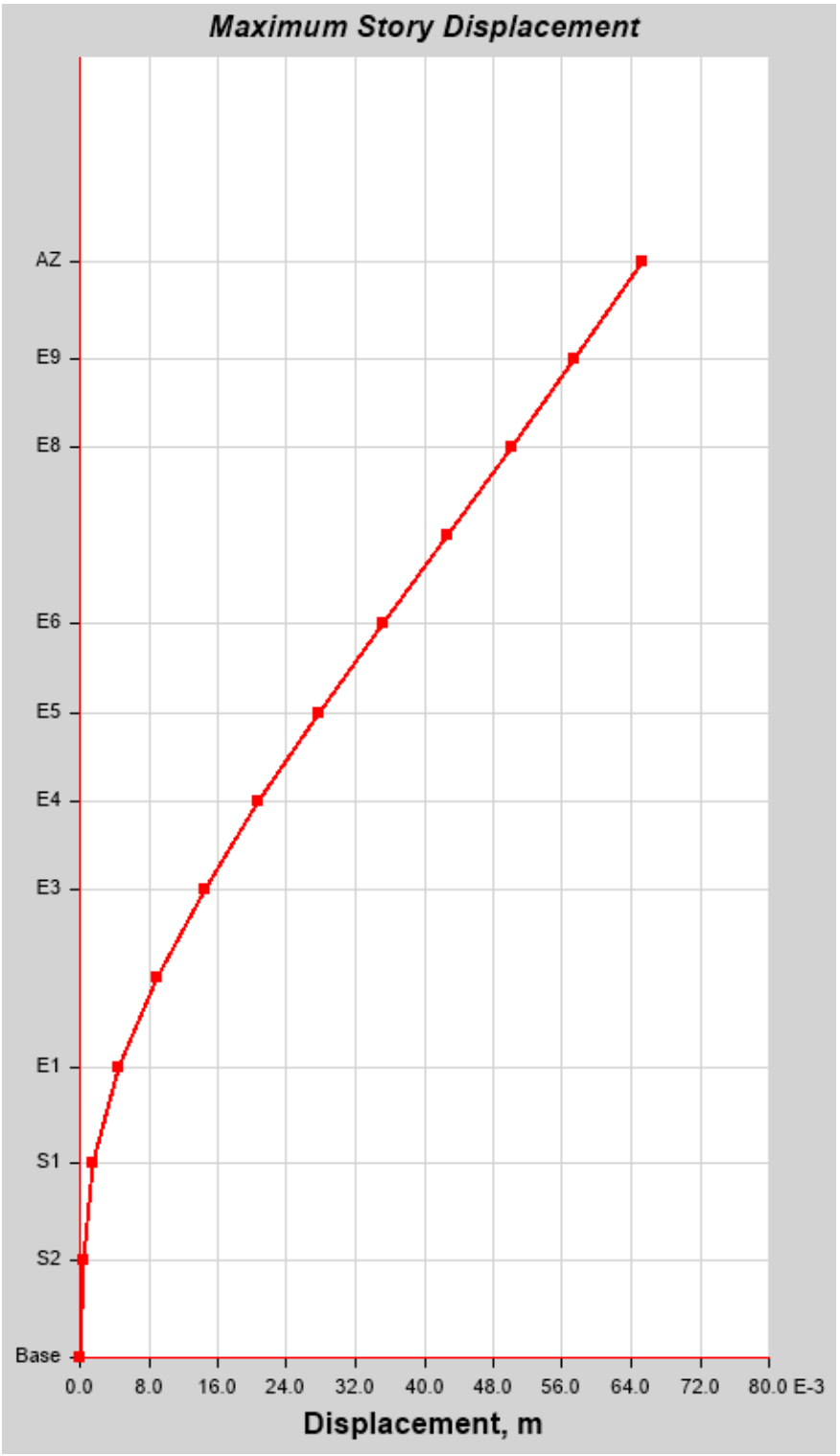
En la dirección Y-Y:



- 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 ≥ 0.1661 m (16.61 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 14.40 = 9.60 cm
  b) s / 2 = 16.61/ 2 = 8.31 cm

  Dirección Y-Y

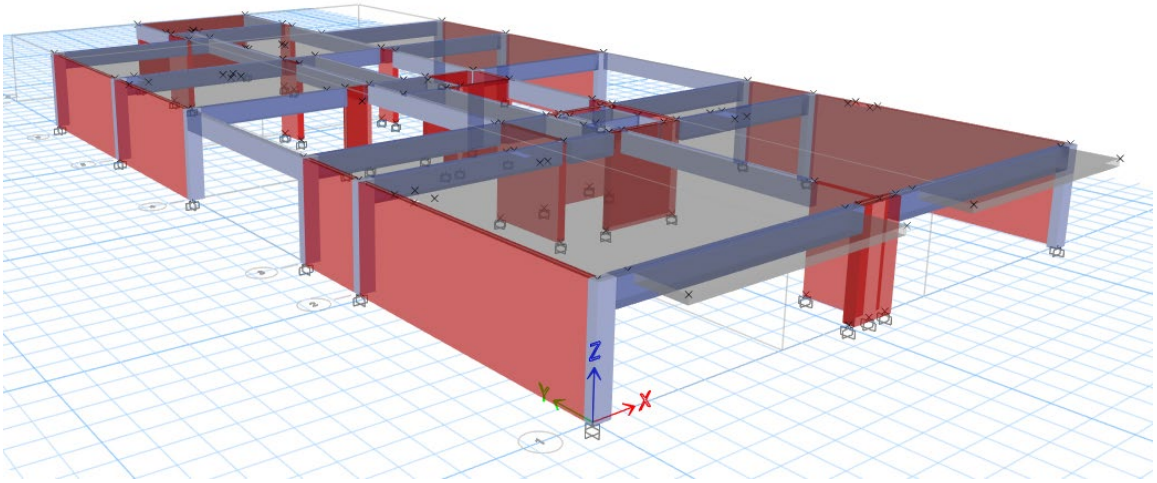
  El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:
  c) 2/3 del desplazamiento máximo obtenido = 2 / 3 x 6.37 = 4.25 cm
  d) s / 2 = 16.61/ 2 = 8.31 cm

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 losas macizas

Se utilizó el programa ETABS V18.1.1 para poder obtener las magnitudes de las cargas últimas a las que estarán sometidas dichos elementos estructurales.



Modelo tridimensional para diseño de encofrados

A continuación, se muestran los diagramas de momentos flectores obtenidos en las direcciones XX (M11) e YY (M22) para los techos modelados en cuestión:

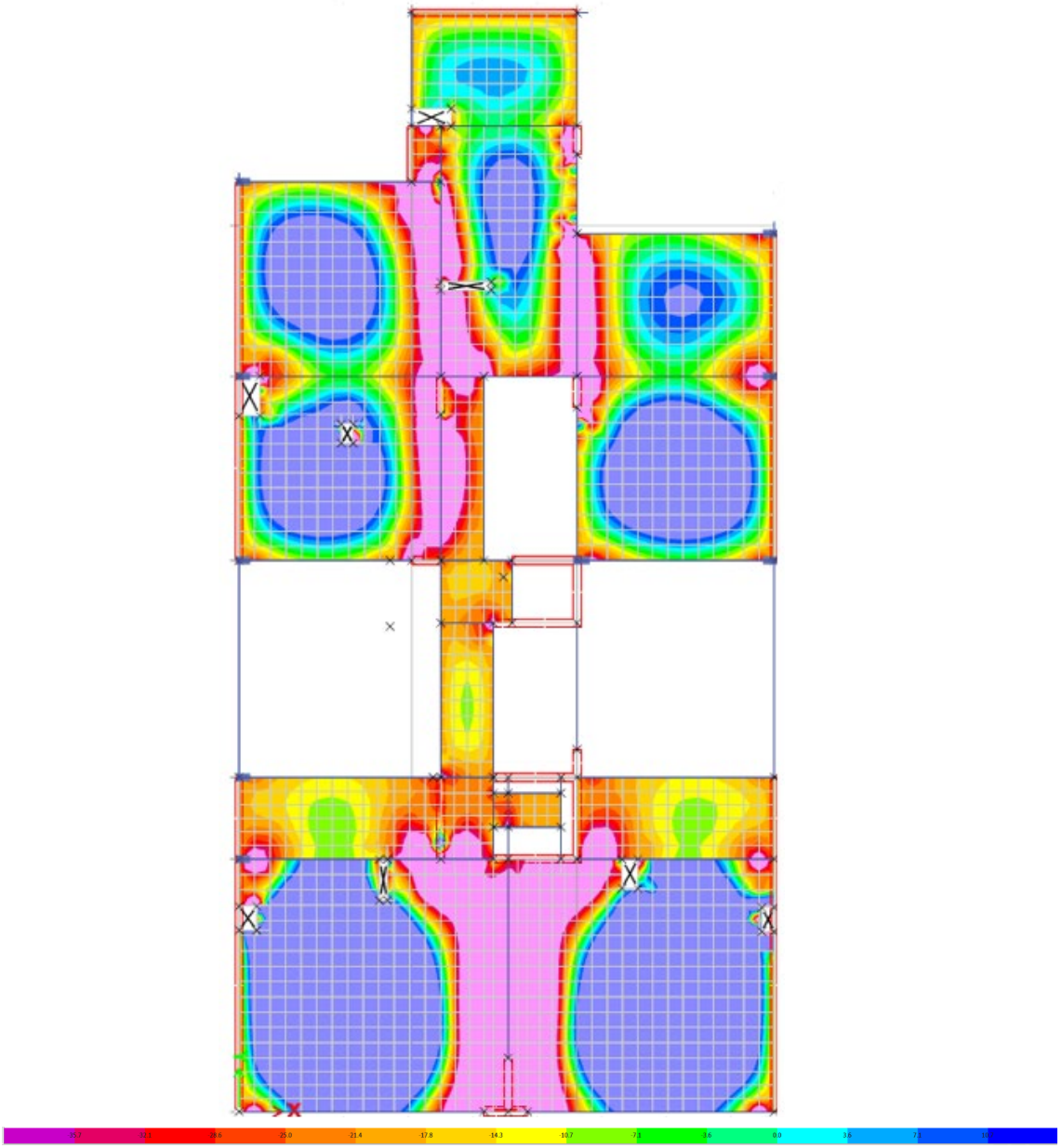


Diagrama de momentos flectores en la dirección XX (M11)

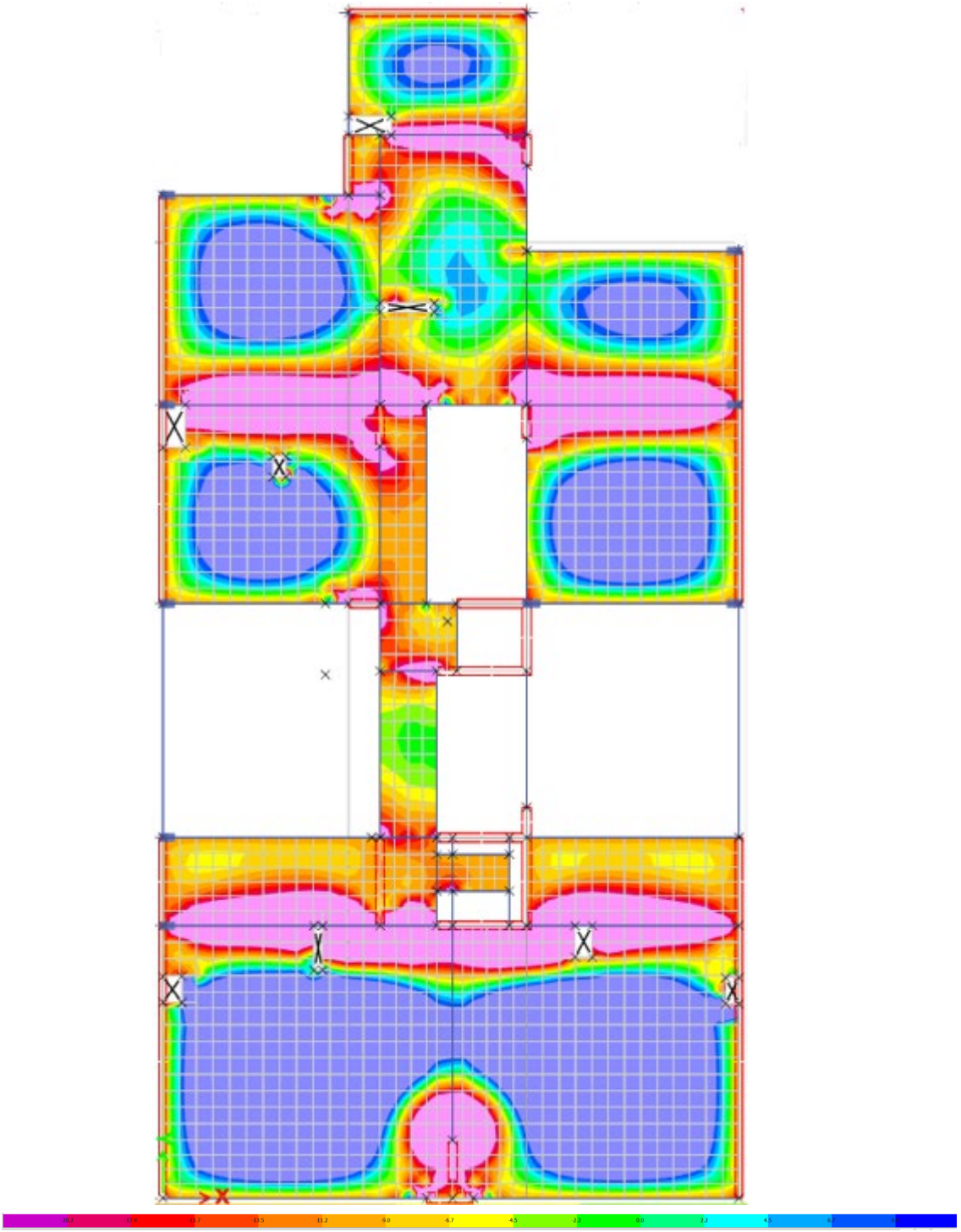


Diagrama de momentos flectores en la dirección YY (M22)

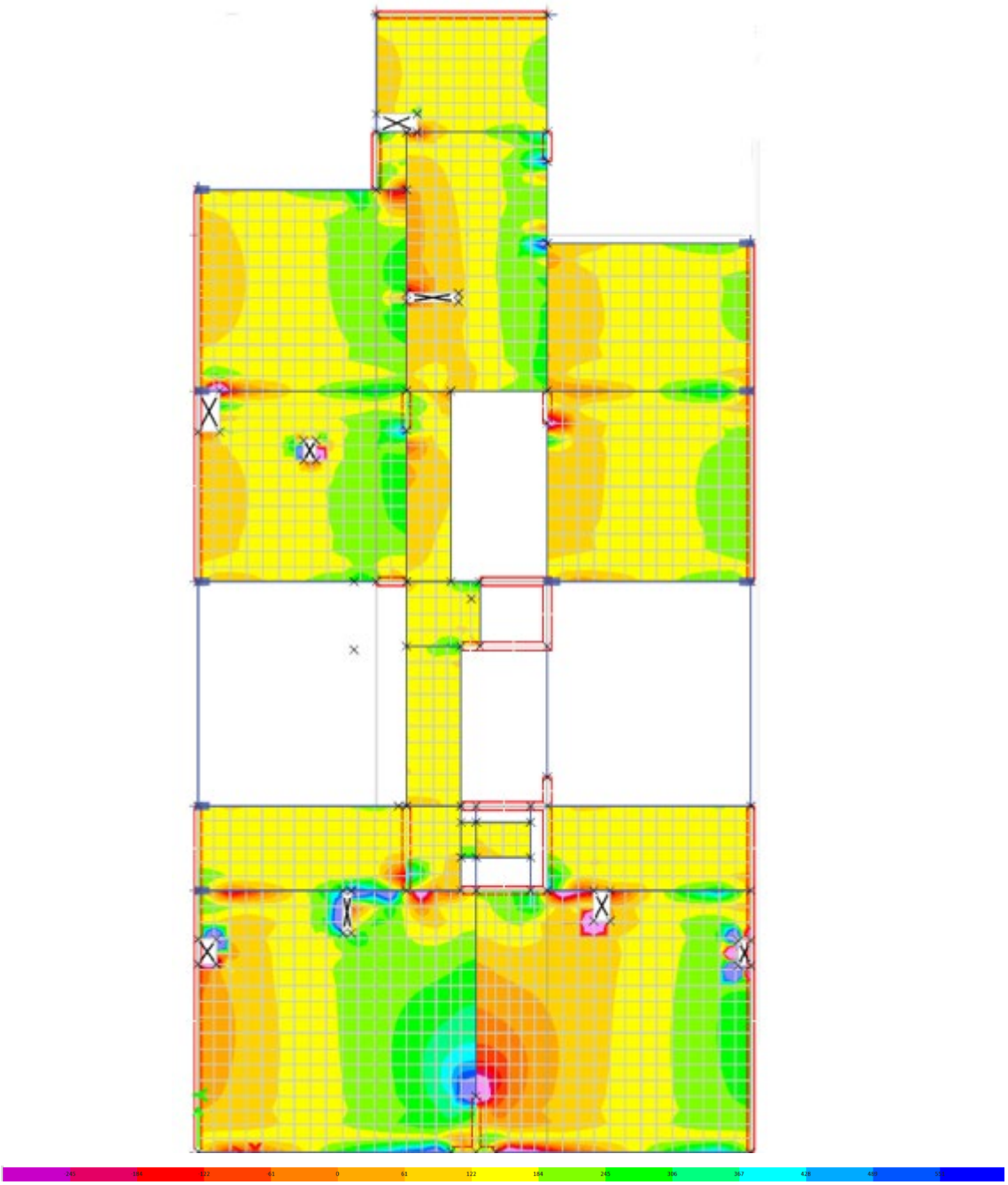


Diagrama de fuerzas cortantes en la dirección XX (V13)

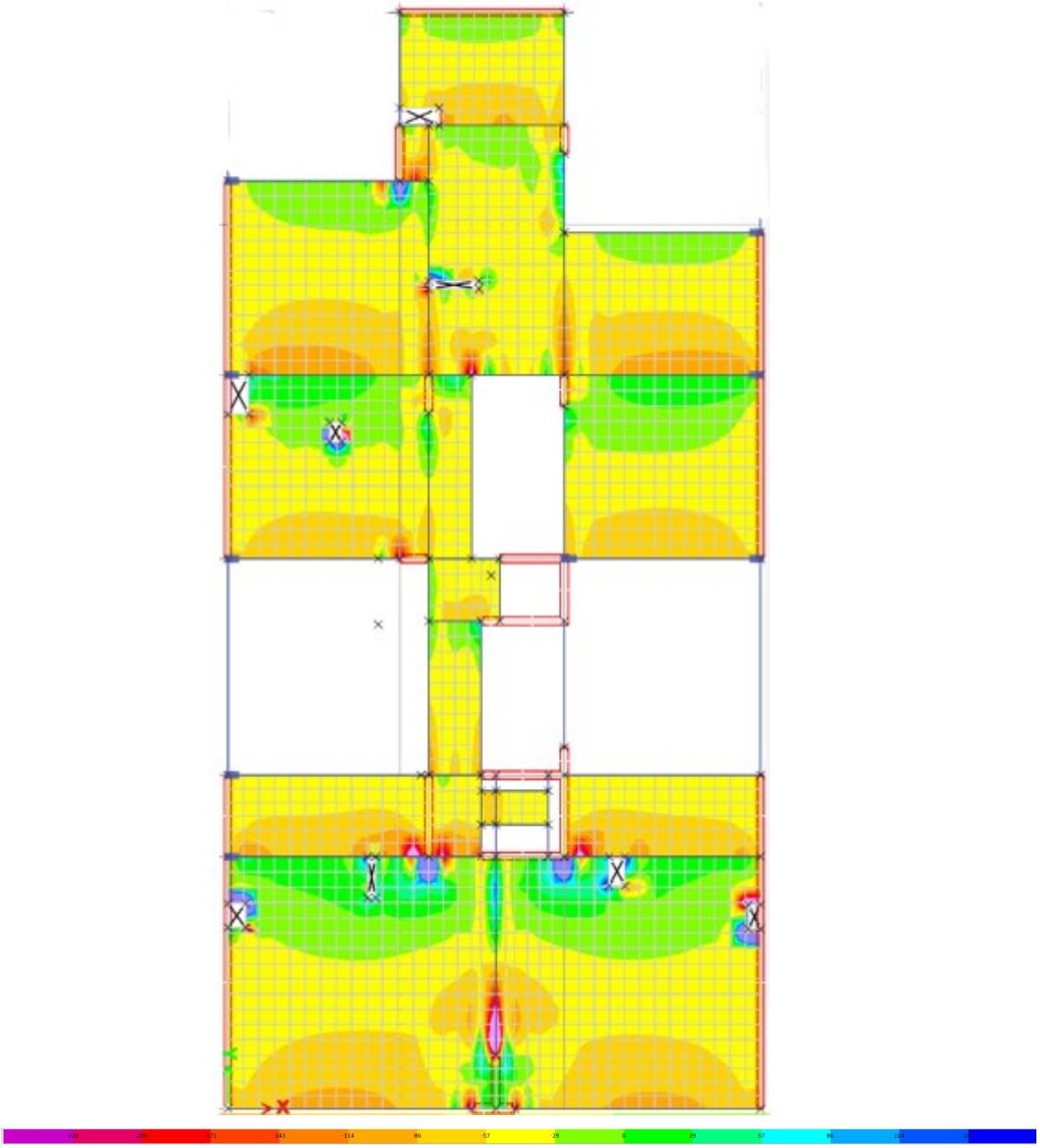
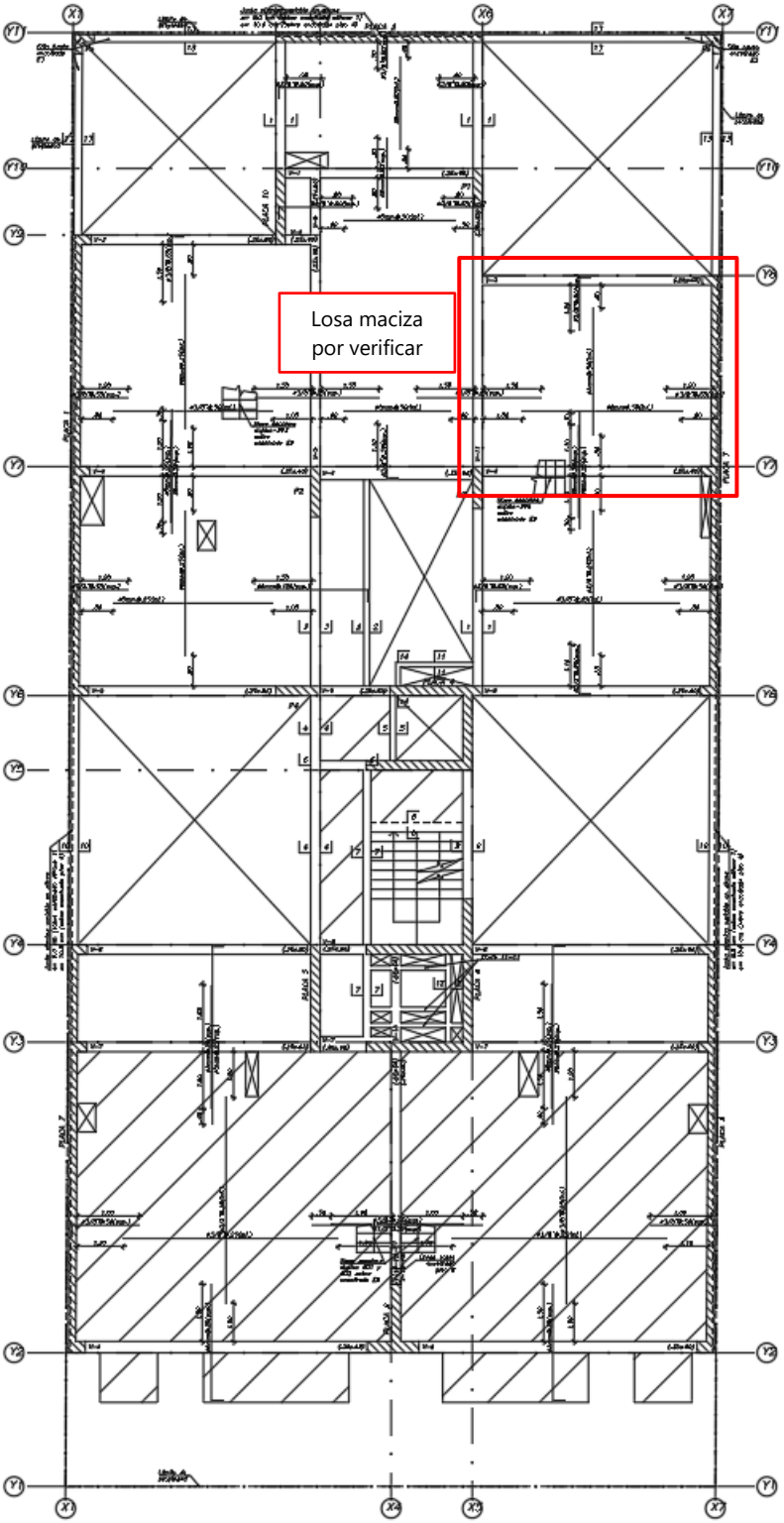


Diagrama de fuerzas cortantes en la dirección YY (V23)

En la siguiente imagen se muestra la planta de encofrado, donde se indica el paño de losa maciza a verificar:


Losa maciza
por verificar

Del modelo computacional, se extrajeron los valores de las solicitaciones últimas para poder realizar el diseño del paño de losa maciza. A continuación, se muestran las cargas últimas del paño de losa seleccionado:

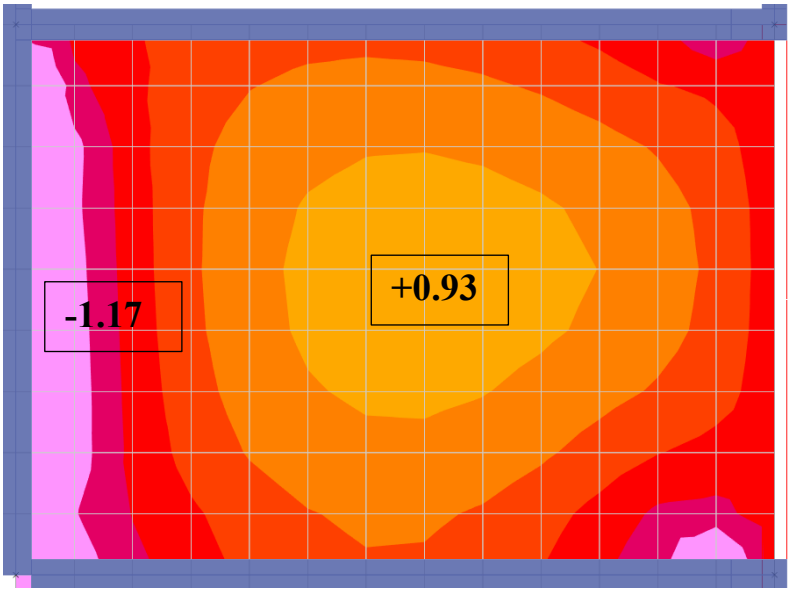


Diagrama de momento flector M11-Horizontal

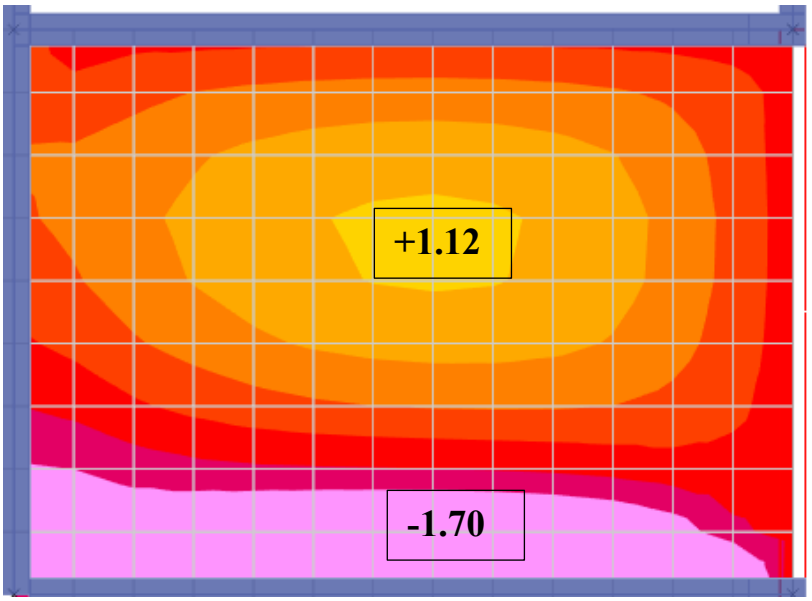


Diagrama de momento flector M22-Vertical

Se procedió a realizar el diseño del paño de losa maciza con las cargas mencionadas anteriormente. A continuación, se muestra el diseño en concreto armado realizado:

DISEÑO POR FLEXIÓN DEL LADO CORTO (L=4.75m)

Mu-i=	1.70 Ton.m			Mu-j=	0.00 Ton.m
Ku-j=	11.8	Mu+=	1.12 Ton.m	Ku-j=	0.0
As-i=	3.9 cm2	Ku+=	7.8	As-j=	0.0 cm2
As colocado -	5.00 cm2	As+=	2.5 cm2	As colocado -	0.00 cm2
		As colocado +	3.00 cm2		

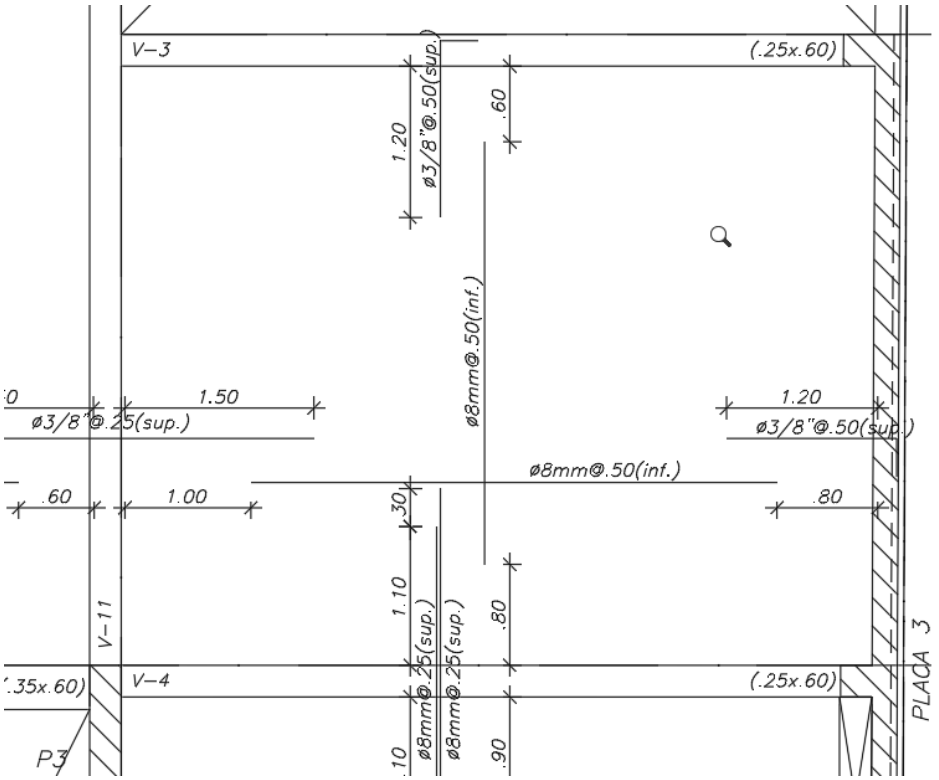
DISEÑO POR FLEXIÓN DEL LADO LARGO (L=5.98m)

Mu-i=	1.17 Ton.m			Mu-j=	0.00 Ton.m
Ku-j=	8.1	Mu+=	0.93 Ton.m	Ku-j=	0.0
As-i=	2.6 cm2	Ku+=	6.5	As-j=	0.0 cm2
As colocado -	3.84 cm2	As+=	2.1 cm2	As colocado -	0.00 cm2
		As colocado -	3.00 cm2		

VERIFICACIÓN POR CORTANTE

Vu @ d Máximo =	2.71 Ton
Vu @ d Promedio =	1.65 Ton
Vu @ d intermedio =	2.18 Ton
ϕVc =	7.83 Ton

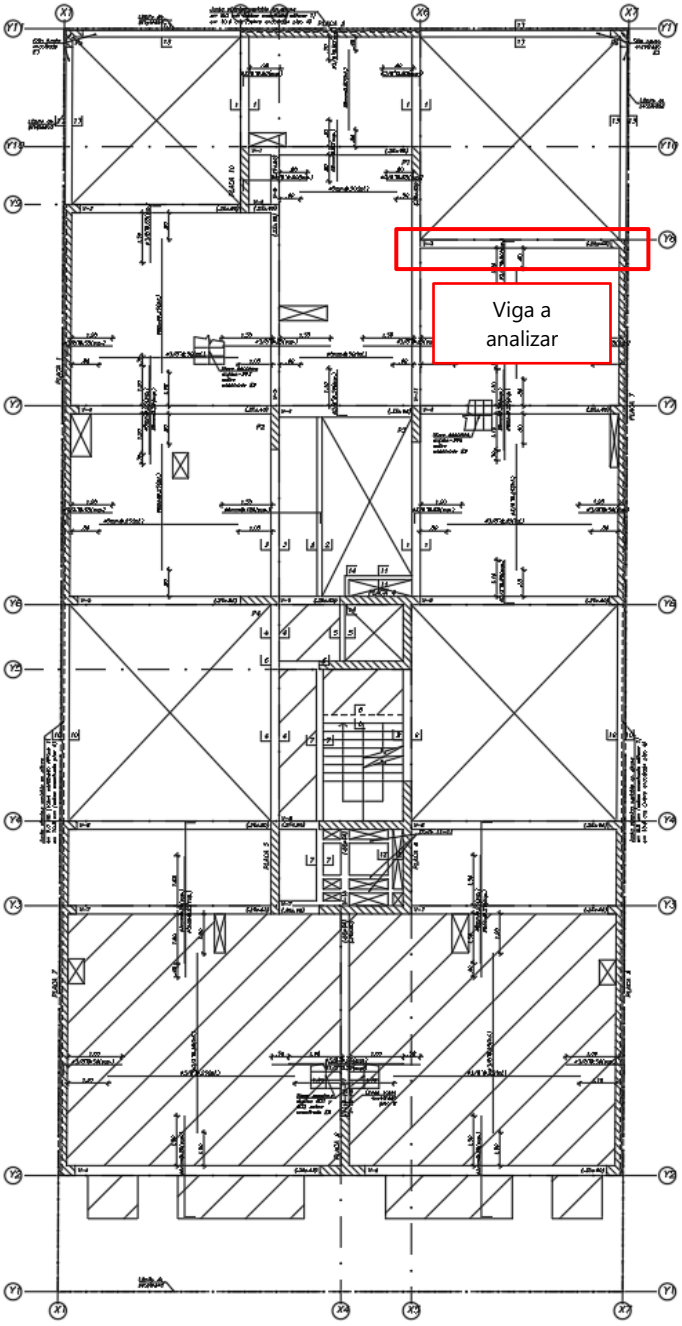
A continuación, se muestra el detalle de acero del paño verificado



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

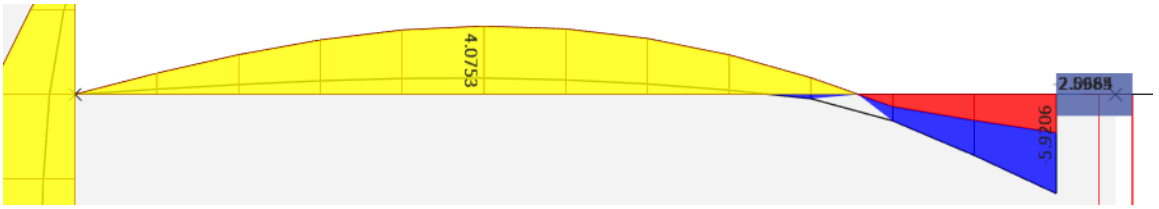
b) Diseño de vigas

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

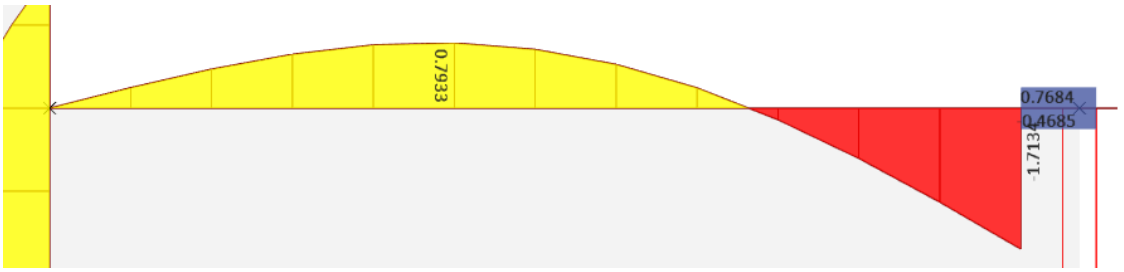


Ubicación de la Viga V-3

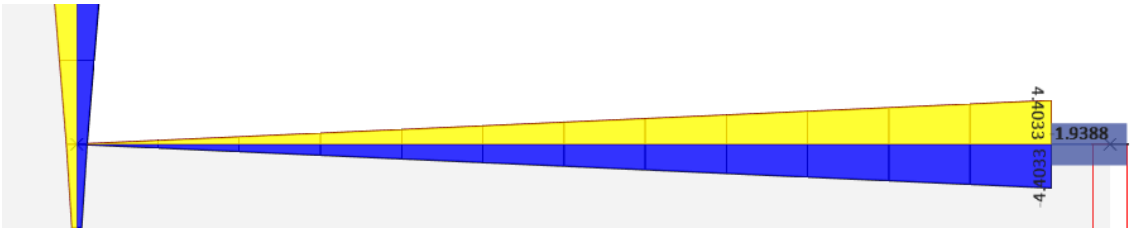
A continuación, se muestran los diagramas de momentos flector y fuerzas cortantes de la viga V-3:



Carga muerta

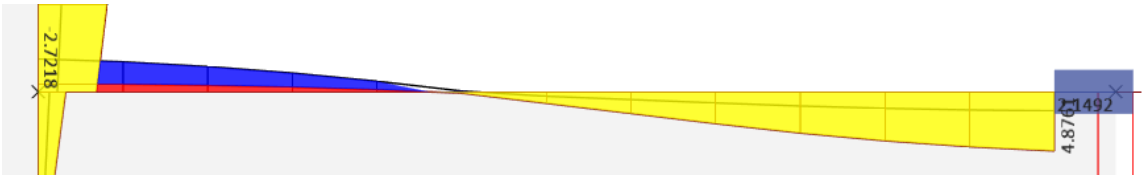


Carga viva

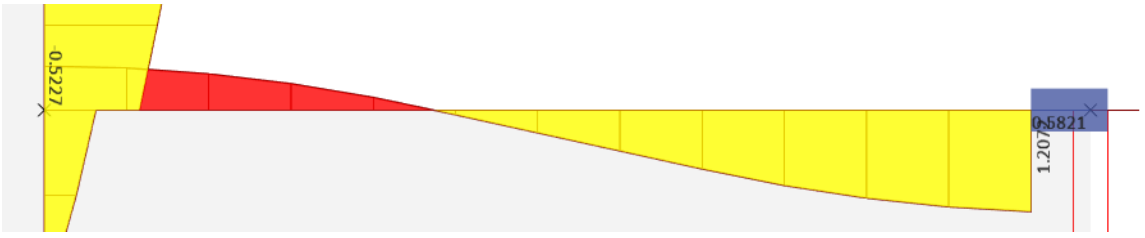


Carga sismo

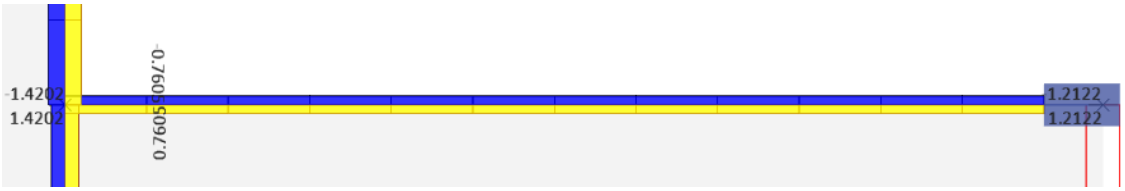
Diagrama de momentos flectores



Carga muerta

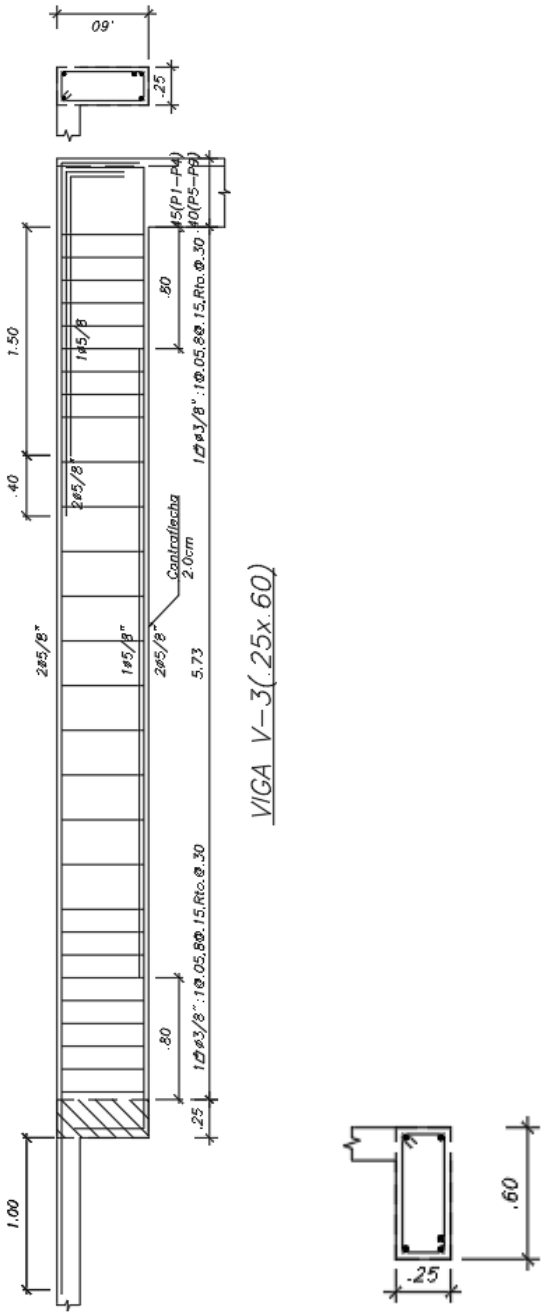


Carga Viva



Carga Sismo
Diagrama de fuerzas cortantes

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



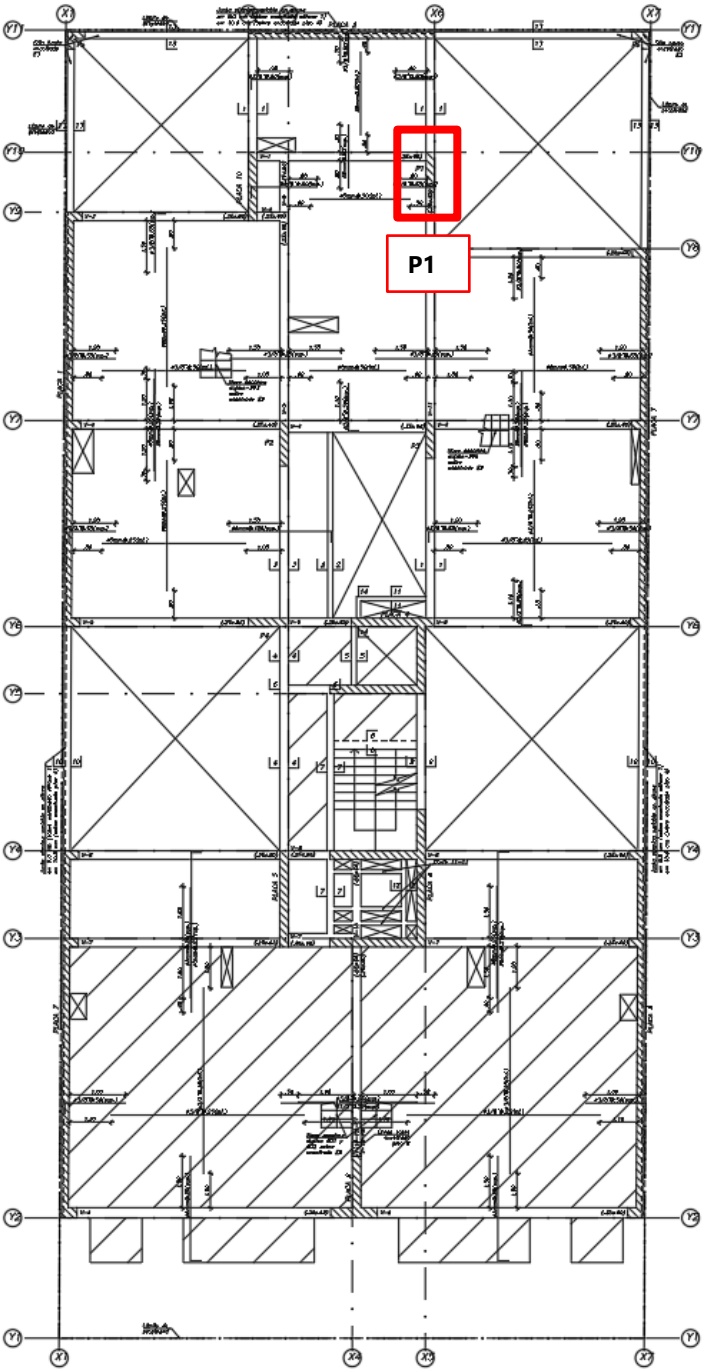
En la siguiente tabla se muestra la verificación de la viga V-3

	V-3	L=	6.1							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L (m)	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
b (cm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d (cm)	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
d' (cm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
A's- (cm2)	-	4	6	6	6	6	4	4	4	4
A's+ (cm2)	-	4	4	4	4	4	10	10	10	10
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)	0.00	-0.51	-1.05	-1.64	-2.30	-3.04	-3.86	-5.46	-9.85	-15.16
ENV M+ (ton.m)	0.00	3.44	6.34	8.41	9.53	9.38	7.88	5.21	3.70	3.88
V 1.4D+1.7L (ton.m)	5.57	4.99	3.90	2.31	0.84	2.89	4.94	6.78	8.12	8.97
V 1.25(D+L) (ton.m)	4.80	4.29	3.35	1.98	0.72	2.47	4.22	5.79	6.95	7.68
Vs (ton)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
As máx (sin A's)	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72
a	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
Mn1 (sin A's)	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77	36.77
f´s	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
Mn2 (As'-) (ton.m)	-	7.39	11.09	11.09	11.09	11.09	7.39	7.39	7.39	7.39
Mn2 (As'+) (ton.m)	-	7.39	7.39	7.39	7.39	7.39	18.48	18.48	18.48	18.48
Mn1 + Mn2 (As'-) (ton.m)	-	44.16	47.85	47.85	47.85	47.85	44.16	44.16	44.16	44.16
Mn1 + Mn2 (As'+) (ton.m)	-	44.16	44.16	44.16	44.16	44.16	55.25	55.25	55.25	55.25
M máx. (-) (ton.m)	-	39.74	43.07	43.07	43.07	43.07	39.74	39.74	39.74	39.74
M máx. (+) (ton.m)	-	39.74	39.74	39.74	39.74	39.74	49.72	49.72	49.72	49.72
ku-	0	1	2	2	3	4	6	8	15	22
ku+	0	5	9	12	14	14	12	8	5	6
w-	0.000	0.003	0.006	0.010	0.014	0.018	0.023	0.033	0.060	0.094
w+	0.000	0.020	0.038	0.051	0.058	0.057	0.048	0.031	0.022	0.023
ro-	0.00%	0.02%	0.04%	0.06%	0.09%	0.12%	0.15%	0.22%	0.40%	0.63%
ro+	0.00%	0.14%	0.25%	0.34%	0.39%	0.38%	0.32%	0.21%	0.15%	0.15%
As nec.- (cm2)	0.0	0.3	0.5	0.8	1.2	1.6	2.0	2.8	5.2	8.2
As nec.+ (cm2)	0.0	1.8	3.3	4.4	5.0	4.9	4.1	2.7	1.9	2.0
As col.- (cm2)		4	4	4	4	4	10	10	10	10
As col.+ (cm2)		4	6	6	6	6	4	4	4	4
ro-	0.00%	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%	0.77%	0.77%	0.77%	0.77%
ro+	0.00%	0.31%	0.46%	0.46%	0.46%	0.46%	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
w-	0.000	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.115	0.115	0.115	0.115
w+	0.000	0.046	0.069	0.069	0.069	0.069	0.046	0.046	0.046	0.046
	0.000	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.108	0.108	0.108	0.108
	0.000	0.045	0.066	0.066	0.066	0.066	0.045	0.045	0.045	0.045
Mn (-) (ton.m)	0.0	8.5	20.4							
Mn (+) (ton.m)	0.0	8.5	8.5							
Vu cap. (ton)	6.180357329		9.98575							
ENV Vu (ton)	6.18		9.98575							
ØVC	8.5		8.5							
Vs	-2.7		1.8							
Ramas	2		2	2		2	2		2	2
s-8mm	-80.5		123.9							
s-3/8	-114.3		175.9							
s-1/2	-207.7		319.5							
s-5/8	-320.3		492.9							
Vu max	41.6		41.6							

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:



Ubicación de Columna 1

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

	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)	Pser*Área /f'c	ϕPn (ton)	As (%)	As (cm2)	Pu/ϕPn
CISTERNA	0.25	1.80			3.00	16.24	210	0.680	0.25	3.24	14.28	4.06	18.34	1.13	246.7	58.0	304.8	4500	26.9	4441	46.99	520.7	0.70%	**31.48**	0.85
SOTANO 2	**0.25**	**1.80**			**3.00**	**34.18**	**210**	**0.620**	**0.25**	**3.24**	**24.43**	**8.55**	**32.98**	**0.96**	**232.5**	**54.0**	**286.4**	**4500**	**48.7**	**417.2**	**44.15**	**520.7**	**0.70%**	**31.48**	**0.80**
SÓTANO 1	0.25	1.80			3.00	34.18	210	0.741	0.20	3.24	28.58	6.84	35.41	1.04	208.0	45.4	253.5	4500	51.6	368.5	38.99	520.7	0.70%	**31.48**	0.71
1 ° PISO	**0.25**	**1.00**			**2.95**	**21.44**	**210**	**0.857**	**0.20**	**1.77**	**20.14**	**4.29**	**24.42**	**1.14**	**179.5**	**38.6**	**218.0**	**2500**	**35.5**	**316.8**	**60.35**	**320.8**	**1.26%**	**31.48**	**0.99**
2 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	159.3	34.3	193.6	2500	35.3	281.4	53.59	320.8	1.26%	**31.48**	0.88
3 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	139.3	30.0	169.3	2500	35.3	246.1	46.87	308.0	1.03%	25.8	0.80
4 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	119.3	25.7	145.0	2500	35.3	210.8	40.15	308.0	1.03%	25.8	0.68
5 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	99.3	21.4	120.7	2500	35.3	175.5	33.42	308.0	1.03%	25.8	0.57
6 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	79.3	17.2	96.5	2500	35.3	140.2	26.70	308.0	1.03%	25.8	0.46
7 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.857	0.20	1.64	20.00	4.29	24.29	1.13	59.3	12.9	72.2	2500	35.3	104.9	19.98	308.0	1.03%	25.8	0.34
8 ° PISO	0.25	1.00			2.72	21.44	210	0.791	0.20	1.63	18.60	4.29	22.88	1.07	39.3	8.6	47.9	2500	33.3	69.6	13.26	308.0	1.03%	25.8	0.23
9 ° PISO	0.25	1.00			2.73	21.44	210	0.889	0.20	1.64	20.71	4.29	25.00	1.17	20.7	4.3	25.0	2500	36.3	36.3	6.91	308.0	1.03%	25.8	0.12

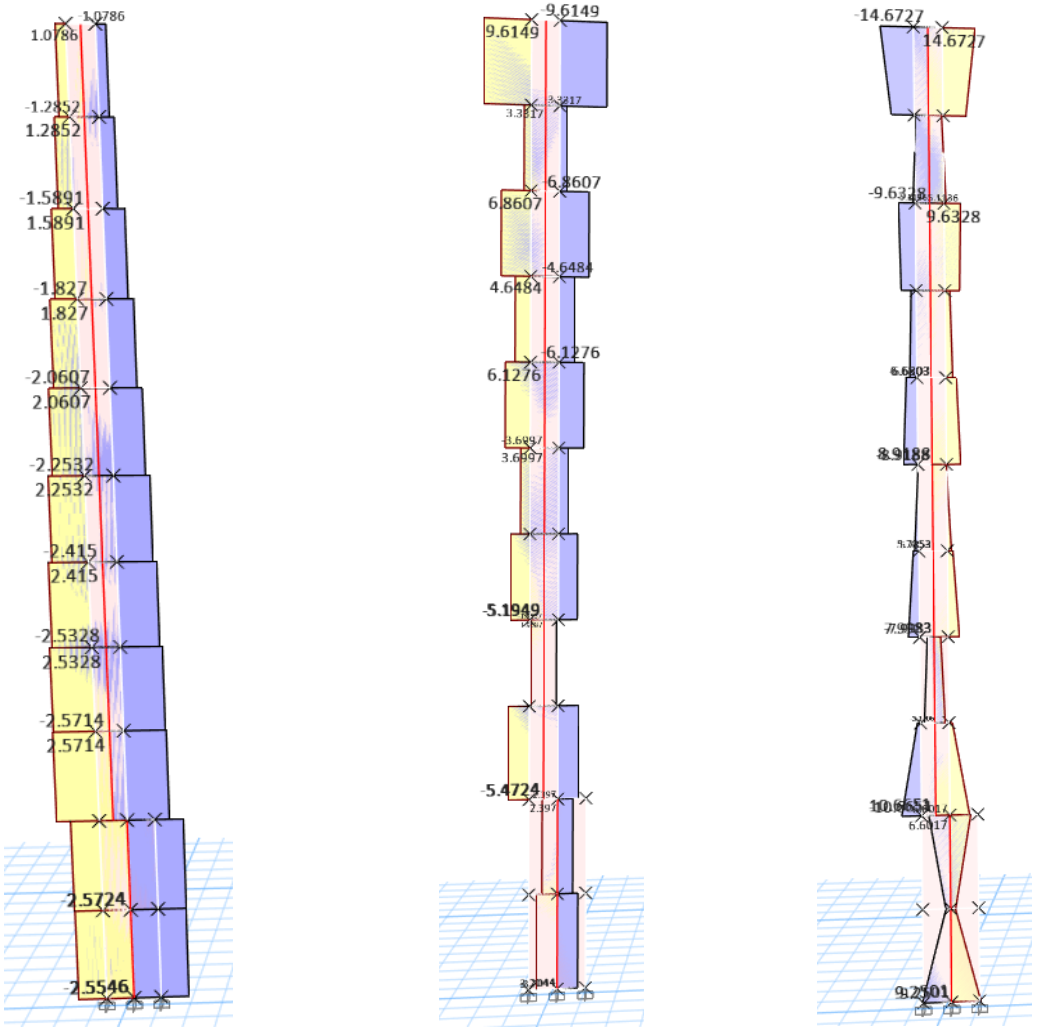
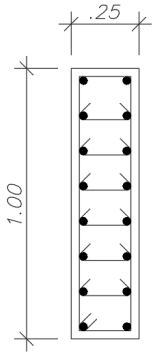


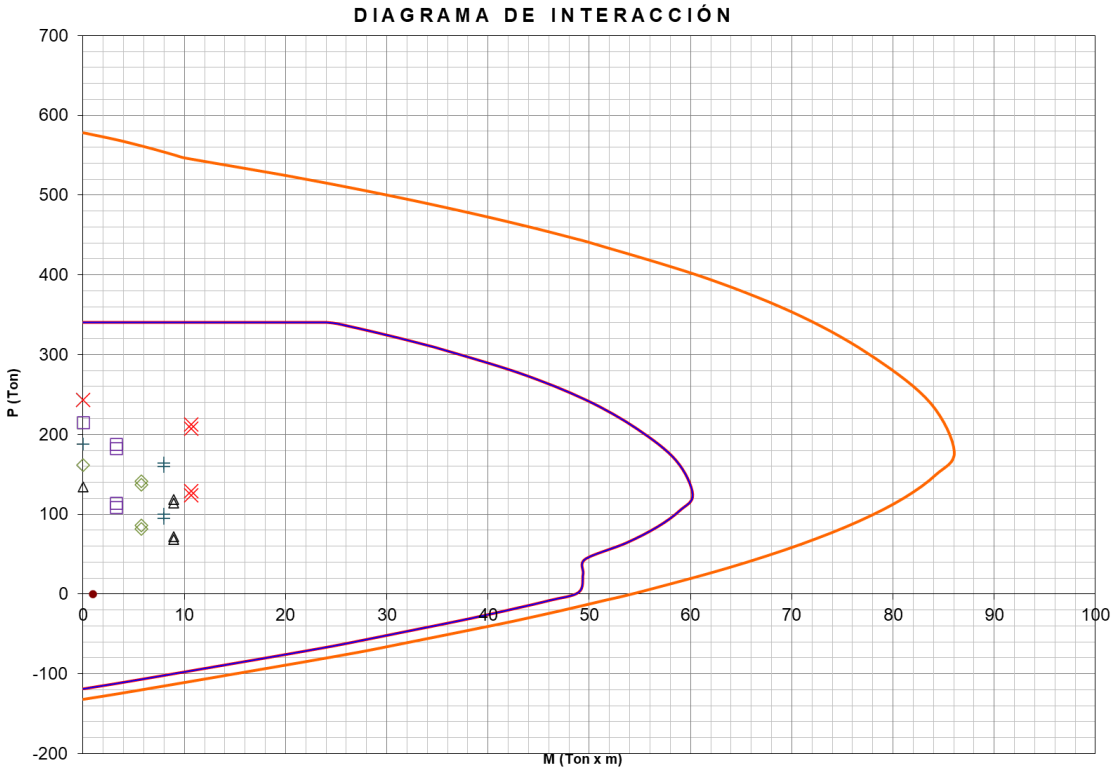
Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores

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



16ø5/8"
1 ⏍ +6 ⟆ 3/8"ø (P1–P4)
1 ⏍ 3/8"+6 ⟆ 8mmø (RESTO)

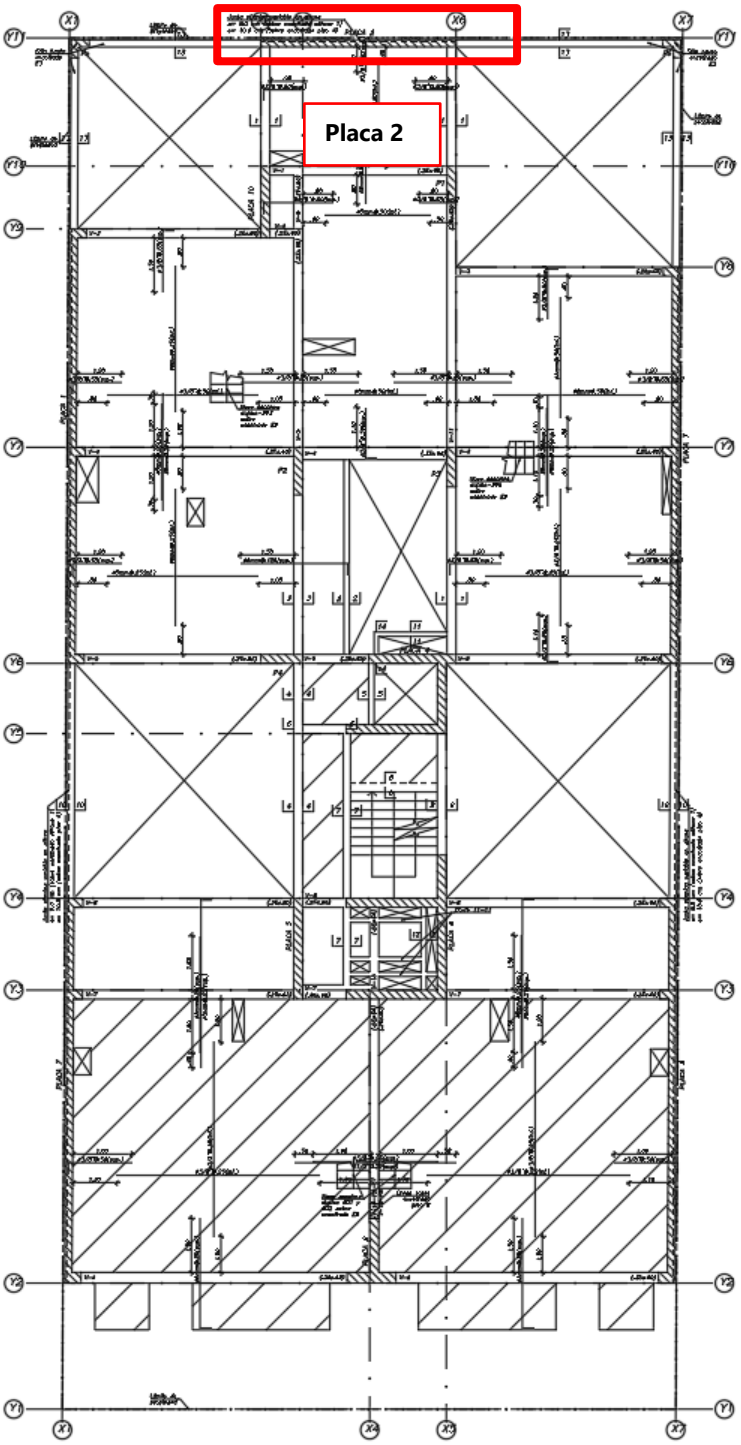
A continuación, se muestra el diagrama de interacción de la columna



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 2

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

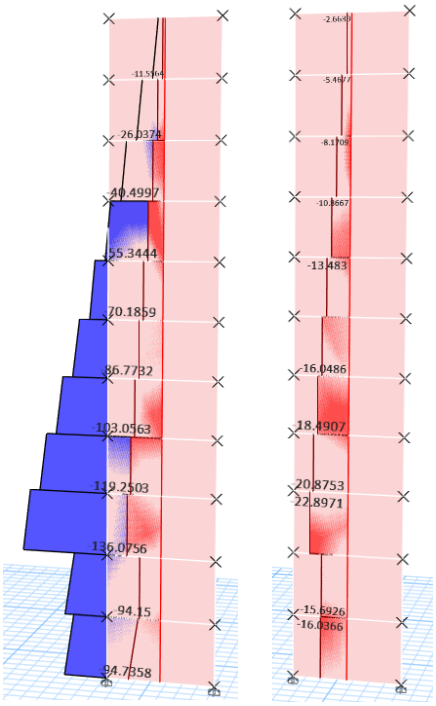


Diagrama de cargas axiales por cargas de gravedad (Carga muerta y carga viva)

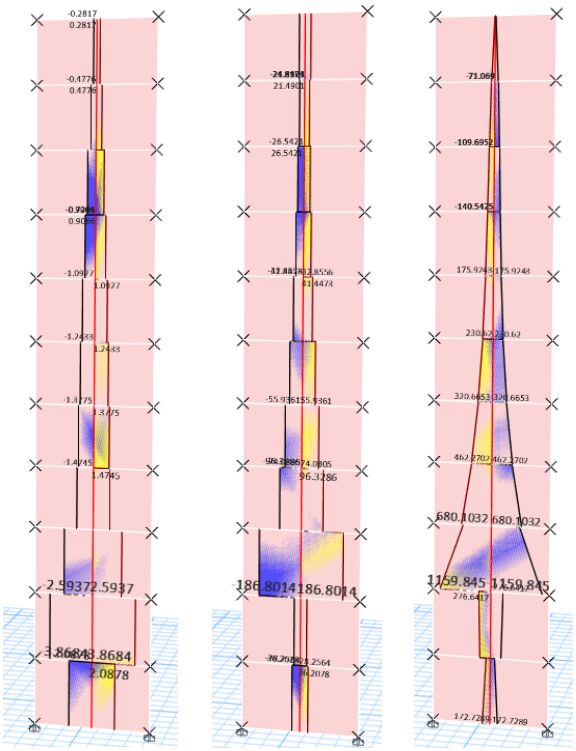
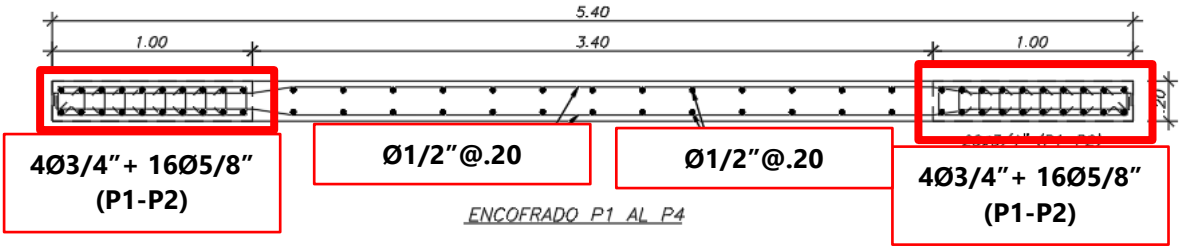


Diagrama de cargas axiales, fuerzas cortantes y momento flector por cargas de sismo

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



Acero distribuido horizontal y vertical

Acero distribuido horizontal: Ø1/2" espaciado cada 20 cm

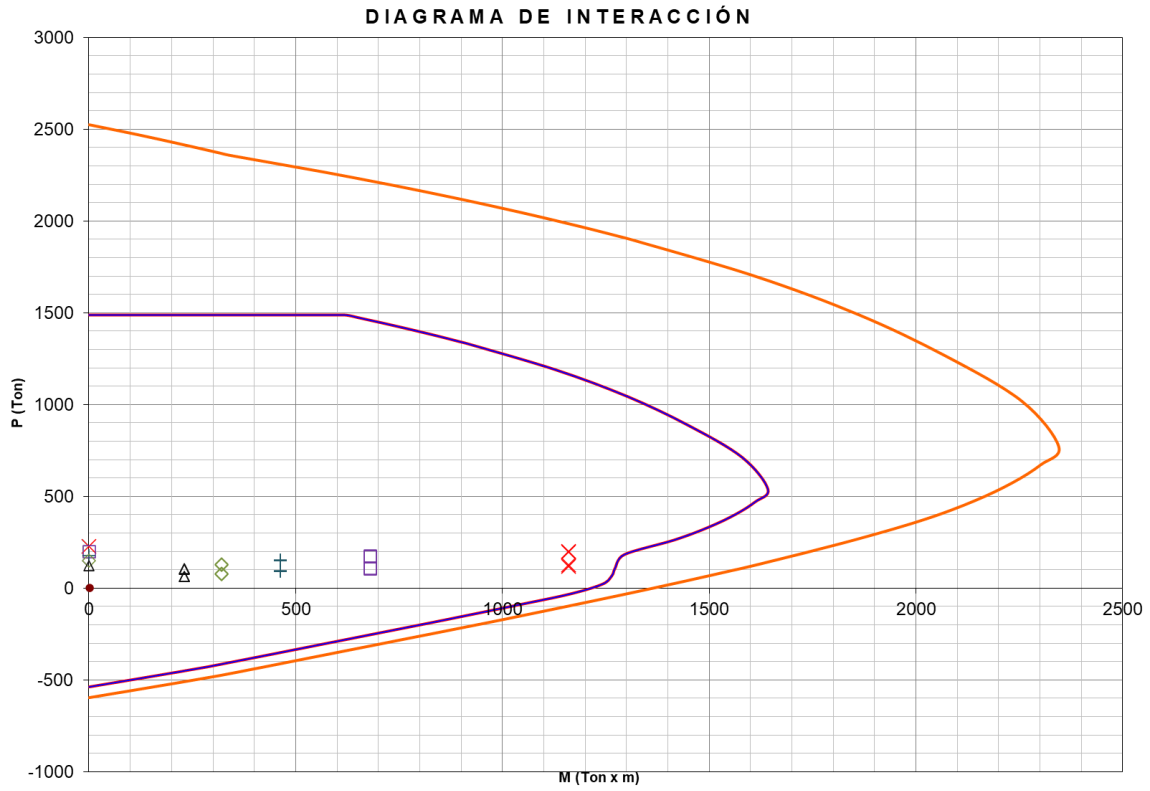
Acero distribuido vertical: Ø1/2" espaciado cada 20 cm

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

	CARGAS		
	P	M	V
	Ton	Ton.m	Ton
Muerta	136.0756		
Viva	22.8971		
Sismo	2.5937	1159.845	233.50175

Nota: Se consideró factor de redundancia por corte (x 1.25)

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



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.

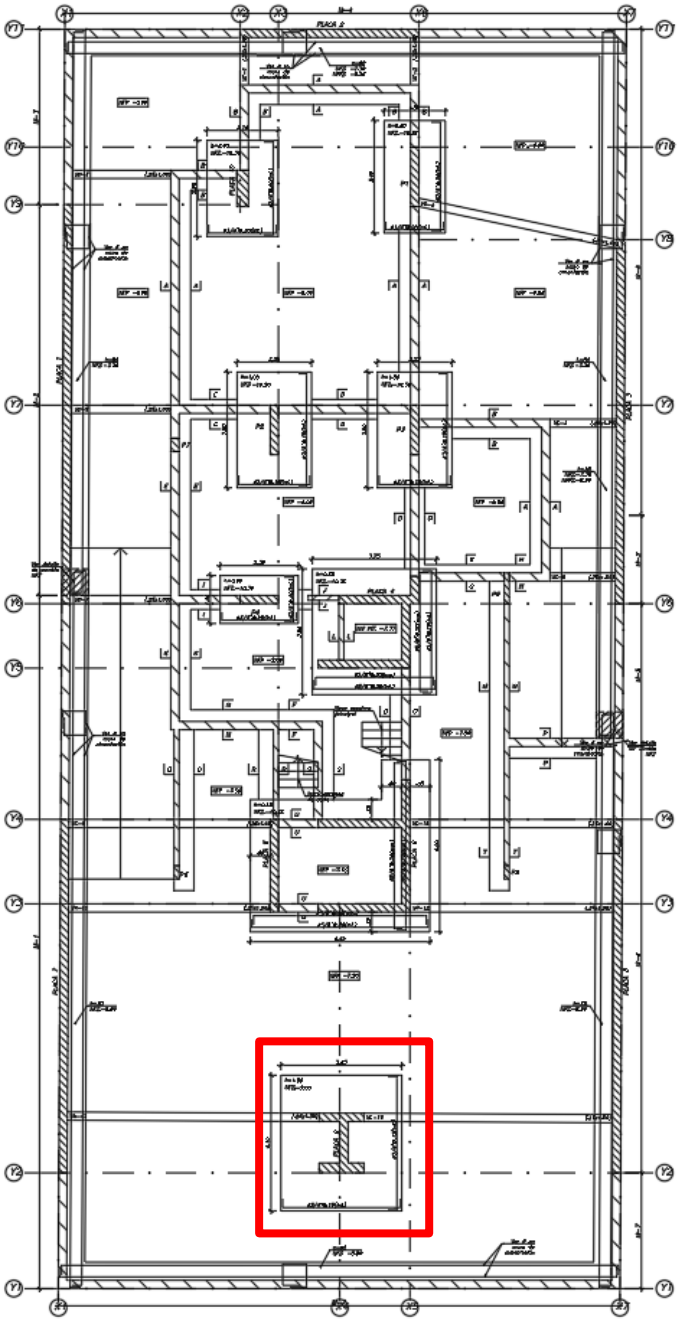
A continuación, se demuestra la verificación por cortante:

	DISEÑO POR CORTE		
	1.25(M+V)+S	1.25(M+V)-S	0.9M-S
¿Capacidad?		SI	
Escala	1.26	1.26	1.26
Vcap (ton)	293.69	293.69	293.69
alpha	0.53	0.53	0.53
Vc (ton)	82.95	82.95	82.95
f Vc	70.51	70.51	70.51
f Vn máx.	352.53	352.53	352.53
VS (ton)	262.56	262.56	262.56
Nº de capas	2		
s (3/8")(cm)	12.3	12.3	12.3
s (1/2")(cm)	22.3	22.3	22.3
s (5/8")(cm)	34.6	34.6	34.6
	0.5Vc<Vu		**SI**

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

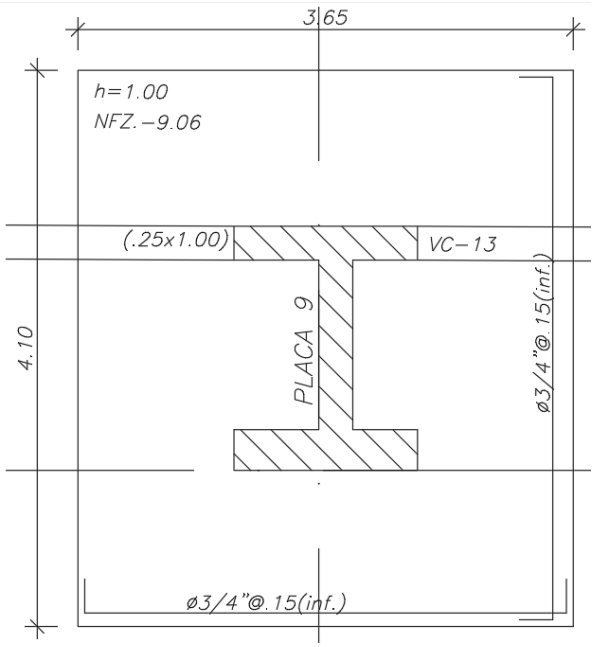
e) Diseño de zapatas

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



Ubicación de Zapata de la Placa 9

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	1.15	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	**3.65**	**m**	**Largo de zapata**
B	4.1	m	Ancho de zapata
A	15.0	m2	Área de zapata
pp	**35.9**	**ton**	**Peso propio de zapata**
σbase	50.88	ton/m2	Esfuerzo en la base
σcmu	**1.57**	**ton/m2**	**Esfuerzo último por carga muerta**
σcvu	0.00	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σcmu	59.92	ton/m2	Esfuerzo último por carga muerta
σcvu	13.75	ton/m2	Esfuerzo último por carga viva
σu	73.66	ton/m2	Esfuerzo último total
PUNZONAMIENTO			
Pu	1052.1	ton	Carga última que baja por columna
Vu	**604.0**	ton	
b	1.35	m	Ancho de columna
l	1	m	Largo de columna
A0	6.08	m2	ärea de carga
b0	9.9059	m	Perímetro resistente a punzonamiento
λs	0.66		Factor de efecto de tamaño
Vn1	903.0	ton	Resistencia 1 nominal a punzonamiento
φVn1	767.6	ton	Resistencia 1 de diseño a punzonamiento
β	0.7		Factor de forma
Vn2	1670.6	ton	Resistencia 2 nominal a punzonamiento
φVn2	1420.0	ton	Resistencia 2 de diseño a punzonamiento
α	40.0		
Vn3	1295.9	ton	Resistencia 3 nominal a punzonamiento
φVn3	1101.5	ton	Resistencia 3 de diseño a punzonamiento
φVn	767.55	ton	Resistencia de diseño a punzonamiento
FLEXIÓN			
Mu1	48.7	ton.m	Momento último por esfuerzo admisible
Mu2	51.8	ton.m	Momento último por carga de columna
Ku	6.4		
w	0.035		
ro	0.17%		
As	15.54	cm2	Acero necesario
CORTE			
Vu	18.42	ton	Fuerza cortante última
φVc	58.76	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
N.º CIP 177450

MEGA
Ingeniería de Proyectos

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS DEL PROYECTO “HUASCAR 2121”

REV.	DESCRIPCION	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA
A	Emisión Cliente	J.H.H.C	M.A.H.C	J.A.M.G	30/05/2025

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

ÍNDICE

1. GENERALIDADES 2

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS 3

2.1. Excavaciones 3
2.2. Rellenos, Nivelación y Apisonado 3
2.3. Eliminación de Desmonte 3
2.4. Unidades de Medición 4

3. CONCRETO SIMPLE 4

3.1. Cimientos Corridos 4
3.2. Sobrecimientos 5
3.3. Falsas Zapatas 5
3.4. Solados de 3" para Zapatas 5
3.5. Falso Piso 5
3.6. Unidades de Medición 5

4. CONCRETO ARMADO 6

4.1. Cemento 6
4.2. Agregados 6
4.3. Agua 7
4.4. Acero de Refuerzo 7
4.5. Aditivos 8
4.6. Almacenamiento de los Materiales de Obra 8
4.7. Ensayos de Materiales 9
4.8. Dosificación del Concreto 10
4.9. Evaluación de la Calidad del Concreto 12
4.10. Colocación del Concreto 13
4.11. Encofrados 17
4.12. Unidades de Medición 19

1. Generalidades

1.1. Las especificaciones técnicas aquí indicadas complementan lo mostrado en los planos del Proyecto de Estructuras.

El Constructor respetará lo indicado en los planos y en esta especificación, pudiendo proveer mayor cantidad o calidad de materiales.

1.2. Cuando de acuerdo con estas especificaciones o a la Inspección, se requiera autorización previa para ejecutar ciertos trabajos de obra, el Constructor comunicará al Inspector con 48 horas de anticipación la iniciación de las mismas.

1.3. Las ocurrencias técnicas de la obra se llevarán en un Registro anexo al Cuaderno de Obra o directamente en el Cuaderno de Obra, según lo prefiera el Inspector; aquí se deberán incluir los siguientes ítems:

a) Calidad y proporciones de los materiales del concreto.

b) Construcción de encofrados, desencofrados y apuntalamientos.

c) Colocación del refuerzo.

d) Mezcla, colocación y curado del concreto.

e) Progreso general de la obra.

En el Cuaderno de Obra deberá indicarse el nombre y la numeración de los documentos que forman parte de este Registro en la oportunidad de su ocurrencia.

La Inspección certificará el Registro indicado en el párrafo anterior.

1.4. La Inspección tiene el derecho y la obligación de hacer cumplir los planos y las especificaciones del Proyecto.

El Inspector de las obras de concreto deberá ser un Ingeniero Civil Colegiado.

1.5. El Constructor deberá contar con un Ingeniero Civil Residente, con experiencia en obras de concreto y albañilería, con conocimientos de dirección de obras y que sea colegiado.

2. Movimiento de tierras

2.1. Excavaciones

Las excavaciones indicadas en estas especificaciones se refieren al movimiento de tierras necesario para construir la cimentación de la estructura y la nivelación del terreno (cortes y relleno) necesarios para obtener los niveles del proyecto.

El constructor deberá considerar la posible existencia de instalaciones subterráneas por lo que debe investigar y actuar con los cuidados del caso.

En los planos del proyecto se indican los niveles de cimentación de las zapatas y falsas zapatas en coordinación con lo especificado en el Estudio de Suelos.

2.2. Rellenos, Nivelación y Apisonado

Los rellenos para obtener niveles de plataformas se harán en capas de 30 cm. compactándolo. La nivelación interior y apisonado comprende los trabajos de nivelación interior y compactación de las áreas encerradas por los cimientos y/o zapatas, comprendiendo compactación manual o con máquina.

Ninguna cimentación se apoyará en suelos rellenados o removidos, debiendo asegurarse de no sobreexcavar innecesariamente.

2.3. Eliminación de Desmonte

Después de haber realizado las excavaciones, rellenos y nivelación del material excedente debe ser eliminado. De igual forma los sobrantes de mezclas, basura, ladrillos rotos, deshechos de encofrados de madera etc., deben ser eliminados y transportados fuera de la obra.

2.4. Unidades de Medición

La unidad de medición para las excavaciones es el metro cúbico, debiéndose cuantificar los volúmenes del material antes de excavar.

En el caso de los rellenos, la unidad es el m^3, comprendiendo la colocación, el agua para la compactación, la compactación propiamente dicha y la obtención de las rasantes.

En el caso de nivelación interior y apisonado, la unidad de medición es el metro cuadrado.

Para la eliminación del desmonte, la unidad de medición es en metros cúbicos, y considerará un volumen estimado para toda la ejecución de la obra.

3. Concreto simple

Estas especificaciones corresponden a los elementos que no requieren refuerzos de acero y que son cimientos corridos, sobrecimientos, falsas zapatas y/o solados y falsos pisos.

El concreto simple es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua, al igual que el definido en el ítem de Concreto Armado. En el caso que adicionalmente reciba piedra de tamaño máximo 10" (25 cm.) se le denomina concreto ciclópeo.

3.1. Cimientos Corridos

Se hacen de concreto simple, con resistencia especificada en los planos y se le añade piedra grande, de máximo 25 cm.

Antes de vaciar, se riega la zanja para humedecer las paredes de tierra. Luego se vierte la mezcla hasta llenar aproximadamente 15 cm. de altura, para luego continuar vaciando y colocar las piedras grandes en una proporción no mayor al 30% del volumen del cimiento.

3.2. Sobrecimientos

El sobrecimiento es de concreto simple al que se le puede añadir piedra de hasta 3" (7.5 cm.) de tamaño máximo, en una proporción que no exceda el 25% del volumen del sobrecimiento.

Los espesores y la resistencia del concreto están especificados en los planos del proyecto.

Los sobrecimientos requieren de encofrado en sus caras, las cuales han sido consideradas en madera sin cepillar y con un espesor de 1½". El constructor colocará puntales o separadores para asegurar la verticalidad y alineamiento de los encofrados.

3.3. Falsas Zapatas

Son elementos de concreto simple a los que se les adiciona piedras grandes, de hasta 25 cm. de tamaño máximo. Tienen como objetivo llegar al nivel de cimentación especificado en el Estudio de Suelos y cubrir desniveles entre zapatas cercanas ubicadas a distinto nivel de cimentación.

3.4. Solados de 3" para Zapatas

Es una capa de concreto simple en proporción Cemento Hormigón 1:10 que se coloca como fondo de las zapatas. En caso se tenga falsas zapatas ya no se necesita solados.

3.5. Falso Piso

Es una losa de concreto simple, de mínimo 10 cm. de altura que sirve de base a los pisos apoyados en el terreno. Es de concreto simple.

3.6. Unidades de Medición

Las unidades de medición serán:

Para cimientos corridos	M^3
Para sobrecimientos corridos	M^3
Para falsas zapatas	M^3
Para falso piso	M^2
Para solados	M^2

4. Concreto armado

4.1. Cemento

El cemento en la preparación del concreto deberá ser el indicado en los planos de estructuras del proyecto.

El cemento utilizado en la obra deberá ser el mismo tipo y marca que el empleado para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto.

Las condiciones de muestreo serán las especificadas en la Norma NTP 334.007.

4.2. Agregados

El Constructor usará agregados que cumplan los requisitos aquí indicados y los exigidos por la Norma NTP 400.037.

Los agregados que no cumplan algunos de los requisitos indicados, podrán ser utilizados siempre que se demuestre mediante un informe técnico, sustentado con pruebas de laboratorio, que puedan producir concretos de las propiedades requeridas.

Los agregados seleccionados deben ser aprobados por la Inspección antes de ser utilizados en la proporción del concreto.

Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados y pesados de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que se mantenga su uniformidad, que no se produzca

contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellas.

El agregado fino deberá consistir en arena natural, arena manufacturada o una combinación de ambos. Estará compuesto de partículas limpias de perfil angular, duras, compactas y resistentes.

El agregado grueso deberá consistir de grava triturada, conformada por fragmentos cuyo perfil será preferentemente angular, limpios, duros, compactos, resistentes, de textura rugosa y libres de materia escamosa.

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

a) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados, o

b) Un tercio de la altura de losas, o

c) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre varillas individuales del refuerzo.

Estas limitaciones podrán ser obviadas si a juicio de la Inspección, la trabajabilidad del concreto y los procedimientos de compactación son tales que el concreto pueda ser colocado sin que se formen cangrejeras o vacíos.

4.3. Agua

El agua empleada en la preparación del concreto deberá ser potable.

4.4. Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo deberá cumplir con lo especificado en la Norma NTP 341.031.

No se usará barras soldadas, debiendo realizarse los empalmes por traslape.

4.5. Aditivos

Los aditivos a usarse en el concreto deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma NTP 339.086.

El uso de aditivos podrá hacerse con la aprobación escrita de la Inspección.

El Constructor proporcionará al Inspector la dosificación recomendable del aditivo y los efectos perjudiciales en caso de variación del mismo por exceso o defecto.

No se permitirá el uso de aditivos que contengan cloruros.

Los aditivos empleados en la obra deberán ser de la misma marca y composición que los utilizados en la selección de las proporciones del concreto.

En la selección de la proporción del aditivo en el concreto se tendrá en consideración las recomendaciones del fabricante, las propiedades del concreto, las características de los agregados, la resistencia a la compresión especificada, las condiciones de obra, el procedimiento de colocación empleado, y los resultados de las pruebas de laboratorio.

4.6. Almacenamiento de los Materiales de Obra

Los materiales deberán almacenarse en obra de manera tal que se evite su deterioro o contaminación.

El cemento podrá ser suministrado en bolsas o a granel; el cemento en bolsas será almacenado en lugar techado fresco, libre de humedad y protegido de la humedad externa. El cemento a granel será almacenado en silos metálicos que impidan el ingreso de humedad.

Los agregados serán almacenados de manera de impedir la segregación de los mismos y su contaminación o mezclado con otros materiales.

Las varillas de refuerzo de acero serán almacenadas en un lugar seco aislado del suelo y protegiéndolos de la humedad y contaminación.

Los aditivos serán almacenados siguiendo las recomendaciones del fabricante.

4.7. Ensayos de Materiales

El Constructor será el responsable de la calidad de los materiales a usar, debiendo efectuar todas las pruebas y ensayos que garanticen la calidad de la obra.

La Inspección aprobará el uso de los materiales que presente el Constructor, previa evaluación de las especificaciones de los materiales y los certificados de ensayos de laboratorio.

Es potestad de la Inspección requerir de ensayos adicionales en los casos que lo crea conveniente.

Se realizarán como mínimo ensayos periódicos mensuales que certifiquen la calidad del Cemento y de los Agregados.

En caso se cambie la cantera de los agregados se realizarán ensayos completos nuevos que permitan evaluar su calidad.

La calidad del acero de refuerzo se comprobará como mínimo en cada lote adquirido.

Las pruebas de los materiales y del concreto se realizarán de acuerdo a las Normas NTP y en caso éstas no existan, se realizarán de acuerdo a la Norma ASTM.

Interesará comprobar la calidad de los materiales de acuerdo a distintas propiedades.

En el caso del cemento: Composición Química, Resistencia y Fineza.

En el caso de los Agregados: Granulometría, contenido de finos, contenido de humedad, absorción, módulo de fineza y resistencia al desgaste.

En el caso del Acero: Resistencia a la tracción, punto de fluencia, deformación y/o ductilidad.

En el caso de los Aditivos: Propiedades del concreto que se quieran alterar con el uso de aditivos.

4.8. Dosificación del Concreto

El concreto será fabricado de manera de obtener un f'c mayor al especificado de manera de minimizar el número de valores de resistencia por debajo del f'c especificado.

La selección de las proporciones de los materiales integrantes del concreto deberá permitir que se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan que el concreto sea manejado fácilmente en los encofrados y alrededor del acero sin segregación o exudación excesiva, y se cumpla con los requisitos especificados para los ensayos de resistencia en compresión.

Las proporciones de la mezcla de concreto, incluida la relación agua-cemento, deberán ser seleccionadas sobre la base de la experiencia de obra y/o mezclas de prueba preparadas con los materiales a ser empleados.

En la elaboración de mezclas de prueba se tendrá en consideración:

a) Que los materiales utilizados y las combinaciones de los mismos sean aquellos previstos para utilizarse en la obra.

b) Que deberán prepararse empleando no menos de tres diferentes relaciones agua/cemento, o contenidos de cemento, a fin de obtener un rango de resistencia del cual se encuentre la resistencia promedio deseada.

c) El asentamiento de mezclas de prueba deberá estar dentro del rango de más/menos 20 mm del máximo permitido.

d) Por cada mezcla de prueba deberán prepararse y curarse por lo menos tres probetas para cada edad de ensayo.

e) En base a los resultados de los ensayos de las probetas deberá construirse curvas que muestren la interrelación entre la relación agua-cemento, o el contenido de cemento, y la resistencia en compresión.

La relación agua-cemento máxima, o el contenido de cemento mínimo seleccionados, deberán ser aquellos que en la curva muestren que se ha de obtener la resistencia de diseño aumentada en por lo menos 15%.

Para la selección del número de muestras de ensayo se considerará como "clase de concreto" a:

a) Las diferentes calidades de concreto requeridas por resistencia en compresión.

b) Para una misma resistencia en compresión, las diferentes calidades de concreto obtenidas por variaciones en el tamaño máximo del agregado grueso, modificaciones en la granulometría del agregado fino, o utilización de cualquier tipo de aditivo.

c) El concreto producido por cada uno de los equipos de mezclado utilizados en la obra.

Las mezclas considerarán los siguientes asentamientos:

-	Zapatas	4"
-	Columnas	3 1/2"
-	Vigas y losas	3"

Se permitirá utilizar asentamientos mayores, siempre y cuando se verifique que se tenga una relación agua/cemento

adecuada, que produzca la resistencia característica especificada.

4.9. Evaluación de la Calidad del Concreto

Las muestras para ensayos de resistencia en compresión de cada clase de concreto colocado cada día deberán ser tomadas:

a) No menos de una muestra de ensayo por día.

b) No menos de una muestra por cada 40 metros cúbicos de concreto colocado.

c) No menos de una muestra de ensayo por cada 300 metros cuadrados de área superficial de losas.

d) No menos de una muestra de ensayo por cada tres camiones para losas o vigas o una muestra por camión para columnas, cuando se trate de concreto premezclado.

Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de los resultados de dos probetas cilíndricas preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días.

Las muestras de concreto a ser utilizadas en la preparación de las probetas cilíndricas a ser empleadas en los ensayos de resistencia en compresión, se tomarán de acuerdo al procedimiento indicado en la Norma NTP 339.036.

Las probetas cilíndricas serán moldeadas de acuerdo a la Norma NTP 339.033.

Las probetas curadas en el laboratorio lo serán de acuerdo de las recomendaciones de la Norma ASTM C-192 y ensayadas de acuerdo a la Norma NTP 339.034.

Se considerarán satisfactorios los resultados de los ensayos de una clase de concreto, si se cumplen las dos condiciones siguientes:

a) El promedio de todas las series de tres ensayos consecutivos es igual o mayor que la resistencia de diseño.

b) Ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño en más de 35 Kg/cm^2.

Si no se cumplen los requisitos del acápite anterior, la Inspección dispondrá las medidas que permitan incrementar el promedio de los siguientes resultados.

Adicionalmente si existiera ensayos con más de 35 Kg/cm^2 por debajo de la resistencia de diseño, se deberá extraer testigos del área cuestionada de acuerdo a la Norma NTP 339.059; estos testigos deberán ser tres como mínimo y deberán secarse al aire por siete días antes de ser ensayados en estado seco.

El concreto del área representado por los testigos se considerará estructuralmente adecuado si el promedio de los tres testigos es igual a por lo menos el 85% de la resistencia de diseño, y ningún testigo es menor del 75% de la misma.

El Constructor será responsable de la calidad del concreto.

4.10. Colocación del Concreto

Antes de iniciar el proceso de preparación y colocación del concreto, el Inspector deberá verificar que:

a) Las cotas y dimensiones de los encofrados y elementos estructurales corresponden con los de los planos.

b) Las varillas de refuerzo están correctamente ubicadas.

c) La superficie interna de los encofrados, el acero de refuerzo y los elementos embebidos están limpios y libres de restos de mortero, concreto, óxidos, aceite, grasa, pintura o cualquier elemento perjudicial para el concreto.

d) Los encofrados estén terminados, adecuadamente arriostrados, humedecidos y/o aceitados.

e) Se cuenta en obra con el número suficiente de los equipos a ser empleados en el proceso de colocación y ellos estén en perfectas condiciones de uso.

f) Se cuenta en obra con todos los materiales necesarios.

4.10.1. Mezclado

Se usará preferentemente concreto premezclado, dado los volúmenes de concreto a vaciar en los diferentes elementos de la estructura, debiendo el Constructor y el Inspector controlar la recepción del concreto en obra, verificándose:

a) El asentamiento de la mezcla.

b) Su apariencia externa.

c) El tiempo transcurrido desde que se inició la mezcla hasta la puesta en obra.

El concreto premezclado deberá ser dosificado, mezclado, transportado. entregado y controlado de acuerdo con la Norma ASTM C94.

Para las mezclas hechas en obra los materiales del concreto serán pesados dentro de las siguientes tolerancias:

- Cemento ± 1%
- Agua ± 1%
- Agregados ± 2%

No será necesario pesar el contenido de bolsas selladas de cemento.

El mezclado se hará mediante mezcladora mecánica, capaz de lograr una combinación total de los materiales, cargándola de

manera tal que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados. El agua continuará fluyendo por un período, el cual puede prolongarse hasta finalizar la primera cuarta parte del tiempo de mezclado especificado.

El proceso del mezclado deberá cumplir además con lo siguiente:

a) Que la mezcladora sea operada a la capacidad y número de revoluciones por minuto recomendados por el fabricante.

b) El tiempo de mezclado será no menor de 90 segundos después que todos los materiales estén en el tambor.

4.10.2. Transporte

El concreto deberá ser transportado desde la mezcladora hasta su ubicación final en la estructura tan rápido como sea posible y empleando procedimientos que prevengan la segregación o pérdida de materiales y de forma tal que se garantice que la calidad deseada para el concreto se mantiene.

En caso el transporte del concreto sea por bombeo, el equipo deberá ser adecuado a la capacidad de la bomba. Deberá controlarse que no se produzca segregación en el punto de entrega.

La pérdida de asentamiento del concreto colocado por bombeo no deberá exceder de 50 mm.

Las tuberías no deberán ser de aluminio o aleación de este metal.

4.10.3. Colocación

El concreto deberá ser colocado tan cerca de su ubicación final como sea posible, a fin de evitar segregación debida a remanipuleo o flujo.

El concreto no deberá ser sometido a ningún procedimiento que pueda originar segregación.

El proceso de colocación deberá efectuarse en una operación continua, o en capas de espesor tal que el concreto no sea depositado sobre otro que ya ha endurecido lo suficiente como para originar la formación de juntas o planos de vaciado dentro de la sección.

El concreto que ha endurecido parcialmente o haya sido contaminado por sustancias extrañas, no deberá ser depositado.

Igualmente, no será colocado el concreto retemplado o aquel que ha sido remezclado después de iniciado el fraguado. No se aceptará concreto que haya sido preparado 30 minutos antes de su colocación.

4.10.4. Consolidación

El concreto deberá ser cuidadosamente consolidado durante su colocación debiendo ser adecuadamente trabajado alrededor de las varillas de refuerzo, los elementos embebidos y las esquinas de los encofrados.

Los vibradores a utilizarse para facilitar la consolidación deberán considerar:

a) Que su tamaño y potencia sea compatible con el tipo de sección a llenar.

b) Que no se usen para desplazar lateralmente el concreto en los encofrados.

c) Que deberán ser insertados en puntos distanciados aproximadamente 50 cm.

En cada inserción la duración de la misma será aproximadamente 5 a 15 segundos.

d) Que se prevé un vibrador de reserva en obra durante la operación de consolidación del concreto.

4.10.5. Protección ante Acciones Externas

A menos que se emplee métodos de protección adecuados, autorizados por el Inspector, el concreto no deberá ser colocado durante lluvias o granizadas.

No se permitirá que el agua de lluvia incremente el agua de mezclado o dañe el acabado superficial del concreto.

4.10.6. Curado

Finalizado el proceso de colocación, el concreto deberá ser curado.

El curado deberá iniciarse tan pronto como sea posible y deberá mantenerse un mínimo de 10 días.

Para el caso de columnas, muros y costados de vigas, se usarán películas de material impermeable de acuerdo a la Norma ASTM C171 y/o compuestos químicos que cumplan la Norma ASTM C 309.

Para el caso de losas se formarán lagunas de agua con un espesor mínimo de 30 mm.

4.11. Encofrados

Los encofrados deberán permitir obtener una estructura que cumpla con los perfiles, niveles, alineamientos y dimensiones requeridos por los planos.

Los encofrados y sus soportes deberán estar adecuadamente arriostrados, y deberán ser lo suficientemente impermeables como para impedir pérdidas de mortero.

El diseño y construcción de los encofrados será de responsabilidad del Constructor. Este presentará a la Inspección para su conocimiento los planos de encofrados.

Se permitirán las siguientes tolerancias en el concreto terminado:

a) En la sección de cualquier elemento

- 5 mm + 10 mm

b) En la verticalidad de aristas y superficies de columnas

en cualquier longitud de 3 m	:	6 mm
en todo lo alto	:	10 mm

La medición se hará inmediatamente después de haber desencofrado.

c) En el alineamiento horizontal y vertical de aristas y superficies de losas y vigas:

en cualquier longitud de 3 m	:	6 mm
en cualquier longitud de 6 m	:	10 mm
en todo lo largo	:	15 mm

Para el proceso de desencofrado se tendrán los siguientes plazos mínimos:

Costados de Zapatas	:	24 horas
Columnas y Muros	:	24 horas
Costados de Vigas	:	48 horas
Fondos de Losas	:	7 días
Fondos de Vigas	:	21 días

Se podrá reducir los plazos de desencofrado de las vigas, siempre y cuando queden apuntaladas en los cuartos de su luz.

En elementos de luces importantes se considerará en el diseño de los encofrados la contraflecha que establezcan los planos o las especificaciones particulares.

Independientemente de lo anterior, en elementos cuya luz sea superior a 6m, se considerará, para obtener un buen aspecto, que el encofrado se diseñe con una contraflecha del orden de dos milésimos de la luz, al centro del tramo.

Para elementos en voladizo cuya longitud sea superior a 2m, se considerará una contraflecha del orden de 4 milésimos de la luz, en el extremo del volado.

4.12. Unidades de Medición

Las unidades de medición son:

Vaciados de concreto para zapatas, vigas de cimentación, muros, cortes de cimentación, losas, aligerados, vigas, escaleras, columnas, y muros o placas	:	M^3
Encofrados	:	M^2
Refuerzo de fierro	:	Kg.

Ing. Jorge Andree Meza Gallegos
Nº CIP 177450