



DISEÑO ESTRUCTURAL

Proyecto “EIKE – Edificio integral para el estudiante” para
la Facultad de Ingeniería U.N.Cuyo

Carrera: Ingeniería Civil

Año: 2020

Autores:

Schiaffino, Matías
Romera, Florencia
Sampaolesi, Matías

Contenido

1.	Descripción del proyecto.....	3
2.	Análisis de carga	3
2.1.	Cargas permanentes (D) – CIRSOC 101.....	3
2.2.	Sobrecargas de diseño (L) - CIRSOC 101.....	7
2.3.	Carga de sismo (E) – INPRES CIRSOC 103 -I.....	7
Espectro de diseño	7	
Coeficiente sísmico de diseño	9	
2.4.	Carga de viento (W) – CIRSOC 102	9
2.5.	Carga de nieve (S) – CIRSOC 104	10
Carga de nieve a nivel del terreno	10	
Carga de cálculo.....	10	
Carga de nieve sobre cubiertas planas.....	10	
2.6.	Combinaciones de acciones	10
3.	Peso unitario de la estructura	11
4.	Modelo computacional en ETABS	12
5.	Análisis estructural.....	13
5.1.	Columnas	13
Cálculo de los Factores de ajustes	14	
Parámetros de Diseño	15	
Solicitaciones en columnas.....	16	
Verificaciones de diseño	20	
5.2.	Vigas	29
5.2.1.	Posición de vigas en planta	29
5.2.2.	Viga 1	29
5.2.3.	Vigas 1 – 8	32
5.3.	Tabiques.....	33
5.3.1.	Tabique TYA.....	33
5.3.2.	Tabique TX8 B.....	33
5.3.3.	Tabique TYE 2.....	34
5.4.	Fundaciones.....	34

1. Descripción del proyecto

El proyecto consta de un edificio de 3 plantas y un subsuelo, con una terraza con un espacio verde (techo verde) donde se colocarán bancos para que los estudiantes puedan tener un lugar al aire libre para descansar y de paneles solares para obtener un edificio sustentable.

La estructura está conformada por madera, como CLT formando los tabiques y madera laminada para vigas y columnas. El CLT consiste en tablonces de madera aserrada y encolada, donde cada capa es orientada perpendicularmente a la capa anterior. Al unir capas de madera en ángulos perpendiculares, la rigidez estructural del panel se obtiene en ambas direcciones, similar a la madera contrachapada, pero con componentes más gruesos. De esta manera, el panel tiene buena resistencia a la tracción y compresión. La madera laminada es el resultado de la unión de tablas o láminas para conformar una sola unidad estructural, generando elementos lineales, curvos o rectos, pero siempre lineales. Con el CLT, en cambio, la unión de tablas en capas perpendiculares permite la fabricación de placas, planchas, o superficies, es decir, muros.

La disposición interior posee salas de estudio grupales, una sala de estudio silenciosa (con un diseño insonoro y con música ambiental para concentrarse), salas preparadas para los estudiantes de arquitectura (con todo lo necesario para la realización de maquetas), una cafetería, una librería, una sala de computación, lockers e instalaciones sanitarias. El subsuelo será un gran auditorio para actos o eventos.

La ubicación será en el campus de la Universidad Nacional de Cuyo, en las cercanías de la Facultad de Ingeniería, así los estudiantes tendrán recorridos cortos para ir a clase o al comedor universitario.

2. Análisis de carga

2.1. Cargas permanentes (D) – CIRSOC 101

En el capítulo 3 del código CIRSOC 101 del año 2005 se expresa que las cargas gravitatorias se obtienen multiplicando los volúmenes o superficies considerados en cada caso por los correspondientes pesos unitarios.

o Entrepiso

Entrepiso			
Material	Espesor [m]	Peso específico [kN/m ³]	Peso por unidad de superficie [kN/m ²]
Piso de porcelanato	0,02		0,2
Mortero de asiento (cemento portland+arena)	0,015	21	0,315
Contrapiso (cemento, arena, cascote)	0,05	18	0,9
CLT	0,2		0,8
		D_{entrepiso}	2,22

o Cubierta

Cubierta			
Material	Espesor [m]	Peso específico [kN/m ³]	Peso por unidad de superficie [kN/m ²]
Cubierta verde	0,25		0,2
Membrana asfáltica (aislación hidrófuga)	0,003		0,043
Mortero de asiento (cemento portland+arena)	0,015	21	0,315
Contrapiso (cemento, arena, cascote)	0,05	18	0,9
CLT	0,2		0,8
		D_{cubierta}	2,26

○ Columnas

PLANTA BAJA						
Columnas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
C1	2	0,25	0,5	7,33	4	7,3
C2	4	0,35	0,5	4	4	11,2
					Σ	18,5

1P - 3P						
Columnas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
C1	2	0,25	0,5	4	4	4
C2	5	0,35	0,5	4	4	14
					Σ	18

TERRAZA						
Columnas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
C1	0	0,25	0,5	4	4	0
C2	1	0,35	0,5	4	4	2,8
					Σ	2,8

○ Vigas

PLANTA BAJA						
Vigas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
V1	7	0,25	0,5	20,72	4	72,5
V2	4	0,35	0,5	17,5	4	49,0
V3	1	0,25	0,5	14,05	4	7,0
V4	1	0,35	0,5	8	4	5,6
V5	0	0,35	0,5	8,26	4	0,0
					Σ	134,1

1P - 3P						
Vigas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
V1	9	0,25	0,5	20,72	4	93,24
V2	6	0,35	0,5	17,5	4	73,5
V3	1	0,25	0,5	14,05	4	7,0
V4	1	0,35	0,5	8	4	5,6
V5	1	0,35	0,5	8,26	4	5,8
					Σ	185,1

TERRAZA						
Vigas						
Tipo	Cantidad	bx [m]	by [m]	h [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
V1	0	0,25	0,5	20,72	4	0
V2	0	0,35	0,5	17,5	4	0
V3	3	0,25	0,5	14,05	4	21,1
V4	0	0,35	0,5	8	4	0,0
V5	1	0,35	0,5	8,26	4	5,8
					Σ	26,9

o Tabiques

PLANTA BAJA						
Tabiques						
Tipo	Cantidad	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
T1	2	0,25	2	4	4,2	16,8
T2	1	0,25	5,13	4	4,2	21,5
T3	2	0,25	4,8	4	4,2	40,3
T4	1	0,25	25	4	4,2	105,0
T5	1	0,25	5	4	4,2	21,0
T6	1	0,25	7,25	4	4,2	30,5
T7	2	0,25	8,5	4	4,2	71,4
					Σ	306,5

1P - 3P						
Tabiques						
Tipo	Cantidad	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
T1	3	0,25	2	4	4,2	25,2
T2	0	0,25	5,13	4	4,2	0,0
T3	2	0,25	4,8	4	4,2	40,3
T4	1	0,25	25	4	4,2	105,0
T5	1	0,25	5	4	4,2	21,0
T6	1	0,25	7,25	4	4,2	30,5
T7	4	0,25	8,5	4	4,2	142,8
					Σ	364,8

TERRAZA						
Tabiques						
Tipo	Cantidad	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
T1	3	0,25	2	4	4,2	25,2
T2	0	0,25	5,13	4	4,2	0,0
T3	2	0,25	4,8	4	4,2	40,3
T4	0	0,25	25	4	4,2	0,0
T5	1	0,25	5	4	4,2	21,0
T6	1	0,25	7,25	4	4,2	30,5
T7	2	0,25	8,5	4	4,2	71,4
					Σ	188,4

○ Muros

PLANTA BAJA							
Muros							
Tipo	Material	Direccion	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
Cerramiento	CLT	x	0,25	65	4	4,2	273,0
		y	0,25	42	4	4,2	176,4
	Vidrio	x	0,08	0	4	0,02	0,0
		y	0,08	8	4	0,02	0,6
Divisiones internas	CLT	x	0,25	30	4	4,2	126,0
		y	0,25	35	4	4,2	147,0
						Σ	723,0

1P - 3P							
Muros							
Tipo	Material	Direccion	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
Cerramiento	CLT	x	0,25	30	4	4,2	126,0
		y	0,25	30	4	4,2	126,0
	Vidrio	x	0,08	20	4	0,02	1,6
		y	0,08	26,6	4	0,02	2,1
Divisiones internas	CLT	x	0,25	40	4	4,2	168,0
		y	0,25	50	4	4,2	210,0
						Σ	633,7

TERRAZA							
Muros							
Tipo	Material	Direccion	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	P esp [kN/m ³]	Carga [kN]
Cerramiento	CLT	x	0,25	15	4	4,2	63,0
		y	0,25	15	4	4,2	63,0
	Vidrio	x	0,08	55	4	0,02	4,4
		y	0,08	52	4	0,02	4,2
Divisiones internas	CLT	x	0,25	0	4	4,2	0,0
		y	0,25	0	4	4,2	0,0
						Σ	134,6

○ Total

PLANTA BAJA	
Tipo	Carga [kN/m ²]
Pp	0,7
D _{entrepiso}	2,22
D	2,93
Dsi	0,58

1P - 3P	
Tipo	Carga [kN/m ²]
Pp	0,7
D _{entrepiso}	2,22
D	2,93
Dsi	0,54

TERRAZA	
Tipo	Carga [kN/m ²]
Pp	0,1
D _{cubierta}	2,26
D	2,34
Dsi	0,06

Para el cálculo de la carga muerta total se subdivide a las cargas muertas en las que son puramente estructurales y en las cargas permanentes, pero no estructurales que se las denomina “cargas sobreimpuestas”, esta distinción se realiza para poder ingresarlas al software ETABS ya que las cargas estructurales las calcula por si solo, pero estas últimas hay que agregarlas manualmente.

Las cargas puramente estructurales son el peso propio de cada elemento que se considera estructural, como lo son las columnas, las vigas, los tabiques y la losa.

En las cargas sobreimpuestas se considera el cierre perimetral con CLT o vidrio, las divisiones internas con CLT.

2.2. Sobrecargas de diseño (L) - CIRSOC 101

En el capítulo 4 del reglamento CIRSOC 101 se encuentran detalladas. Resultan del uso del edificio. En este caso, se toma el mayor valor, para los pisos del 1 al 3 es el que corresponde a salas de computación y archivo. El de la terraza corresponde a azoteas accesibles con congregación de personas.

$$L = 5 \text{ kN/m}^2$$

2.3. Carga de sismo (E) – INPRES CIRSOC 103 -I

El método estático consiste en representar la acción sísmica mediante un sistema de fuerzas estáticas equivalentes proporcionales a las cargas gravitatorias. Para poder aplicarlo, la estructura debe cumplir ciertos requisitos que se pueden ver en la tabla a continuación.

Tabla 2.5. Condiciones para la aplicación del método estático

Zona sísmica	Altura máxima de la Construcción (m)			Regularidad en planta Tabla 2.3 – Línea			Regularidad en altura Tabla 2.4 – Línea		
	A ₀	A	B	A ₀	A	B	A ₀	A	B
3 y 4	12	30	45	1 _a , 3 _a 4 _a	1 _b , 4 _a	1 _b	1 _a , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a

Figura 1: Condiciones de aplicación del método estático

Espectro de diseño

Las ordenadas S_a del espectro elástico de aceleración para acciones horizontales de diseño E_H para una razón de amortiguamiento del 5% se definen por las siguientes expresiones:

$$S_a = C_a (1 + 1,5 \cdot T / T_1) \quad \text{para } T \leq T_1$$

$$S_a = 2,5 C_a \quad \text{para } T_1 < T \leq T_2$$

$$S_a = C_v / T \quad \text{para } T_2 < T \leq T_3$$

$$S_a = C_v \cdot T_3 / T^2 \quad \text{para } T > T_3$$

Donde:

T: período de vibración genérico; período fundamental de la construcción.

T₁, T₂, T₃: períodos característicos del espectro de diseño, en segundos.

C_a, C_v: parámetros característicos del espectro de diseño.

Los parámetros se determinan en función de la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Valores de a_s, C_a y C_v para las distintas zonas sísmicas y tipos espectrales

Tipo Espectral (Sitio)	Zona Sísmica							
	4		3		2		1	
	a _s = 0,35		a _s = 0,25		a _s = 0,15		a _s = 0,08	
	C _a	C _v	C _a	C _v	C _a	C _v	C _a	C _v
1 (S _A , S _B , S _C)	0,37 N _a	0,51 N _v	0,29 N _a	0,39 N _v	0,18	0,25	0,09	0,13
2 (S _D)	0,40 N _a	0,59 N _v	0,32 N _a	0,47 N _v	0,22	0,32	0,12	0,18
3 (S _E)	0,36 N _a	0,90 N _v	0,35 N _a	0,74 N _v	0,30	0,50	0,19	0,26

En todos los casos:

$$N_a = 1 \quad [3.11]$$

$$N_v = 1,2 \quad [3.12]$$

$$T_2 = C_v / (2,5 C_a) \quad [3.13]$$

$$T_1 = 0,2 T_2 \quad [3.14]$$

T₃ dado por la Tabla 3.2 según la zona sísmica

Figura 2: Valores de coeficientes para distintas zonas sísmicas y tipos espectrales

Las acciones sísmicas verticales E_v se obtendrán a partir de la pseudo-aceleración elástica.

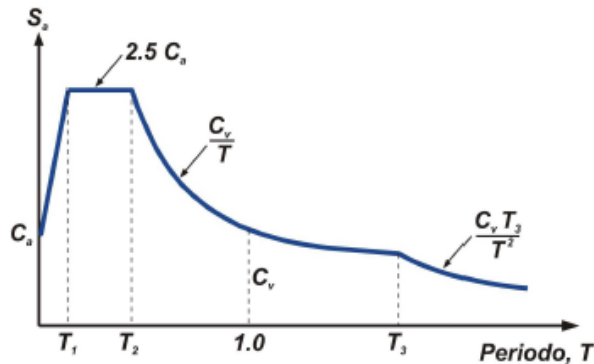


Figura 3: Espectro de diseño INPRES CIRSOC 103

Para las condiciones requeridas, los resultados de los distintos coeficientes son los siguientes:

Espectro de diseño			
Zona	4	γ_r	1
Suelo	SD	N_v	1,2
Ca	0,4	S_{ax}	1,37
Cv	0,708	S_{ay}	1,37
as	0,35		
T2	0,708		
T1	0,142		
T3	13		

Coeficiente sísmico de diseño

El período fundamental aproximado en cada dirección es:

Períodos [s]	
C_r	0,0488
x	0,75
T_x	0,516
T_y	0,516

El factor de reducción en cada dirección es; tomando del reglamento como paneles de madera:

Factor Reduccion	
R_x	4
R_y	4

El coeficiente sísmico en cada dirección es:

Coeficiente sísmico			
C_x	0,250		
C_y	0,250	C_x	0,250
C_{limx}	0,084	C_y	0,250
C_{limy}	0,084		

2.4. Carga de viento (W) – CIRSOC 102

Los datos para el método analítico para el cálculo de las presiones de viento son:

Velocidad del viento básica	V	40	m/s
Factor de direccionalidad	Kd	0,85	
Factor de importancia	I	1,15	
Categoría de exposición	Kz	0,93	
Factor topográfico	Kzt	1	
Factor de Ráfaga	G	0,85	
Coeficiente de presión interna	GCpi	0,18	
Coeficiente de presión externa	Cp	0,8	barlovento
		-0,5	sotavento
		-0,7	laterales
		-0,9	cubierta 0-20m
		-0,5	cubierta 20-23,2m

Las presiones de viento obtenidas son las siguientes:

Presión dinámica	qz	8,92	kN/m ²
Presión pared a barlovento		6,06	kN/m ²
Presión pared a sotavento		-3,79	kN/m ²
Presión paredes laterales		-5,31	kN/m ²
Presión cubierta 0-20m		-6,82	kN/m ²
Presión cubierta 20-23,2m		-3,79	kN/m ²

2.5. Carga de nieve (S) – CIRSOC 104

Carga de nieve a nivel del terreno

$$p_g = 0,3 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Mendoza Capital – Mendoza - Argentina})$$

Carga de cálculo

- Factor de exposición $\rightarrow C_e = 1$

Exposición B: Áreas urbanas y suburbanas. Parcialmente expuesta.

- Factor térmico $\rightarrow C_t = 1$
- Factor de importancia $\rightarrow I = 1$

Carga de nieve sobre cubiertas planas

$$p_f = 0,7 * C_e * C_t * I * p_g$$

$$p_f = 0,7 * 1 * 1 * 1 * 0,3 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_f = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

Según el Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC, el valor de p_f debe ser mayor o igual que el siguiente valor mínimo para las cubiertas con baja pendiente:

- Para $p_g \leq 1 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_f \geq I * p_g = 1,00 * 0,3 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_f \geq 0,3 \text{ kN/m}^2$, por lo tanto, se establece que:

$$p_f = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

2.6. Combinaciones de acciones

Las combinaciones utilizadas para el cálculo, correspondientes al CIRSOC 601 y al INPRES CIRSOC 103-I son las siguientes:

$$C. 1.1. = D + D_{si} + L + S$$

$$C. 1.2. = D + D_{si} + W$$

$$C.2.1 = D + D_{si} + 0,7L + 0,7S + 0,7W$$

$$C.2.2 = D + D_{si} + 0,7W$$

$$C.2.3 = D + D_{si} + 0,7L$$

$$C.3 = D + D_{si} + 0,6L + 0,6S + 0,6W$$

$$C.4.1 = D + D_{si} + 0,5L + E_x$$

$$C.4.2 = D + D_{si} + 0,5L - E_x$$

$$C.4.3 = D + D_{si} + 0,5L + E_y$$

$$C.4.4 = D + D_{si} + 0,5L - E_y$$

3. Peso unitario de la estructura

El peso del edificio por metro cuadrado es:

$$W_i = D_i + \Sigma f_1 L_i$$

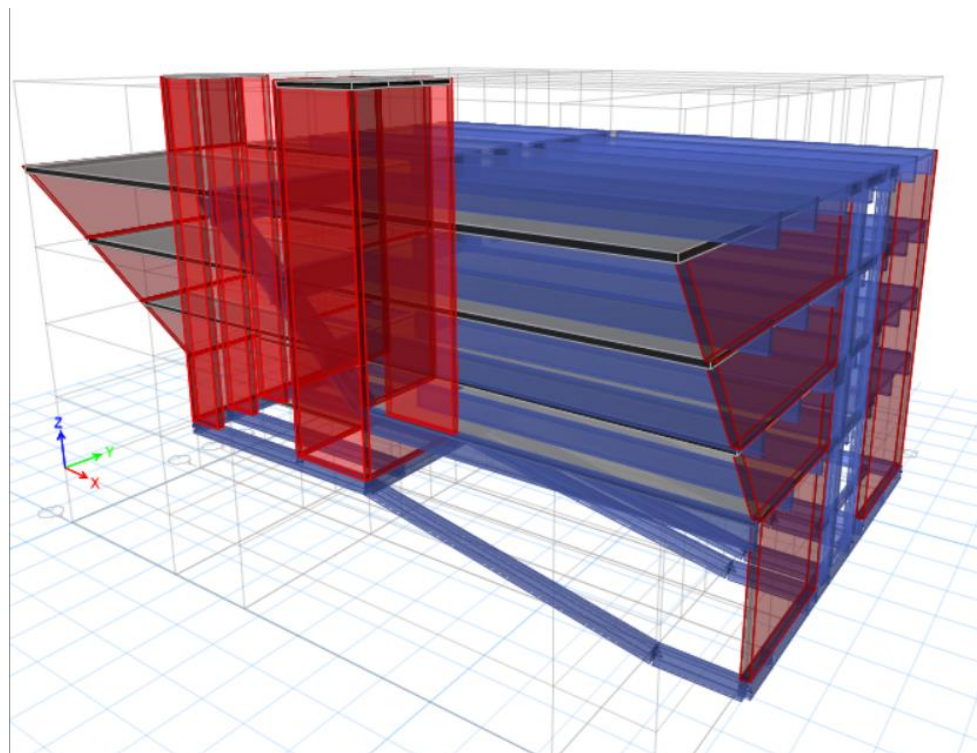
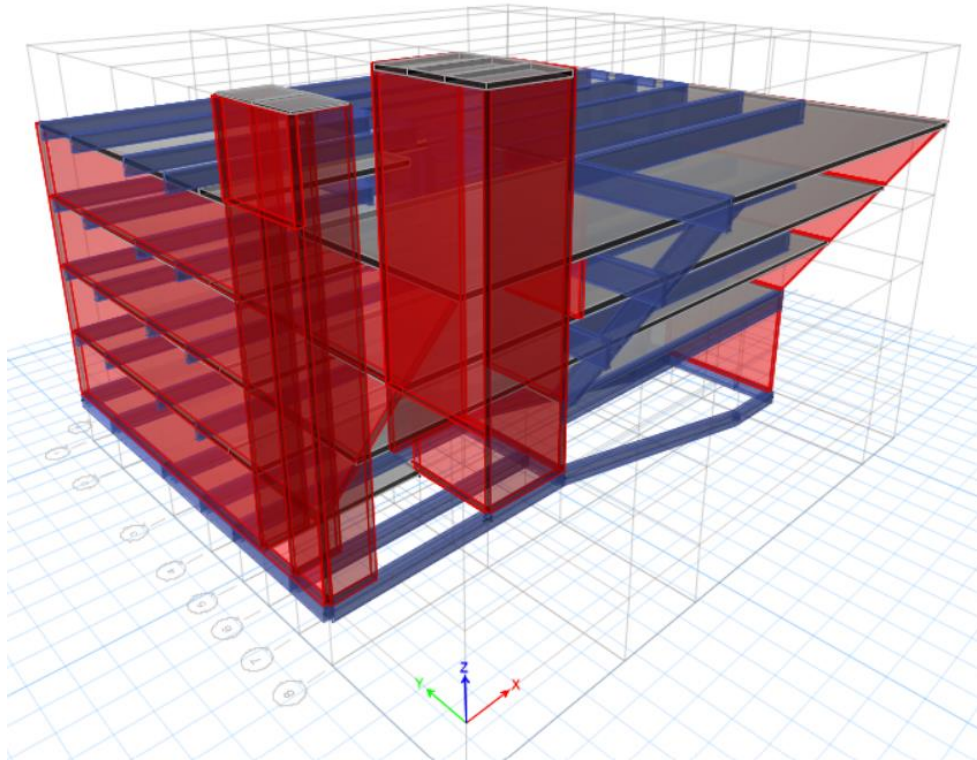
Carga de ocupación o de uso (L)	f_i
La sobrecarga de servicio sólo actúa excepcionalmente, por ejemplo en techos o azoteas accesibles sólo con fines de mantenimiento.	0
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga es reducida, por ejemplo locales donde no es frecuente la aglomeración de personas o cosas: edificios para vivienda, hoteles, oficinas, etc.	0,25
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga es intermedia, por ejemplo locales en los que es frecuente la aglomeración de personas o cosas: edificios públicos, grandes tiendas, templos, cines, teatros, escuelas, hoteles, etc.	0,50
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga total es elevada, por ejemplo: depósitos, edificios para archivos, etc.	0,75
Normalmente está presente la totalidad de la sobrecarga de servicio, por ejemplo: tanques, silos, depósitos destinados a estar llenos la mayor parte del tiempo, etc.	1,00
Verificación local de partes de la construcción, salvo que la sobrecarga sea equilibrante	1,00
Cocheras	(*)
Otros casos	0,20

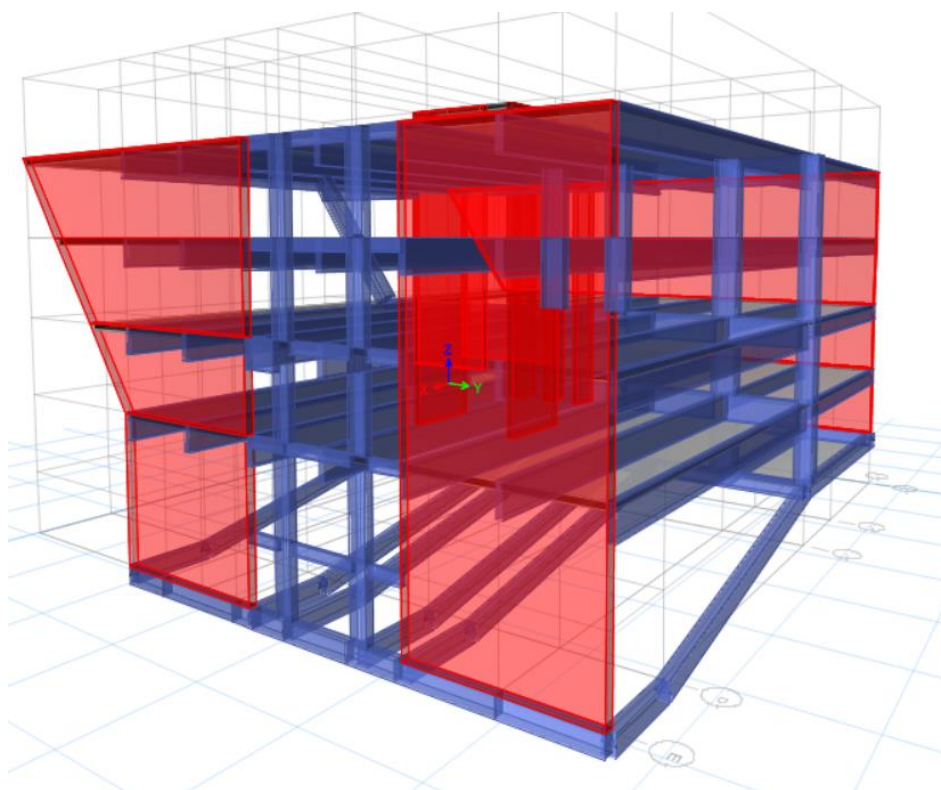
Figura 4: Factor de simultaneidad para sobrecargas de uso y accidentales

Los resultados obtenidos son:

PESO UNITARIO [kN/m2]	
PB	6,01
1P - 3P	5,98
T	4,90

4. Modelo computacional en ETABS





5. Análisis estructural

5.1. Columnas

Para el diseño de las columnas se utilizó el REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA – CIRSOC 601.

El diseño de las columnas será con madera laminada encolada estructural. Debido a la imposibilidad de realizar ensayos se utilizarán los valores de diseños de referencia que provee el código en el suplemento 2. La especie elegida es Eucalipto grandis con grado de resistencia 1.

Tabla 1: Valores de diseño de referencia para madera laminada encolada estructural de las especies incluidas en la norma IRAM 9660-1 (2015) (N/mm²)

Especie	Grado de resistencia	F_b	F_t	F_v	$F_{c\perp}$	F_c	F_{rt}	E	$E_{0,05}$	$E_{mín}$
Pino taeda y ellioti ⁽¹⁾	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11200	7500	4700
	2	4,1	2,3	0,4	0,8	4,1	0,1	6700	4500	2800
Pino Paraná ⁽²⁾	1	7,5	4,1	0,8	1,0	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11600	7800	4900
Eucalipto grandis ⁽³⁾	1	7,5	4,1	0,8	1,8	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,6	3,7	0,8	1,7	6,6	0,1	11600	7800	4900
Álamo ⁽⁴⁾	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	9400	6300	4000
	2	5,6	3,2	0,6	0,9	5,6	0,1	8500	5700	3600

(1) *Pinus taeda* y *elliottii* cultivado en las provincias de Misiones y Corrientes, (2) *Araucaria angustifolia* cultivado en la provincia de Misiones, (3) *Eucalyptus grandis* cultivado en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones, (4) *Populus deltoides* ('Australiano 129/60' y 'Stoneville 67) cultivado en el delta del río Paraná.

Tabla 2: Factores de ajuste aplicables para madera laminada encolada estructural

Tensiones y módulo de elasticidad	Factores de ajuste aplicables									
$F'_b = F_b$	X	C_D	C_M	C_t	C_L	C_V	C_c	C_r	-	-
$F'_t = F_t$	X	C_D	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$F'_v = F_v$	X	C_D	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$F'_{c\perp} = F_{c\perp}$	X	C_D	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$F'_c = F_c$	X	C_D	C_M	C_t	-	-	-	-	-	C_P
$F'_{rt} = F_{rt}$	X	C_D	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$E' = E$	X	-	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$E'_{0,05} = E_{0,05}$	X	-	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-
$E'_{\min} = E_{\min}$	X	-	C_M	C_t	-	-	-	-	-	-

Cálculo de los Factores de ajustes

Factor de duración de carga (C_D)

Tabla 3: Factor de duración de carga (C_d)

Duración de la carga	C_D	Ejemplo de carga
Permanente	0,9	Peso propio
10 años (duración normal)	1,0	Sobrecarga de uso ⁽¹⁾
2 meses	1,15	Nieve ⁽²⁾
7 días	1,25	Constructiva
10 minutos	1,6	Viento, sismo
Instantánea	2,0 ⁽³⁾	Carga accidental

$$C_D = 1.6$$

Factor de condición de servicio (C_M)

$$C_M = 1.0$$

Factor de temperatura (C_t)

Tabla 4: Factor de temperatura (C_t)

Tensiones y módulo de elasticidad	Condición de servicio en estado:	C_t		
		$T \leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$	$40 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 52 \text{ }^\circ\text{C}$	$52 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 65 \text{ }^\circ\text{C}$
$F_t, E, E_{0,05}, E_{\min}$	cualquiera	1,0	0,9	0,9
$F_b, F_v, F_{rt}, F_c, F_{c\perp}$	seco	1,0	0,8	0,7
	húmedo	1,0	0,7	0,5

$$C_t = 1.0$$

Factor de volumen (C_V)

Cambia según las dimensiones del elemento estructural y se calcula con la siguiente fórmula

$$C_V = \left(\frac{600}{d}\right)^{0,1} \left(\frac{150}{b}\right)^{0,05} \leq 1,1$$

Factor de curvatura (C_C)

$$C_C = 1.0$$

Factor de distribución lateral de cargas (C_r)

$$C_r = 1.0$$

Factor de estabilidad del miembro comprimido (C_p)

Cambia según las dimensiones del elemento estructural y se calcula con la siguiente fórmula

$$C_p = \frac{1 + (F_{cE} / F_c^*)}{2c} - \sqrt{\left[\frac{1 + (F_{cE} / F_c^*)}{2c} \right]^2 - \frac{F_{cE} / F_c^*}{c}}$$

Parámetros de Diseño

Resistencia al Corte

La tensión de corte paralela a la dirección de las fibras, f_v , producida por el esfuerzo de corte actuante, V , no debe exceder en ningún caso la tensión de diseño en corte paralelo a las fibras ajustada, F'_v . No se requiere una comprobación de las tensiones de corte en dirección perpendicular a las fibras.

La tensión de corte actuante en columnas rectangulares se calcula con la siguiente expresión:

$$f_v = \frac{3V}{2bd}$$

Resistencia a la Compresión

La tensión originada por el esfuerzo de compresión paralela a la dirección de las fibras, f_c , no debe exceder en ningún caso la tensión de diseño en compresión paralela a las fibras ajustada, F'_c .

La tensión de compresión actuante en columnas rectangulares se calcula con la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{N}{bd}$$

Resistencia a la Tracción

La tensión originada por el esfuerzo de tracción paralela a la dirección de las fibras, f_t , nunca debe exceder la tensión de diseño en tracción paralela a las fibras ajustada, F'_t .

La tensión de tracción actuante en columnas rectangulares se calcula con la siguiente expresión:

$$f_t = \frac{N}{bd}$$

Resistencia a Flexión y Normal

Flexión y Tracción longitudinal

Los miembros estructurales sometidos a una combinación de esfuerzos de flexión originados por cargas transversales y tracción paralela a la dirección de las fibras deben ser dimensionados de manera tal que se cumplan las expresiones siguientes:

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1$$

$$\frac{f_b - f_t}{F'_b} \leq 1$$

Flexión y Compresión longitudinal

Los miembros estructurales sometidos a una combinación de esfuerzos de flexión originados por cargas transversales y compresión paralela a la dirección de las fibras deben ser dimensionados de manera de que se cumplan las siguientes expresiones:

$$\left(\frac{f_c}{F'_c}\right)^2 + \frac{f_{b1}}{F'_{b1}[1-(f_c/F_{cE1})]} + \frac{f_{b2}}{F'_{b2}[1-(f_c/F_{cE2})-(f_{b1}/F_{bE})^2]} \leq 1$$

Siendo:

$$f_c < F_{cE1} = \frac{0,822E'_{\min}}{(\ell_{e1}/d_1)^2}$$

$$f_c < F_{cE2} = \frac{0,822E'_{\min}}{(\ell_{e2}/d_2)^2}$$

$$f_{b1} < F_{bE} = \frac{1,2E'_{\min}}{(R_B)^2}$$

Solicitaciones en columnas

Las siguientes solicitaciones fueron obtenidas mediante el software ETABS para las combinaciones de carga mencionadas.

Columnas y Combinaciones	N t	N c	M2	M3	V2	V3
C1						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	279,56	84,09	59,37	35,76	43,09
C1.2: D + Dsi + W	0,00	35,28	9,60	14,12	6,55	1,64
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	190,14	54,29	45,71	26,24	24,77
C2.2: D + Dsi + 0,7W	0,00	47,39	9,76	14,18	7,11	2,03
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	218,38	65,00	45,86	27,56	33,34
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	173,78	49,46	41,22	23,70	22,75
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	23,26	36,82	31,57	17,69	6,41
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	260,22	58,44	25,35	16,22	35,28
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	245,87	72,04	77,54	29,86	30,81
C1.2: D + Dsi + W	56,72	0,00	30,58	18,85	7,49	9,74
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	109,28	45,65	52,35	23,41	25,33
C2.2: D + Dsi + 0,7W	21,29	0,00	24,00	15,06	7,29	9,11
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	191,94	55,86	59,59	22,96	23,86
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	103,11	41,72	47,40	21,04	22,81

C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	107,85	24,35	38,61	14,66	0,92
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	140,67	77,22	33,78	13,26	29,02
Tercer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	123,47	96,68	68,11	27,57	50,62
C1.2: D + Dsi + W	95,75	0,00	81,16	63,70	18,08	28,76
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	9,40	35,19	17,53	4,10	10,55
C2.2: D + Dsi + 0,7W	58,46	0,00	49,97	39,88	10,74	16,57
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	96,41	74,52	52,39	21,21	38,99
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	12,81	32,84	15,98	4,42	10,74
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	54,79	57,26	30,60	13,72	19,74
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	70,15	41,19	33,27	12,18	28,12
C2						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	392,18	67,73	49,65	21,88	32,74
C1.2: D + Dsi + W	50,39	0,00	21,00	16,68	7,05	8,60
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	200,21	55,75	41,55	18,14	25,87
C2.2: D + Dsi + 0,7W	4,93	0,00	19,47	15,34	6,52	8,32
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	306,29	52,19	38,42	16,90	25,22
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	186,74	50,06	37,36	16,30	23,27
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	164,05	41,14	27,12	11,17	19,08
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	233,18	25,64	20,90	9,83	11,86
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	263,78	52,97	30,43	15,72	25,34
C1.2: D + Dsi + W	79,97	0,00	29,06	14,09	6,02	14,44
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	103,48	47,26	24,82	13,78	25,52
C2.2: D + Dsi + 0,7W	36,03	0,00	22,81	11,57	5,29	11,85
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	206,01	40,72	23,36	12,08	19,49
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	98,87	42,24	22,08	12,33	22,71
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	108,51	32,61	16,37	7,98	15,07
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	158,72	20,15	11,90	6,69	8,67
Tercer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	135,82	82,00	45,05	22,40	42,64
C1.2: D + Dsi + W	111,70	0,00	65,13	44,41	13,13	19,62
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	5,54	38,43	19,15	4,41	12,21
C2.2: D + Dsi + 0,7W	68,62	0,00	39,97	27,96	7,63	10,81
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	106,06	63,02	34,66	17,23	32,78
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	9,98	35,15	17,52	4,52	11,86
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	54,87	45,11	20,04	11,27	28,10
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	82,60	53,25	22,28	9,79	11,77
C3						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	1189,93	90,42	153,10	75,59	44,32
C1.2: D + Dsi + W	117,91	0,00	11,15	36,09	7,99	3,61
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	632,39	53,50	115,95	50,45	29,37
C2.2: D + Dsi + 0,7W	0,00	20,21	9,60	37,63	11,63	5,66
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	927,57	69,81	119,54	58,96	34,16

C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	587,10	48,96	105,27	46,12	26,67
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	364,67	31,31	40,96	29,86	9,76
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	829,53	70,64	115,22	46,20	32,26
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	787,61	117,88	105,26	38,98	58,21
C1.2: D + Dsi + W	223,13	0,00	28,93	74,27	52,81	13,05
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	319,38	50,84	114,73	60,05	26,04
C2.2: D + Dsi + 0,7W	96,76	0,00	11,69	60,20	40,12	4,95
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	614,24	91,08	81,89	30,44	44,93
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	303,72	47,66	102,25	52,98	24,31
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	211,42	33,28	24,03	11,69	7,61
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	580,85	102,11	80,58	27,77	47,97
Tercer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	382,85	144,32	199,62	119,43	85,01
C1.2: D + Dsi + W	333,39	0,00	36,60	120,22	67,26	16,79
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	9,86	1,76	82,01	78,70	24,22	39,92
C2.2: D + Dsi + 0,7W	206,12	0,00	20,17	75,02	37,86	5,88
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	298,74	111,14	155,05	92,83	65,38
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	16,15	75,11	74,75	25,15	37,01
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	86,77	84,26	76,05	47,48	3,36
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	299,36	121,60	120,76	70,66	76,34
C4						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	2295,66	438,28	114,03	56,09	204,98
C1.2: D + Dsi + W	146,49	0,00	12,13	30,31	7,07	8,32
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	1282,57	270,53	88,82	37,86	128,50
C2.2: D + Dsi + 0,7W	0,00	76,98	42,06	30,39	9,72	21,43
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	1778,98	340,36	88,99	44,03	159,10
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	1181,26	247,87	80,49	34,72	117,57
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	1104,19	196,08	36,21	21,11	92,86
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	1133,07	235,66	93,34	37,12	108,49
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	1523,12	340,02	73,77	26,22	163,67
C1.2: D + Dsi + W	304,85	0,00	11,88	77,41	48,48	4,32
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	708,16	195,16	95,81	48,43	94,96
C2.2: D + Dsi + 0,7W	102,51	0,00	17,58	61,71	36,83	9,42
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	1180,29	263,91	59,16	21,25	127,01
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	661,33	179,61	85,70	42,89	87,32
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	732,44	135,14	11,71	6,47	66,26
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	751,78	198,89	72,79	24,99	94,36
Tercer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	773,33	431,84	161,86	81,22	260,33
C1.2: D + Dsi + W	466,62	0,00	29,10	57,34	40,82	9,23
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	145,02	261,86	58,91	18,31	149,45
C2.2: D + Dsi + 0,7W	271,97	0,00	36,01	34,44	21,10	13,28
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	599,21	335,05	127,40	64,32	201,97

C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	151,87	240,05	57,21	19,25	137,50
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	371,99	182,63	61,85	31,09	110,44
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	381,28	240,77	108,40	56,85	144,74
C5						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	328,14	370,14	1568,34	721,01	174,01
C1.2: D + Dsi + W	234,42	0,00	36,77	470,77	206,45	13,76
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	50,99	247,60	1240,84	564,22	113,94
C2.2: D + Dsi + 0,7W	150,71	0,00	53,67	469,44	208,26	22,75
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	246,30	287,02	1237,74	568,45	134,93
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	51,61	225,53	1130,20	513,97	103,91
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	133,34	196,76	800,78	375,09	90,96
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	135,84	165,19	869,44	389,17	79,13
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	211,92	289,41	1281,13	690,96	143,34
C1.2: D + Dsi + W	425,54	0,00	44,17	396,25	222,06	24,64
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	165,72	0,00	205,42	1029,09	560,96	103,62
C2.2: D + Dsi + 0,7W	291,37	0,00	51,98	386,18	214,06	27,72
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	158,07	223,65	1005,60	542,29	110,81
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	138,95	0,00	186,10	933,89	508,74	93,80
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	82,66	165,29	638,39	352,77	80,37
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	84,89	112,82	691,29	363,96	57,62
Tercer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	87,08	325,25	1075,66	320,47	188,58
C1.2: D + Dsi + W	623,30	0,00	35,54	240,10	57,21	15,55
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	381,22	0,00	191,85	794,38	223,06	102,69
C2.2: D + Dsi + 0,7W	437,54	0,00	19,93	263,06	71,03	2,93
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	62,94	251,57	847,95	255,31	145,82
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	327,35	0,00	175,82	726,13	205,95	94,60
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	25,38	183,97	543,46	158,30	105,76
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	30,72	130,01	595,98	198,16	76,05
C6						
Primer Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	2268,01	567,56	190,19	90,66	280,01
C1.2: D + Dsi + W	0,00	24,37	21,48	69,13	21,30	9,46
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	1365,48	355,03	157,54	67,09	174,36
C2.2: D + Dsi + 0,7W	0,00	196,44	58,02	66,38	23,37	27,82
C2.3: D + Dsi + 0,7L	0,00	1766,99	440,27	151,12	71,92	217,21
C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W	0,00	1255,84	324,78	143,60	61,53	159,55
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E	0,00	1109,50	283,70	50,12	35,99	139,35
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E	0,00	1160,61	272,28	158,88	62,92	134,93
Segundo Piso						
C1.1: D + Dsi + L + S	0,00	1468,47	510,00	123,71	47,68	246,10
C1.2: D + Dsi + W	83,23	0,00	23,48	106,93	67,01	11,06
C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W	0,00	821,84	322,35	145,85	74,05	155,36
C2.2: D + Dsi + 0,7W	0,00	63,55	54,75	86,55	51,58	26,23

C2.3: $D + D_{si} + 0,7L$	0,00	1143,49	395,31	98,29	38,05	190,76
C3: $D + D_{si} + 0,6L + 0,6S + 0,6W$	0,00	759,47	294,55	130,58	65,70	141,97
C4.1: $1,2D + 1,2D_{si} + 0,25L + E$	0,00	714,10	259,28	16,80	10,23	124,73
C4.1: $1,2D + 1,2D_{si} + 0,25L - E$	0,00	752,01	238,38	119,13	43,23	115,41
Tercer Piso						
C1.1: $D + D_{si} + L + S$	0,00	674,32	591,80	253,86	131,79	342,48
C1.2: $D + D_{si} + W$	177,19	0,00	11,16	86,08	52,69	7,74
C2.1: $D + D_{si} + 0,7L + 0,7S + 0,7W$	0,00	284,47	362,86	110,26	38,28	210,90
C2.2: $D + D_{si} + 0,7W$	74,38	0,00	52,22	48,75	24,07	31,11
C2.3: $D + D_{si} + 0,7L$	0,00	524,36	458,67	200,17	105,07	265,42
C3: $D + D_{si} + 0,6L + 0,6S + 0,6W$	0,00	268,75	332,17	105,21	38,91	193,00
C4.1: $1,2D + 1,2D_{si} + 0,25L + E$	0,00	325,56	299,44	90,10	47,69	172,81
C4.1: $1,2D + 1,2D_{si} + 0,25L - E$	0,00	343,07	277,71	179,12	99,40	161,13

Verificaciones de diseño

A continuación, se verifican todas las columnas para las condiciones de resistencias requerida

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C6	3P	4000	600	1000	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,86	11,94	1,12	6,56	0,00	0,56	0,56	0,96
					C1.2: D + Dsi + W		0,13		0,00		0,30	0,18	0,11	0,14
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,53		0,47		0,00	0,34	0,34	0,51
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,08		0,00		0,12	0,10	0,06	0,12
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,66		0,87		0,00	0,43	0,43	0,74
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,48		0,45		0,00	0,31	0,31	0,47
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,43		0,54		0,00	0,28	0,28	0,42
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,40		0,57		0,00	0,28	0,28	0,54
	2P	4000	600	1000	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,62	11,94	2,45	6,56	0,00	0,48	0,48	0,71
					C1.2: D + Dsi + W		0,17		0,00		0,14	0,19	0,15	0,19
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,39		1,37		0,00	0,30	0,30	0,54
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,13		0,11		0,00	0,14	0,14	0,18
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,48		1,91		0,00	0,37	0,37	0,55
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,35		1,27		0,00	0,28	0,28	0,49
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,31		1,19		0,00	0,24	0,24	0,28
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,29		1,25		0,00	0,22	0,22	0,42
	1P	4000	600	1000	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,70	11,94	3,78	6,56	0,00	0,53	0,53	0,93
					C1.2: D + Dsi + W		0,05		0,04		0,00	0,11	0,11	0,13
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,44		2,28		0,00	0,33	0,33	0,61
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,07		0,33		0,00	0,10	0,10	0,16
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,54		2,94		0,00	0,41	0,41	0,71
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,40		2,09		0,00	0,31	0,31	0,56
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,35		1,85		0,00	0,27	0,27	0,37
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,34		1,93		0,00	0,26	0,26	0,53
	PB	4000	600	1000	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,63	11,94	5,15	6,56	0,00	0,45	0,45	0,77
					C1.2: D + Dsi + W		0,02		0,20		0,00	0,05	0,05	0,07
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,39		3,20		0,00	0,28	0,28	0,46
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,06		0,55		0,00	0,05	0,05	0,10
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,49		4,01		0,00	0,35	0,35	0,57
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,36		2,94		0,00	0,26	0,26	0,42
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,32		2,53		0,00	0,23	0,23	0,38
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,31		2,63		0,00	0,22	0,22	0,31

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C5	3P	4000	1200	900	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,45	11,97	0,08	6,56	0,00	0,49	0,49	0,68
					C1.2: D + Dsi + W		0,08		0,00		0,58	0,20	0,05	0,13
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,31		0,00		0,35	0,41	0,32	0,47
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,10		0,00		0,41	0,18	0,08	0,13
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,35		0,06		0,00	0,38	0,38	0,53
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,29		0,00		0,30	0,37	0,30	0,43
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,22		0,02		0,00	0,25	0,25	0,36
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,28		0,03		0,00	0,27	0,27	0,35
	2P	4000	1200	900	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,96	11,97	0,20	6,56	0,00	0,58	0,58	0,75
					C1.2: D + Dsi + W		0,31		0,00		0,39	0,24	0,14	0,21
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,78		0,00		0,15	0,49	0,45	0,59
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,30		0,00		0,27	0,22	0,15	0,21
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,75		0,15		0,00	0,45	0,45	0,59
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,71		0,00		0,13	0,44	0,41	0,53
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,49		0,08		0,00	0,29	0,29	0,39
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,51		0,08		0,00	0,31	0,31	0,38
	1P	4000	1200	900	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	1,00	11,97	0,30	6,56	0,00	0,71	0,71	0,93
					C1.2: D + Dsi + W		0,29		0,00		0,22	0,25	0,19	0,23
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,78		0,05		0,00	0,56	0,56	0,71
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,29		0,00		0,14	0,23	0,20	0,24
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,79		0,23		0,00	0,56	0,56	0,73
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,71		0,05		0,00	0,51	0,51	0,65
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,52		0,12		0,00	0,36	0,36	0,48
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,54		0,13		0,00	0,39	0,39	0,49
	PB	4000	1200	900	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,37	11,97	0,39	6,56	0,00	0,29	0,29	0,38
					C1.2: D + Dsi + W		0,09		0,00		0,03	0,09	0,08	0,09
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,28		0,23		0,00	0,23	0,23	0,29
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,09		0,00		0,01	0,09	0,09	0,10
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,29		0,30		0,00	0,23	0,23	0,30
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,26		0,21		0,00	0,21	0,21	0,26
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,17		0,17		0,00	0,16	0,16	0,21
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,18		0,17		0,00	0,15	0,15	0,19

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C4	3P	4000	700	700	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,80	11,96	1,58	6,56	0,00	0,69	0,69	0,97
					C1.2: D + Dsi + W		0,12		0,00		0,95	0,24	0,00	0,14
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,46		0,30		0,00	0,42	0,42	0,51
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,06		0,00		0,56	0,14	0,01	0,11
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,62		1,22		0,00	0,54	0,54	0,75
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,42		0,31		0,00	0,38	0,38	0,48
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,34		0,76		0,00	0,29	0,29	0,40
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,44		0,78		0,00	0,38	0,38	0,56
	2P	4000	700	700	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,50	11,96	3,11	6,56	0,00	0,54	0,54	0,74
					C1.2: D + Dsi + W		0,15		0,00		0,62	0,22	0,07	0,14
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,29		1,45		0,00	0,31	0,31	0,48
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,11		0,00		0,21	0,13	0,08	0,13
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,39		2,41		0,00	0,42	0,42	0,56
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,27		1,35		0,00	0,29	0,29	0,44
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,20		1,49		0,00	0,22	0,22	0,25
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,29		1,53		0,00	0,32	0,32	0,45
	1P	4000	700	700	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,63	11,96	4,69	6,56	0,00	0,70	0,70	1,05
					C1.2: D + Dsi + W		0,03		0,00		0,30	0,09	0,02	0,07
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,39		2,62		0,00	0,43	0,43	0,63
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,07		0,16		0,00	0,07	0,07	0,12
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,49		3,63		0,00	0,54	0,54	0,79
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,36		2,41		0,00	0,40	0,40	0,57
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,28		2,25		0,00	0,31	0,31	0,41
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,33		2,31		0,00	0,38	0,38	0,57
	PB	4000	700	700	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,10	11,96	6,34	6,56	0,00	0,30	0,30	0,65
					C1.2: D + Dsi + W		0,06		0,05		0,00	0,06	0,06	0,08
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,08		3,84		0,00	0,19	0,19	0,36
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,06		0,51		0,00	0,06	0,06	0,10
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,08		4,92		0,00	0,23	0,23	0,46
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,08		3,52		0,00	0,18	0,18	0,32
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,05		3,06		0,00	0,16	0,16	0,28
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,08		3,13		0,00	0,14	0,14	0,29

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C3	3P	4000	650	550	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,50	11,93	1,07	6,56	0,00	0,46	0,46	0,87
					C1.2: D + Dsi + W		0,28		0,00		0,93	0,42	0,19	0,38
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,17		0,00		0,03	0,23	0,22	0,40
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,16		0,00		0,58	0,26	0,12	0,23
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,39		0,84		0,00	0,36	0,36	0,67
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,16		0,05		0,00	0,21	0,21	0,38
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,20		0,24		0,00	0,23	0,23	0,41
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,32		0,84		0,00	0,33	0,33	0,62
	2P	4000	650	550	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,24	11,93	2,20	6,56	0,00	0,32	0,32	0,60
					C1.2: D + Dsi + W		0,22		0,00		0,62	0,27	0,12	0,25
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,25		0,89		0,00	0,27	0,27	0,41
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,17		0,00		0,27	0,18	0,12	0,17
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,19		1,72		0,00	0,25	0,25	0,46
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,22		0,85		0,00	0,24	0,24	0,37
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,05		0,59		0,00	0,09	0,09	0,15
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,20		1,62		0,00	0,28	0,28	0,49
	1P	4000	650	550	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,32	11,93	3,33	6,56	0,00	0,35	0,35	0,69
					C1.2: D + Dsi + W		0,03		0,00		0,33	0,13	0,05	0,11
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,21		1,77		0,00	0,27	0,27	0,44
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,05		0,06		0,00	0,09	0,09	0,11
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,25		2,59		0,00	0,28	0,28	0,52
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,19		1,64		0,00	0,24	0,24	0,40
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,13		1,02		0,00	0,09	0,09	0,19
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,19		2,32		0,00	0,27	0,27	0,50
	PB	4000	650	550	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,10	11,93	4,33	6,56	0,00	0,12	0,12	0,36
					C1.2: D + Dsi + W		0,03		0,01		0,03	0,05	0,04	0,06
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,08		2,58		0,00	0,10	0,10	0,22
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,03		0,35		0,00	0,04	0,04	0,06
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,08		3,38		0,00	0,10	0,10	0,26
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,07		2,37		0,00	0,09	0,09	0,20
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,02		1,51		0,00	0,11	0,11	0,20
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,08		2,84		0,00	0,08	0,08	0,15

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C2	3P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,32	11,89	0,67	6,56	0,00	0,46	0,46	0,72
					C1.2: D + Dsi + W		0,15		0,00		0,55	0,45	0,32	0,62
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,09		0,03		0,00	0,22	0,22	0,32
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,08		0,00		0,34	0,28	0,20	0,38
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,24		0,52		0,00	0,35	0,35	0,55
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,09		0,05		0,00	0,20	0,20	0,30
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,21		0,27		0,00	0,25	0,25	0,37
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,09		0,41		0,00	0,30	0,30	0,43
	2P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,19	11,89	1,30	6,56	0,00	0,30	0,30	0,49
					C1.2: D + Dsi + W		0,11		0,00		0,39	0,22	0,13	0,24
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,19		0,51		0,00	0,27	0,27	0,41
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,09		0,00		0,18	0,16	0,11	0,19
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,14		1,02		0,00	0,23	0,23	0,37
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,17		0,49		0,00	0,24	0,24	0,37
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,11		0,54		0,00	0,18	0,18	0,28
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,06		0,78		0,00	0,11	0,11	0,19
	1P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,24	11,89	1,94	6,56	0,00	0,38	0,38	0,70
					C1.2: D + Dsi + W		0,06		0,00		0,25	0,16	0,10	0,21
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,19		0,99		0,00	0,31	0,31	0,56
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,06		0,00		0,02	0,11	0,11	0,20
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,19		1,51		0,00	0,29	0,29	0,53
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,17		0,92		0,00	0,28	0,28	0,50
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,14		0,81		0,00	0,23	0,23	0,39
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,09		1,15		0,00	0,14	0,14	0,27
	PB	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,10	11,89	2,58	6,56	0,00	0,23	0,23	0,37
					C1.2: D + Dsi + W		0,03		0,00		0,08	0,07	0,05	0,09
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,08		1,48		0,00	0,18	0,18	0,25
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,03		0,17		0,00	0,05	0,05	0,09
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,08		2,01		0,00	0,18	0,18	0,27
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,07		1,37		0,00	0,16	0,16	0,23
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,06		1,11		0,00	0,11	0,11	0,14
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,04		1,50		0,00	0,11	0,11	0,18

Col	Piso	L	d	b	Combinación	Corte		Compresión		Tracción		Flexión + Tracción		Flexión y Compresión
						F'v	f _v	F'c	f _c	F't	f _t	Verificación 1	Verificación 2	Verificación
C1	3P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,37	11,89	0,61	6,56	0,00	0,54	0,54	0,93
					C1.2: D + Dsi + W		0,21		0,00		0,47	0,53	0,42	0,82
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,08		0,05		0,00	0,20	0,20	0,30
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,12		0,00		0,29	0,33	0,26	0,51
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,29		0,48		0,00	0,42	0,42	0,72
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,08		0,06		0,00	0,18	0,18	0,28
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,15		0,27		0,00	0,32	0,32	0,50
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,21		0,35		0,00	0,23	0,23	0,42
	2P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,23	11,89	1,21	6,56	0,00	0,44	0,44	0,86
					C1.2: D + Dsi + W		0,07		0,00		0,28	0,21	0,15	0,28
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,19		0,54		0,00	0,29	0,29	0,56
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,07		0,00		0,11	0,15	0,13	0,22
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,18		0,95		0,00	0,34	0,34	0,66
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,17		0,51		0,00	0,27	0,27	0,51
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,11		0,53		0,00	0,22	0,22	0,36
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,21		0,69		0,00	0,43	0,43	0,63
	1P	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,32	11,89	1,38	6,56	0,00	0,47	0,47	0,83
					C1.2: D + Dsi + W		0,05		0,17		0,00	0,08	0,08	0,13
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,19		0,94		0,00	0,31	0,31	0,57
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,05		0,23		0,00	0,08	0,08	0,14
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,25		1,08		0,00	0,37	0,37	0,64
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,18		0,86		0,00	0,28	0,28	0,52
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E		0,13		0,11		0,00	0,21	0,21	0,39
					C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,26		1,29		0,00	0,33	0,33	0,49
	PB	4000	450	450	C1.1: D + Dsi + L + S	1,28	0,11	11,89	2,00	6,56	0,00	0,24	0,24	0,33
					C1.2: D + Dsi + W		0,04		0,36		0,00	0,10	0,10	0,13
					C2.1: D + Dsi + 0,7L + 0,7S + 0,7W		0,09		1,44		0,00	0,21	0,21	0,28
					C2.2: D + Dsi + 0,7W		0,03		0,42		0,00	0,08	0,08	0,11
					C2.3: D + Dsi + 0,7L		0,08		1,57		0,00	0,18	0,18	0,25
					C3: D + Dsi + 0,6L + 0,6S + 0,6W		0,08		1,31		0,00	0,19	0,19	0,25
C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L + E					0,05		0,40		0,00		0,15	0,15	0,17	

				C4.1: 1,2D + 1,2Dsi + 0,25L - E		0,06		1,63		0,00		0,08		0,08		0,13
--	--	--	--	---------------------------------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------

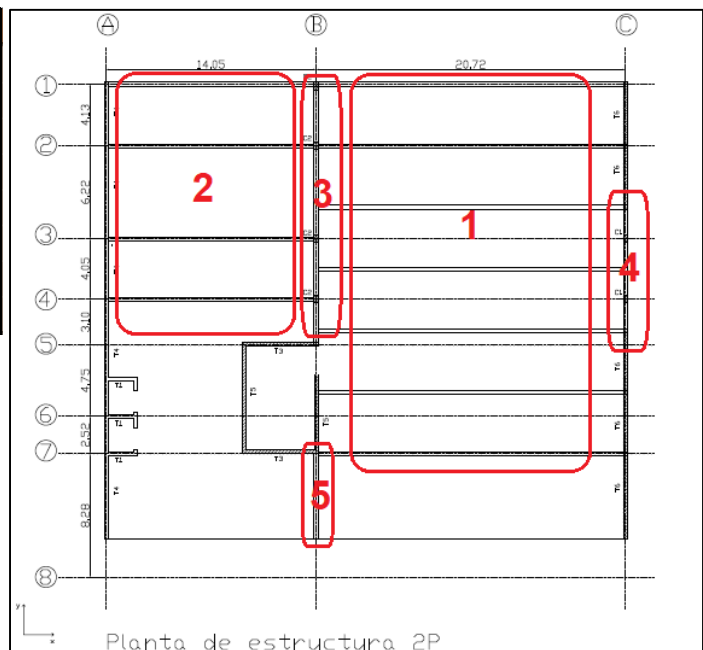
5.2. Vigas

Para el diseño de las vigas se utilizó el REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA – CIRSOC 601.

El diseño de las vigas será con madera laminada encolada estructural. Debido a la imposibilidad de realizar ensayos se utilizarán los valores de diseños de referencia que provee el código en el suplemento 2. La especie elegida es Eucalipto grandis con grado de resistencia 1. Además se tendrá en cuenta la colaboración de la losa de CLT, lo que produce una distribución de tensiones.

5.2.1. Posición de vigas en planta

	Posición en planta	Piso
Viga 1	1	Terraza
Viga 2	1	1º, 2º y 3º
Viga 3	2	T, 1º, 2º y 3º
Viga 4	3	T, 1º, 2º y 3º
Viga 5	4	T, 1º, 2º y 3º
Viga 6	5	Terraza
Viga 7	5	3º
Viga 8	5	2º



5.2.2. Viga 1

Dimensiones

Luz de la viga: $l = 20,72 \text{ m}$

Altura de la viga: $d = 1,35 \text{ m}$

Base de la viga: $b = 0,3 \text{ m}$

Contribución de la losa de CLT: $c = 2,59 \text{ m}$

- $l/8$ $l/8 = 2,59 \text{ m}$
- proyección a 45° $2 * l + b = 3 \text{ m}$

Elegimos el menor valor entre estos dos

Altura de la losa de CLT: $hl = 11 \text{ capas} * 0,03 \text{ m} = 0,33 \text{ m}$

- Espesor capas de madera: $t = 30\text{mm} = 0,03\text{m}$
- Cantidad de capas: 11 capas

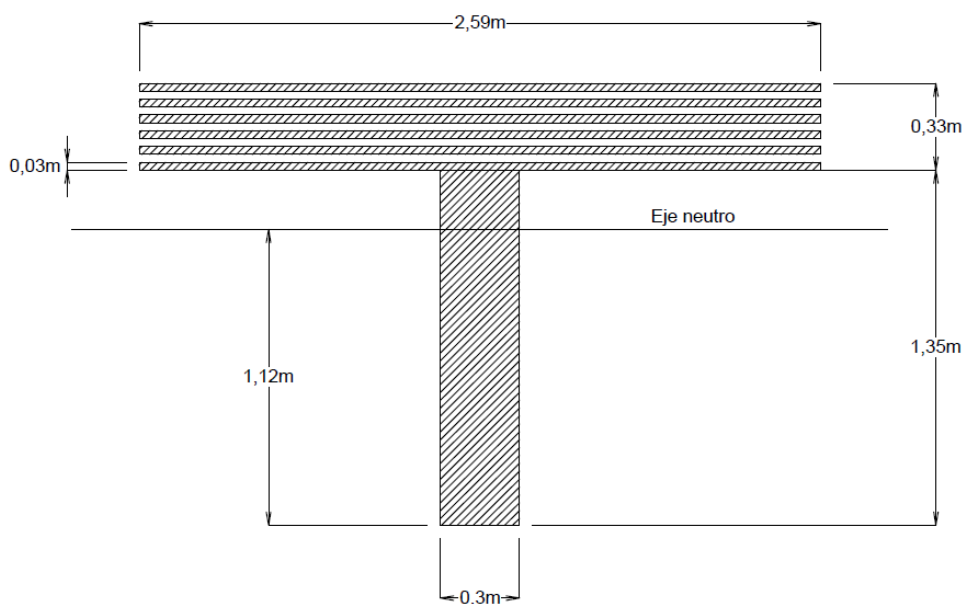
Eje neutro (medido desde la base de la viga de abajo para arriba): $y = 1,1245\text{ m}$

Longitud efectiva de pandeo: $l_e = 2,06 * l = 42,6832\text{ m}$

Relación de esbeltez lateral de la viga: $R_B = \sqrt{\frac{l_e * d}{b^2}} = 25,30 < 50$

Momento de Inercia: $I = 0,219361\text{ m}^4$

Momento estático: $Q = 0,189676\text{ m}^3$



Verificación por momento

Momento último (solicitud máxima): $M_u = 1579,91\text{ KN.m}$

Tensión de diseño: $F'b = 11,76\text{ MPa}$

Tensión que se produce: $f_b = \frac{M \cdot y}{I} = 8,10\text{ MPa} < 11,76\text{ MPa}$

Verificación por corte

Corte último (solicitud máxima): $V_u = 433,15\text{ KN}$

Tensión de diseño: $F'v = 1,28\text{ MPa}$

Tensión que se produce: $f_v = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} = 1,25\text{ MPa} < 1,28\text{ MPa}$

Verificación de deformaciones

Carga viva distribuida:	$q_V = 20188 \text{ N/m}$
Carga de nieve distribuida:	$q_N = 1277,2 \text{ N/m}$
Deformación admisible:	$\Delta_i(V) = \frac{l}{360} = 57,556 \text{ mm}$
Módulo de elasticidad ajustado:	$E' = 13400 \text{ MPa}$
Deformación por carga viva:	$\delta_L = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E' \cdot I} = 16,483 \text{ mm}$
Deformación por carga de nieve:	$\delta_N = 1,043 \text{ mm}$
Deformación total:	$\delta_{m\acute{a}x} = 17,525 \text{ mm} < 57,556 \text{ mm}$

Vibraciones

Masa entrepiso por unidad de área:	$m_{ua} = 380 \text{ kg/m}^2$
Peso unitario:	$P = 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$
Módulo de elasticidad ajustado:	$E' = 13400 \text{ MPa}$
Frecuencia de vibración:	$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \sqrt{\frac{E' \cdot I}{m_{ua}}} = 10,18 \text{ Hz} > 8 \text{ Hz}$
Deformación límite:	$\delta_{l\acute{i}m} = \frac{7,5}{l^{1,2}} \text{ mm} = 0,197 \text{ mm} < 1,5 \text{ mm}$
Deformación instantánea:	$\Delta_i(1\text{kN}) = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E' \cdot I} = 0,063 \text{ mm} < 0,197 \text{ mm}$

5.2.3. Vigas 1 – 8

				Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	Viga 6	Viga 7	Viga 8	
Dimensiones	Luz de viga	l	m	20,72	20,72	13,75	17,25	8	8,28	5,67	2,76	
	Altura de viga	d	m	1,35	1,05	0,6	1,3	0,6	0,7	0,5	0,3	
	Base de viga	b	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	
	Contribución losa de CLT	c	m	2,59	2,4	1,5	2,16	1	1,035	0,70875	0,345	
	Altura losa de CLT	hl	m	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
	Eje neutro	y	m	1,1245	0,924	0,579	1,0565	0,579	0,5921	0,4826	0,3624	
	Longitud efectiva de pandeo	le	m	42,68	42,68	28,325	35,535	16,48	17,06	11,68	5,69	
	Relación de esbeltez lateral	R B		25,3	22,32	13,74	22,66	15,72	11,52	12,08	13,06	
	Módulo de elasticidad ajustado	E'	Mpa	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400
	Momento de inercia	I	m ⁴	0,219361	0,1202	0,0316	0,1882	0,0211	0,0367	0,0131	0,0029	
	Momento estático	Q	m ³	0,189676	0,1281	0,0503	0,1674	0,0335	0,0526	0,0233	0,0066	
Verificación Momento	Momento último	Mu	kN.m	1579,91	1147,82	536,03	1205,14	281,51	50,51	55,67	76,62	
	Tensión de diseño	F'b	MPa	11,76	12,06	12,75	11,8	13,01	12,56	13,25	14,44	
	Tensión que se produce	fb	MPa	8,1	8,82	9,82	6,76	6	0,81	2,05	9,61	
Verificación Corte	Corte último	Vu	kN	433,15	312,27	227,04	417	153,77	17,29	23,29	53,75	
	Tensión de diseño	F'v	MPa	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	
	Tensión que se produce	fv	MPa	1,25	1,11	1,2	1,24	1,22	0,08	0,21	1,22	
Verificación Deformaciones	Carga viva distribuida	qV	N/m	20188	20188	30478	30478	14700	29400	29400	29400	
	Carga de nieve distribuida	qN	N/m	1277,2	0	1928,2	1928,2	930	1860	0	0	
	Deformación admisible	$\Delta i(V)$	mm	57,56	57,56	38,19	47,92	22,22	46	31,5	15,33	
	Deformación por carga viva	δL	mm	16,48	30,07	33,49	13,93	2,78	35,1	21,66	5,51	
	Deformación por carga de nieve	δN	mm	1,04	0	21,19	0,88	0,18	2,22	0	0	
	Deformación total	$\delta \text{ máx}$	mm	17,53	30,07	35,61	14,81	2,95	37,32	21,66	5,51	
Verificación vibración	Masa entrepiso por área	m ua	kg/m ²	380	380	380	380	380	380	380	380	
	Frecuencia de vibración	f0	Hz	10,18	8,48	8,77	13,6	21,16	26,07	33,19	65,81	
	Deformación límite	$\delta \text{ lím}$	mm	19,74	19,74	0,32	0,25	0,62	0,59	0,93	1,5	
	Deformación instantánea	$\Delta(1\text{kN})$	mm	0,06	0,12	0,13	0,04	0,04	0,38	0,35	0,18	

5.3. Tabiques

Se realiza la verificación de los tabiques de CLT de la estructura, utilizando el CIRSOC 601.

5.3.1. Tabique TYA

Solicitaciones tabique TYA			Dimensiones tabique TYA		
M_{max}	13762,4	kNm	e	0,4	m
V_{max}	1023,2	kN	L	25	m
N_{max}	-4040,5	kN	H	16	m

Flexión					
S	51,2	m ³			
F'b	30	MPa	$F'b > fb$		Verifica
fb	0,3	MPa			

Flexocompresión					
A	10	m ²			
F'c	25	MPa	$\frac{fc}{F'c} + \frac{fb}{F'b} < 1$		Verifica
fc	0,4	MPa			
fc/F'c	0,02	0,03			
fb/F'b	0,01				

Corte					
I	136,5	m ⁴			
Q	12,8				
F'v	2	MPa	$F'v > fv$		Verifica
fv	0,2	MPa			

5.3.2. Tabique TX8 B

Solicitaciones tabique TX8 B			Dimensiones tabique TX8 B		
M_{max}	-966,6	kNm	e	0,4	m
V_{max}	-274,4	kN	L	5,1	m
N_{max}	-2204,9	kN	H	20	m

Flexión					
S	80	m ³			
F'b	30	MPa	$F'b > fb$		Verifica
fb	0,01	MPa			

Flexocompresión					
A	2,04	m ²			
F'c	25	MPa	$\frac{fc}{F'c} + \frac{fb}{F'b} < 1$		Verifica
fc	1,1	MPa			
fc/F'c	0,04	0,04			
fb/F'b	0,00				

Corte					
I	266,7	m ⁴			
Q	20,0				
F'v	2	MPa	$F'v > fv$		Verifica
fv	0,05	MPa			

5.3.3. Tabique TYE 2

Solicitaciones tabique TYE 2			Dimensiones tabique TYE 2		
M _{max}	-6231,0	kNm	e	0,4	m
V _{max}	299,8	kN	L	17	m
N _{max}	-4573,7	kN	H	20	m

Flexión					
S	80	m ³			
F'b	30	MPa	$F'b > fb$		Verifica
fb	0,1	MPa			

Flexocompresión					
A	6,80	m ²			
F'c	25	MPa			
fc	0,7	MPa	$\frac{fc}{F'c} + \frac{fb}{F'b} < 1$		Verifica
fc/F'c	0,03	0,03			
fb/F'b	0,00				

Corte					
I	266,7	m ⁴			
Q	20,0				
F'v	2	MPa	$F'v > fv$		Verifica
fv	0,06	MPa			

5.4. Fundaciones

La carga de falla o presión de hundimiento, q_U se calcula teniendo en cuenta las influencias de:

- Cohesión del suelo, c
- Sobrecarga, q
- Fricción, que depende de las dimensiones de la base y el peso específico del suelo.

La expresión de Terzaghi fue corregida por diferentes autores, siendo la más utilizada la de Brinch Hansen. Este último autor, planteó la siguiente expresión generalizada para q_U de base empírica:

$$q_U = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Donde **N**, **s**, **d**, **i**, **g** y **b** son factores que tienen en cuenta la influencia del ángulo de fricción, la forma, la profundidad, la inclinación, la proximidad de talud y la inclinación de la base, respectivamente.

Tabla 11.2 Factores de forma, profundidad e inclinación recomendados para usarse.

Factor	Relación	Fuente
Forma*	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$ <p>donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)</p>	De Beer (1970)
Profundidad†	<p>Condición (a): $D_f/B \leq 1$</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Condición (b): $D_f/B > 1$</p> $F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$ <p>donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)

*Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en amplias pruebas de laboratorio.
†El factor $\tan^{-1} (d_f/B)$ está en radianes.

La capacidad última de la fundación podrá evaluarse con las expresiones siguientes si se tienen resultado del estudio de suelos:

$$Nu_{\gamma} = 0,5 \cdot \gamma \cdot b \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma}$$

$$Nuc = c \cdot Nc \cdot sc \cdot dc \cdot ic$$

$$Nuq = \gamma \cdot Df \cdot Nq \cdot sq \cdot dq \cdot iq$$

$$Nu = (Nu_{\gamma} + Nuc + Nuq) \cdot b \cdot l$$

En estas expresiones:

$$Nq = e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2 (45^{\circ} + \phi / 2)$$

$$Nc = [e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2 (45^{\circ} + \phi / 2) - 1] \cdot \cotg \phi$$

$$N_{\gamma} = 1,8 \cdot (Nq - 1) \cdot \tan \phi$$

$$sc = 1 + (0,2 + \tan^6 \phi) \cdot b / l$$

$$sq = sc - (sc - 1) / Nq$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0,5 \cdot (0,2 + \tan^6 \phi) \cdot b / l$$

$$d_{\gamma} = 1 + \frac{0,35}{b/D_f + 0,6 / (1 + 7 \cdot \tan^4 \phi)}$$

$$dq = dc - (dc - 1) / Nq$$

$$d_{\gamma} = 1$$

$$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$$

$$i_{\gamma} = \frac{1 + \sin \phi \cdot \sin (2\alpha - \phi)}{1 + \sin \phi} \cdot e^{-2(0,5 + \tan \phi) \cdot \tan \alpha}$$

$$i_{\gamma} = iq^2$$

$$\tan \delta = Qf / N$$

$$\alpha = \phi / 2 + \text{Arc} \tan \frac{\sqrt{1 - (\tan \delta \cdot \cotg \phi)^2} - \tan \delta}{1 + \tan \delta / \sin \phi}$$

b y l son las dimensiones del área efectiva. Df es la profundidad de fundación.

\(\gamma\) es el peso específico del suelo. \(\phi\) es el ángulo de fricción interna del suelo.

Acciones		Excentricidades		Inclinación de la carga	
Mx [kNm]	3048,3	ex [m]	0,156	tg \(\beta\)	0,1513
My [kNm]	-3090,9	ey [m]	0,158	\(\beta\)	0,1502 rad
N [kN]	19556,1				8,605 deg
V [kN]	2824,8				

Peso específico efectivo		Angulo de fricción	
\(\gamma\) [kNm ³]	20,9	\(\phi\)	40 deg
			0,698 rad

Cohesión		Dimensiones reales		Dimensiones efectivas	
c	0	b [m]	2,2	b' [m]	1,89
		l [m]	2,2	l' [m]	1,88

Profundidad de la base desde la superficie del terreno	
Df [m]	2

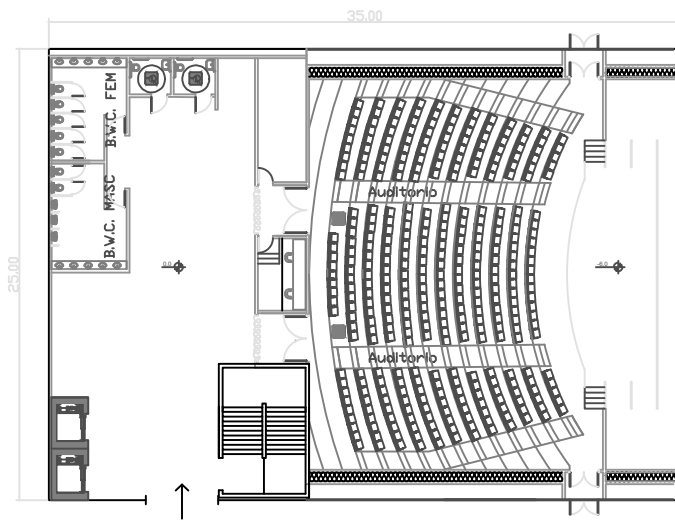
Carga admisible				
\(\phi\) (°)	Nq	N\(\gamma\)	Nc	tg \(\phi\)
40	64,2	95,5	75,3	0,84

Según Braja Das					
Nq		Nγ		Nc	
q'0		γ	20,9	c	0
Nq	64,2	b	1,1	Nc	75,3
Fqs	1,84	Nγ	95,5	Fcs	1,85
Fqd	1,22	Fys	0,6	Fcd	1,4
Fqi	0,82	Fyd	1	Fci	0,82
		Fyi	0,62		
Nq	8050,9	Nγ	410,6	Nc	0
		qu	8461,5		

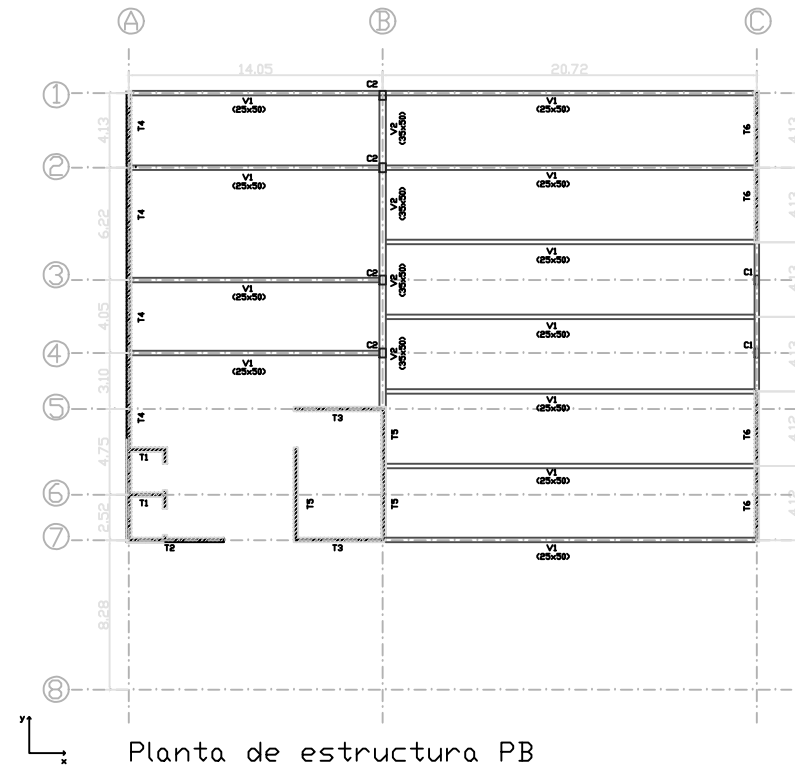
FS _{sismo}	1,5	
q _{adm}	5641	[kN/m ²]
Q _{adm}	20066,5	[kN]

Verificación		
$N_u < Q_{adm}$		verifica

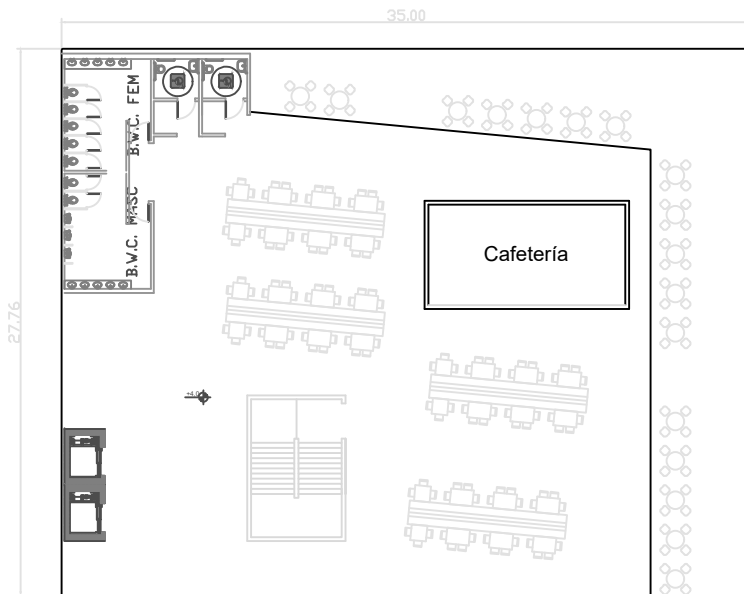
Los datos del suelo fueron extraídos del estudio de suelos para el edificio de arquitectura y mecatrónica de la UNCuyo.



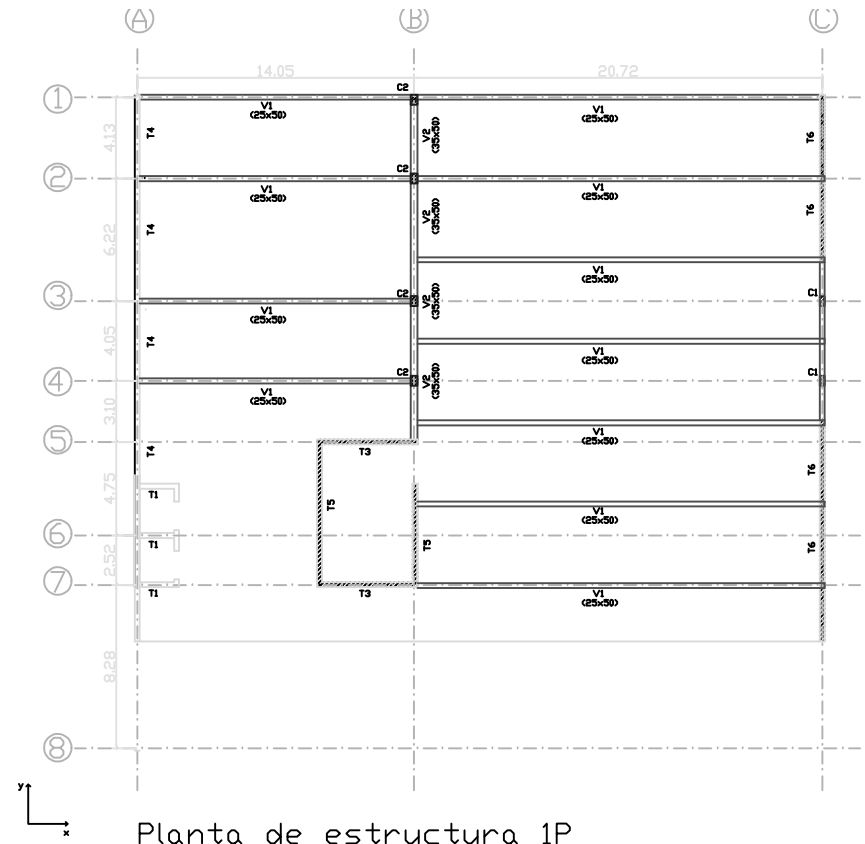
Planta de arquitectura PB



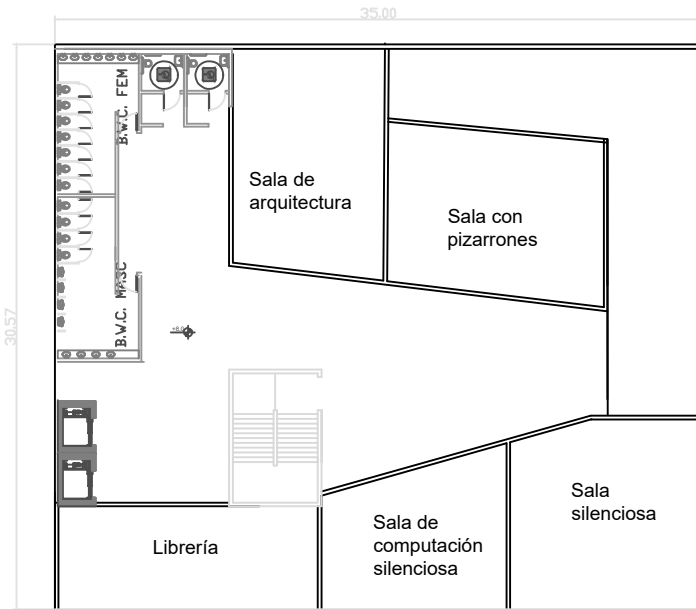
Planta de estructura PB



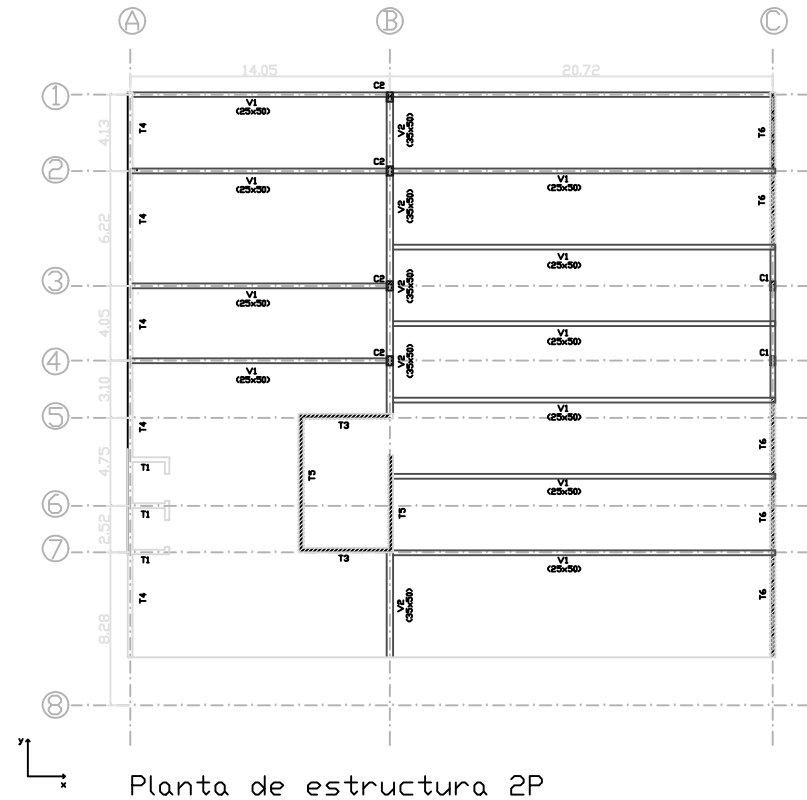
Planta de arquitectura 1P



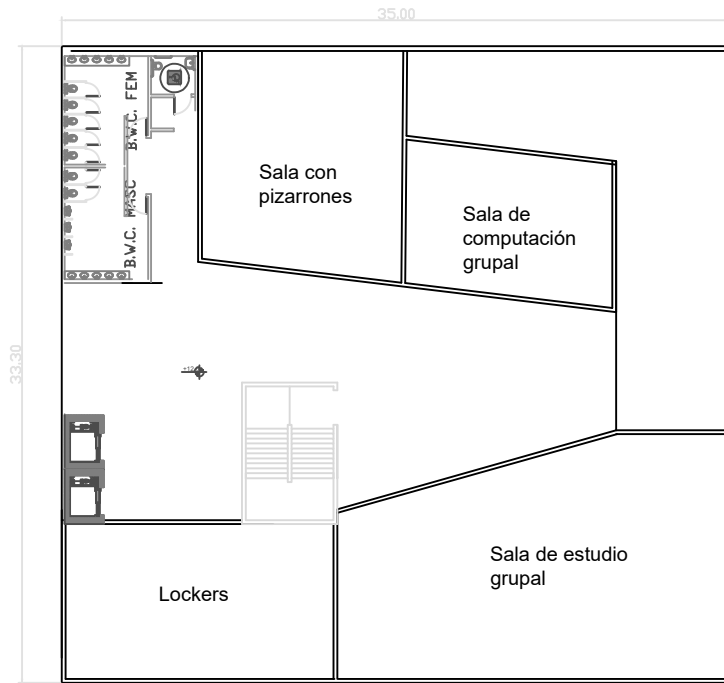
Planta de estructura 1P



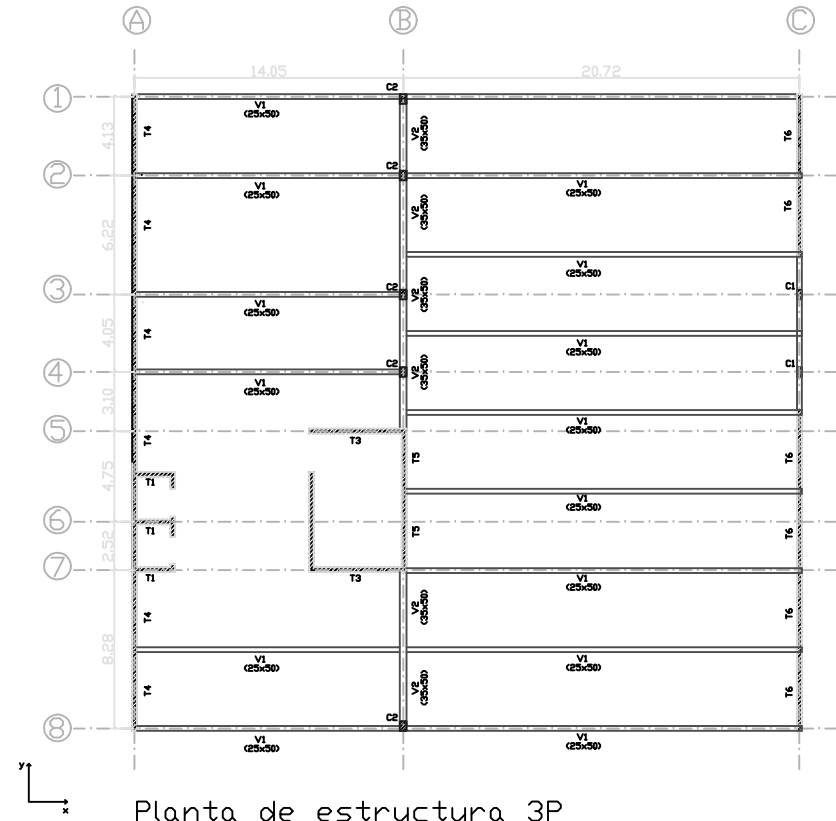
Planta de arquitectura 2P



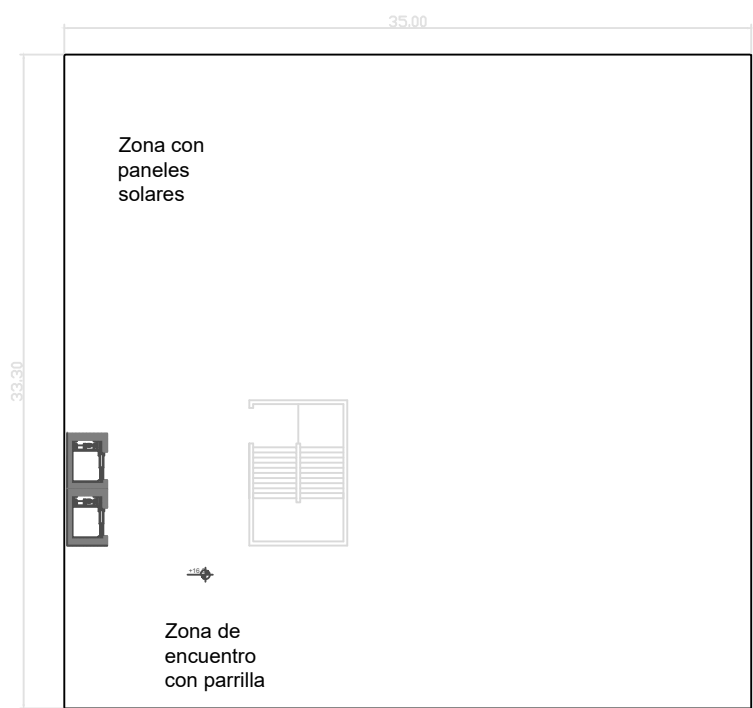
Planta de estructura 2P



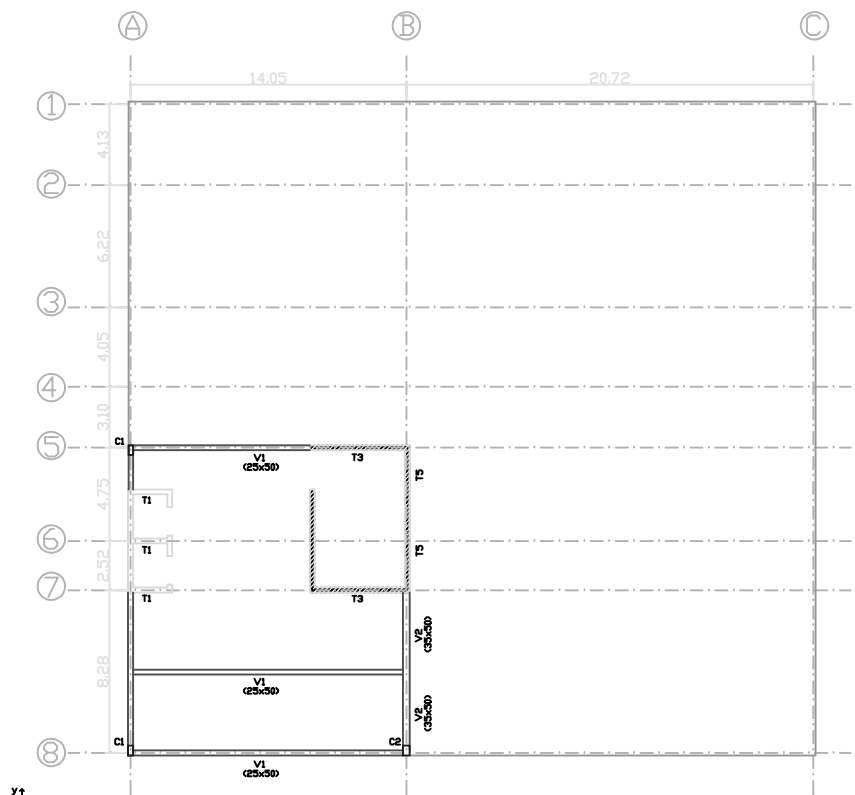
Planta de arquitectura 3P



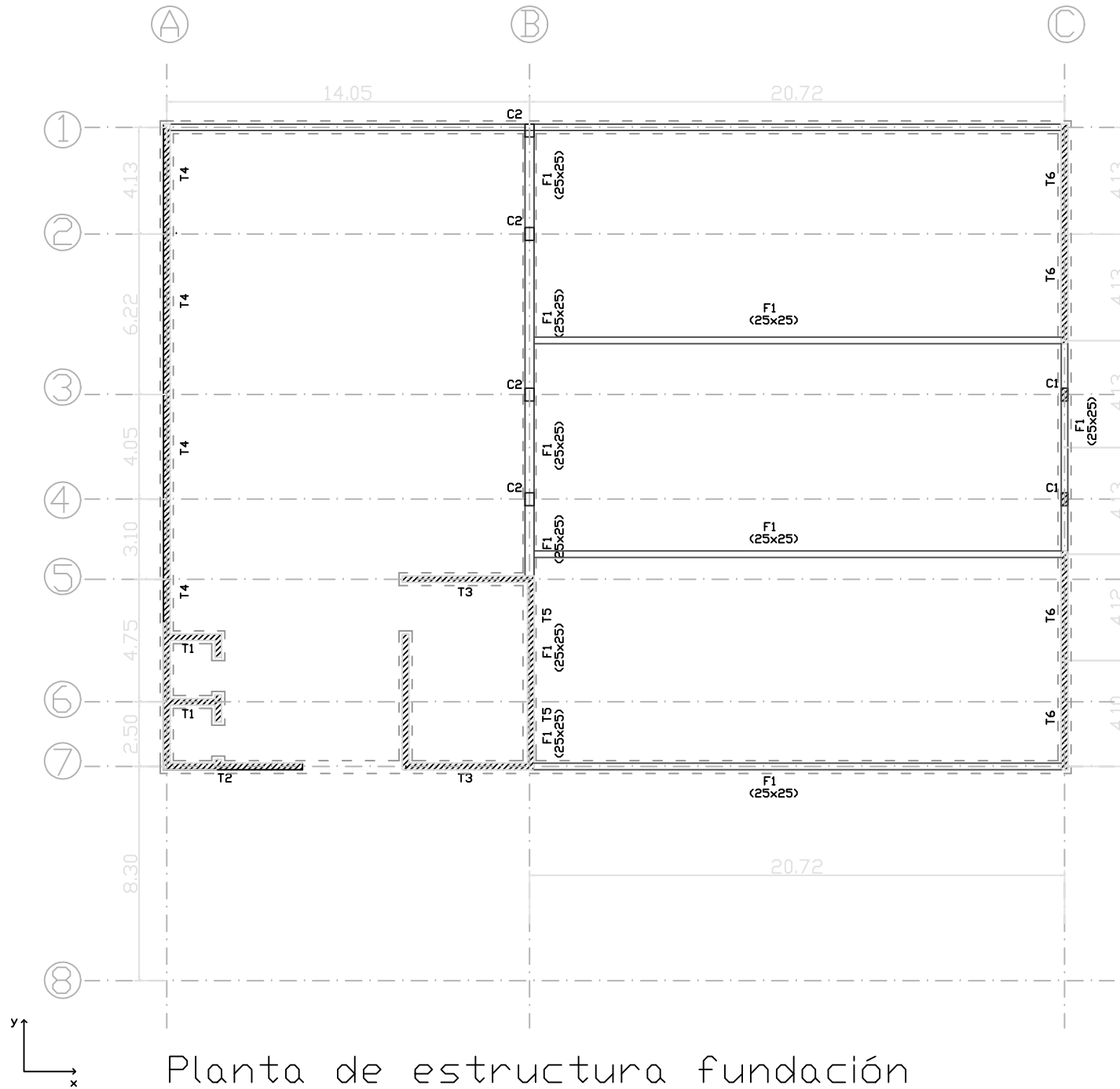
Planta de estructura 3P



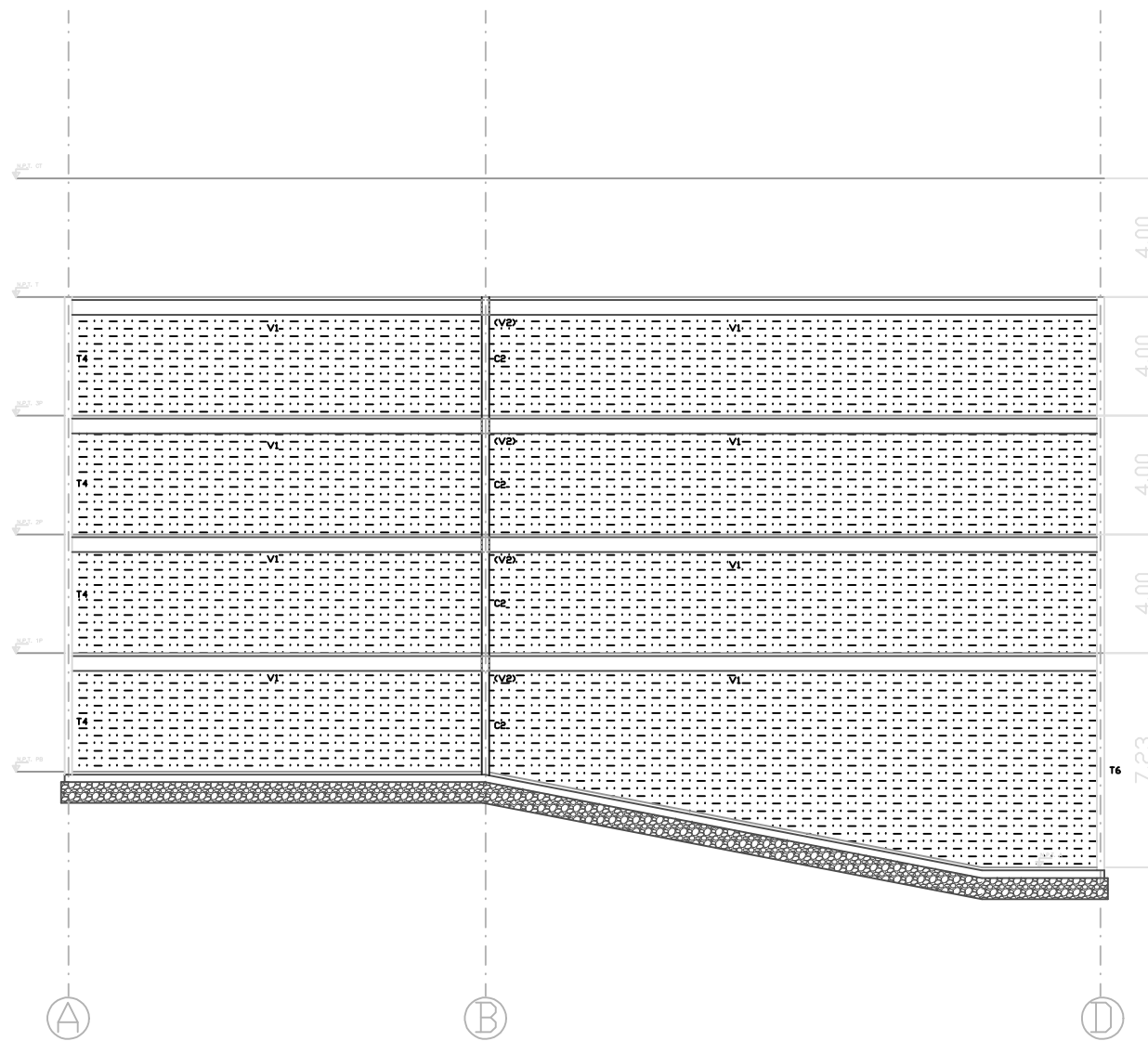
Planta de arquitectura T



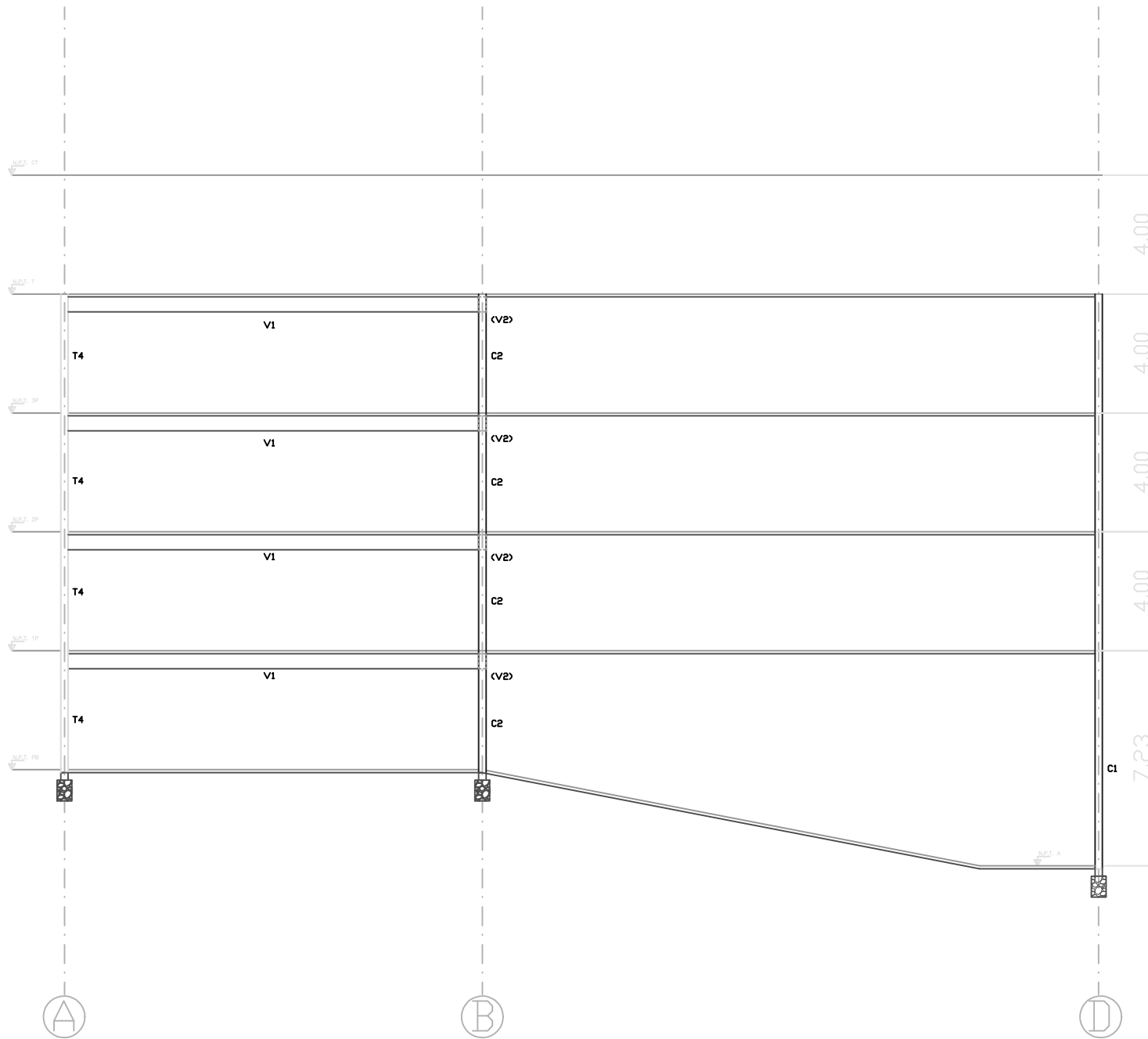
Planta de estructura T



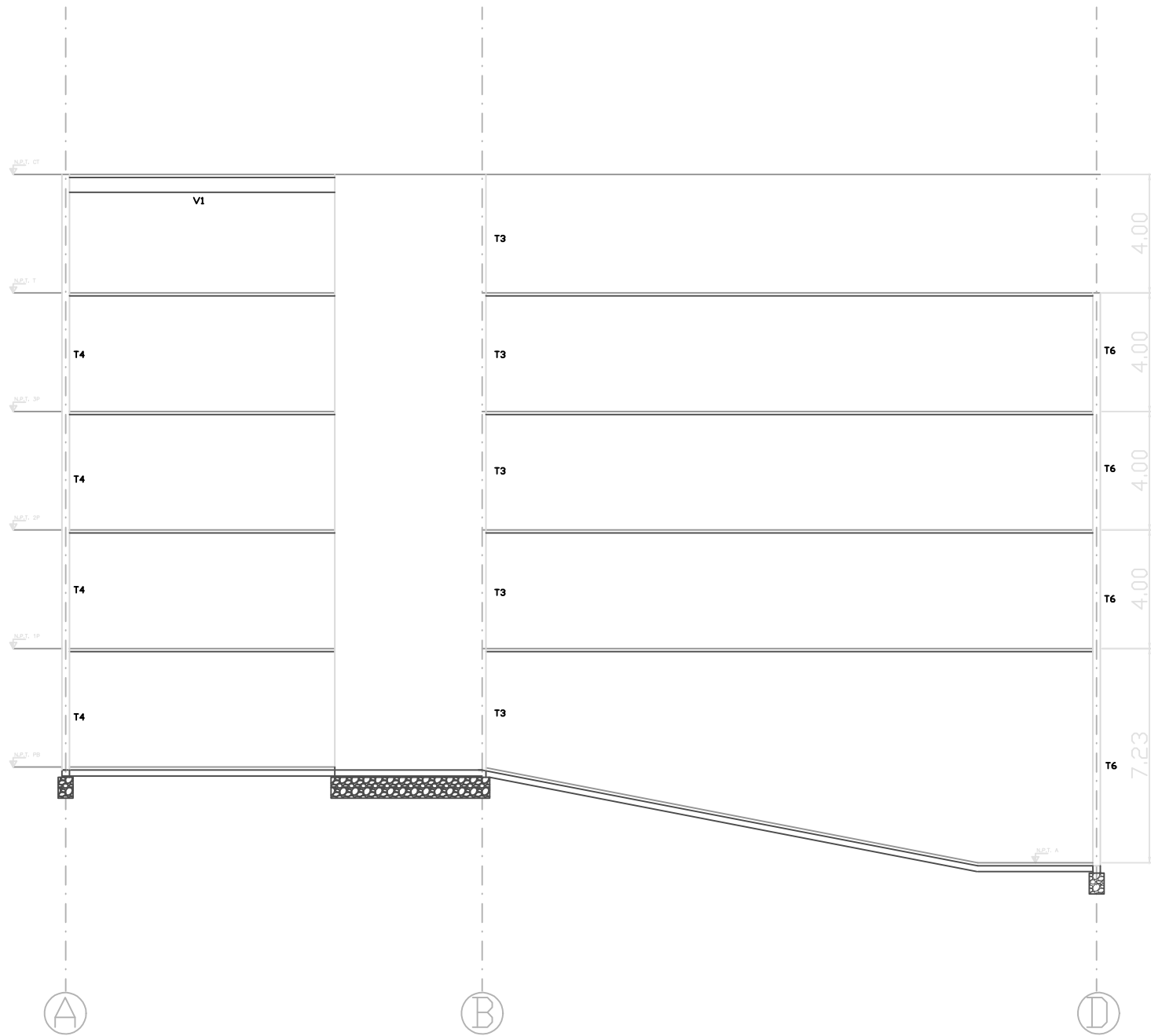
Planta de estructura fundación



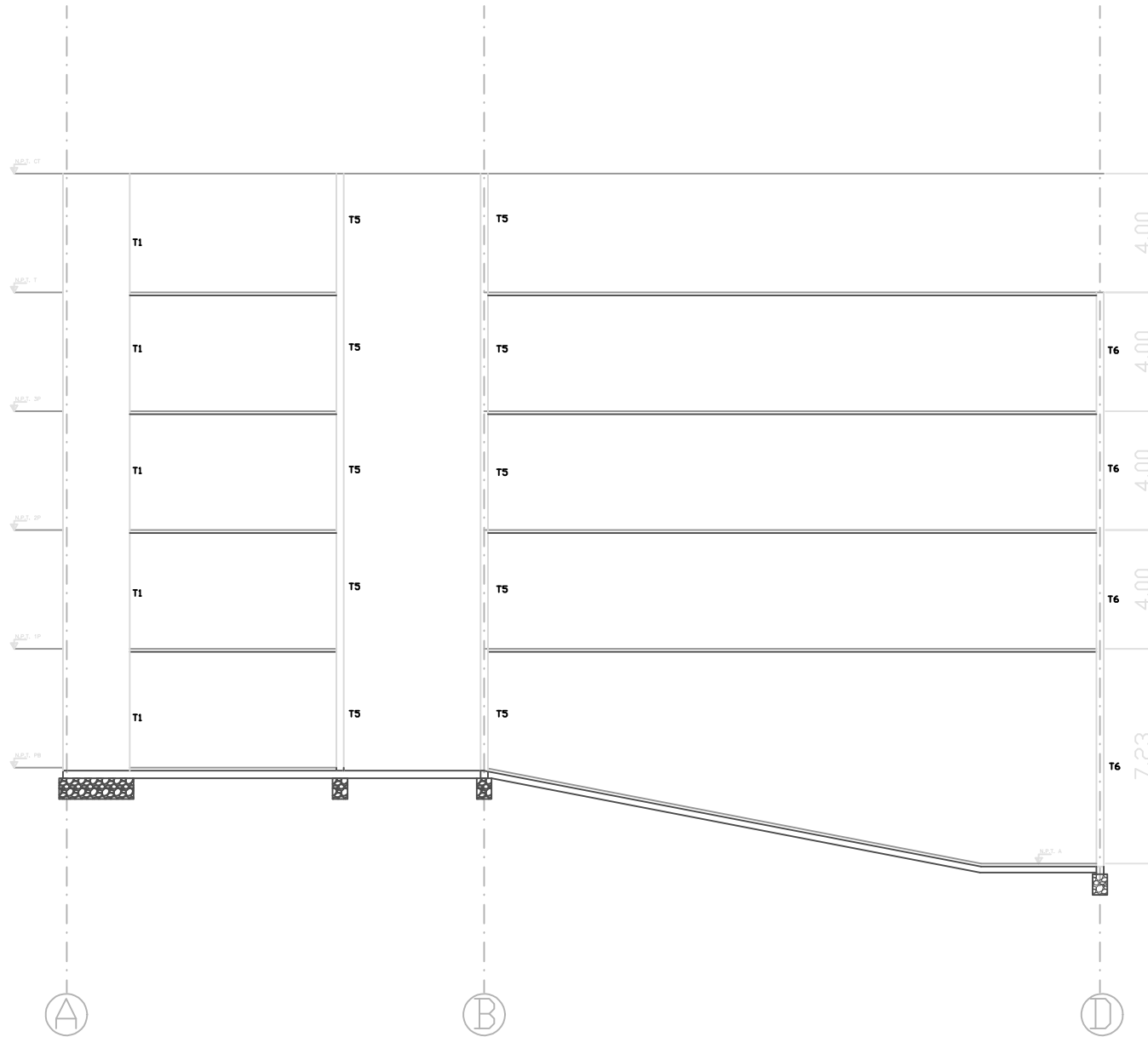
Eje estructural 1



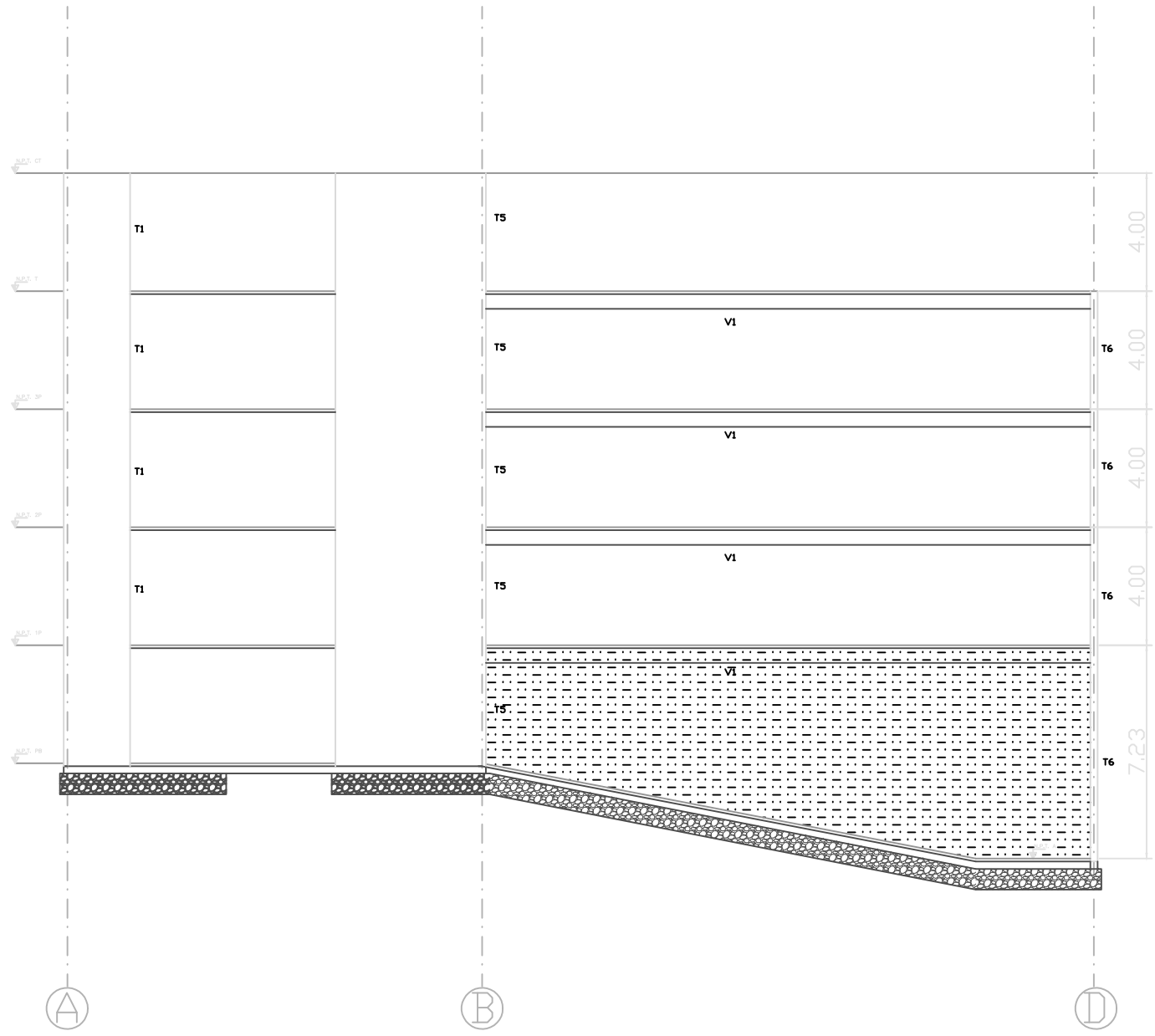
Eje estructural 3



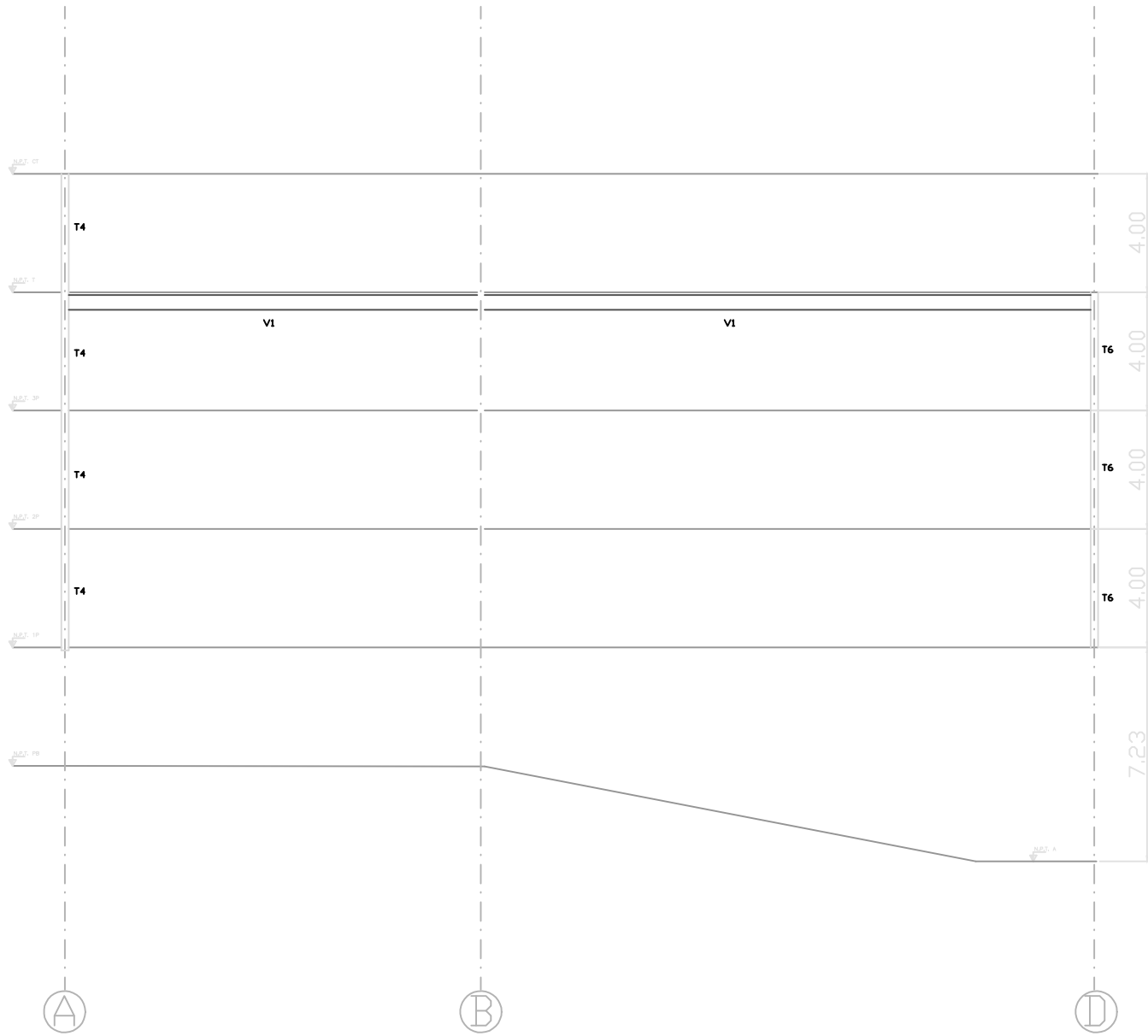
Eje estructural 5



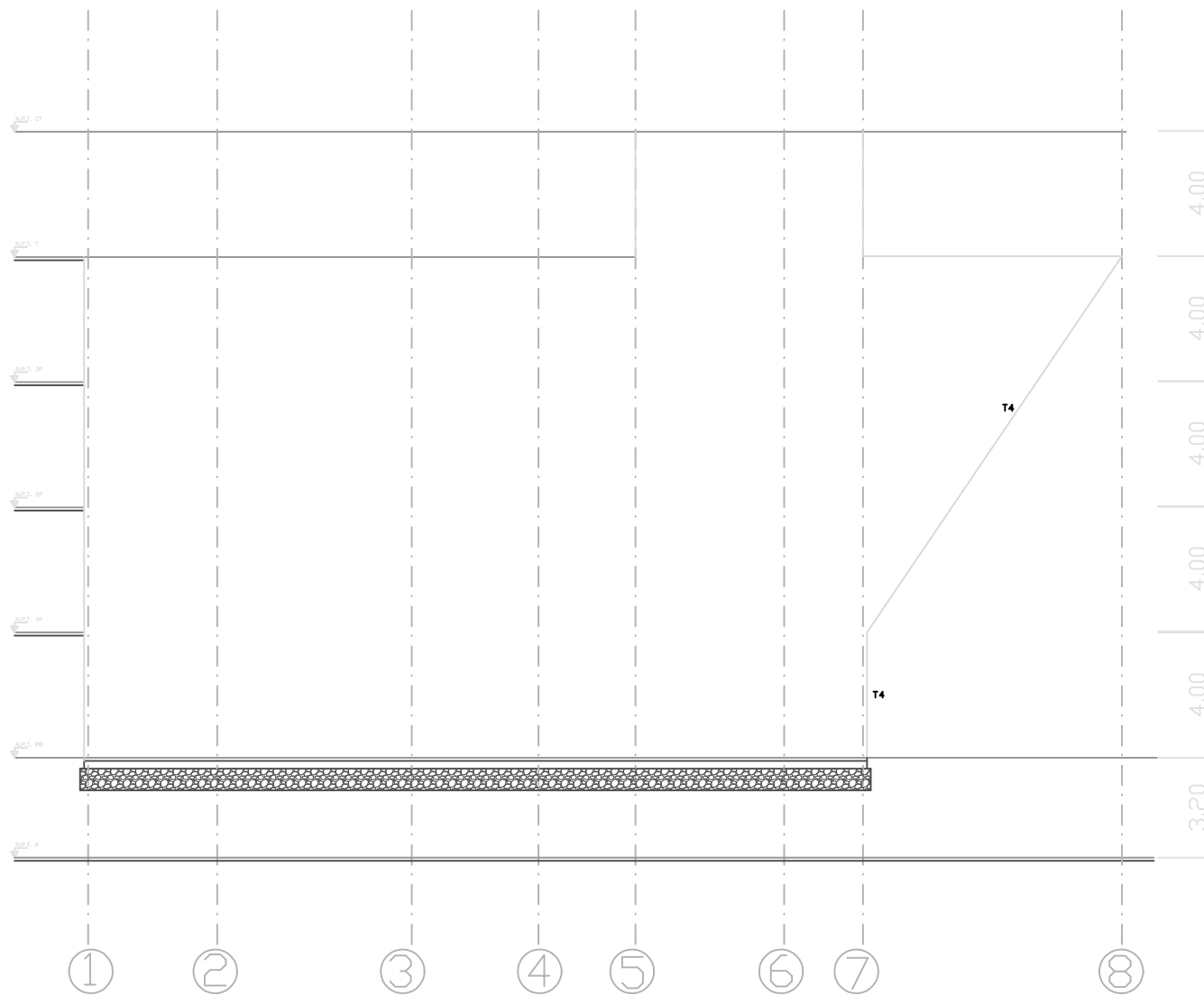
Eje estructural 6



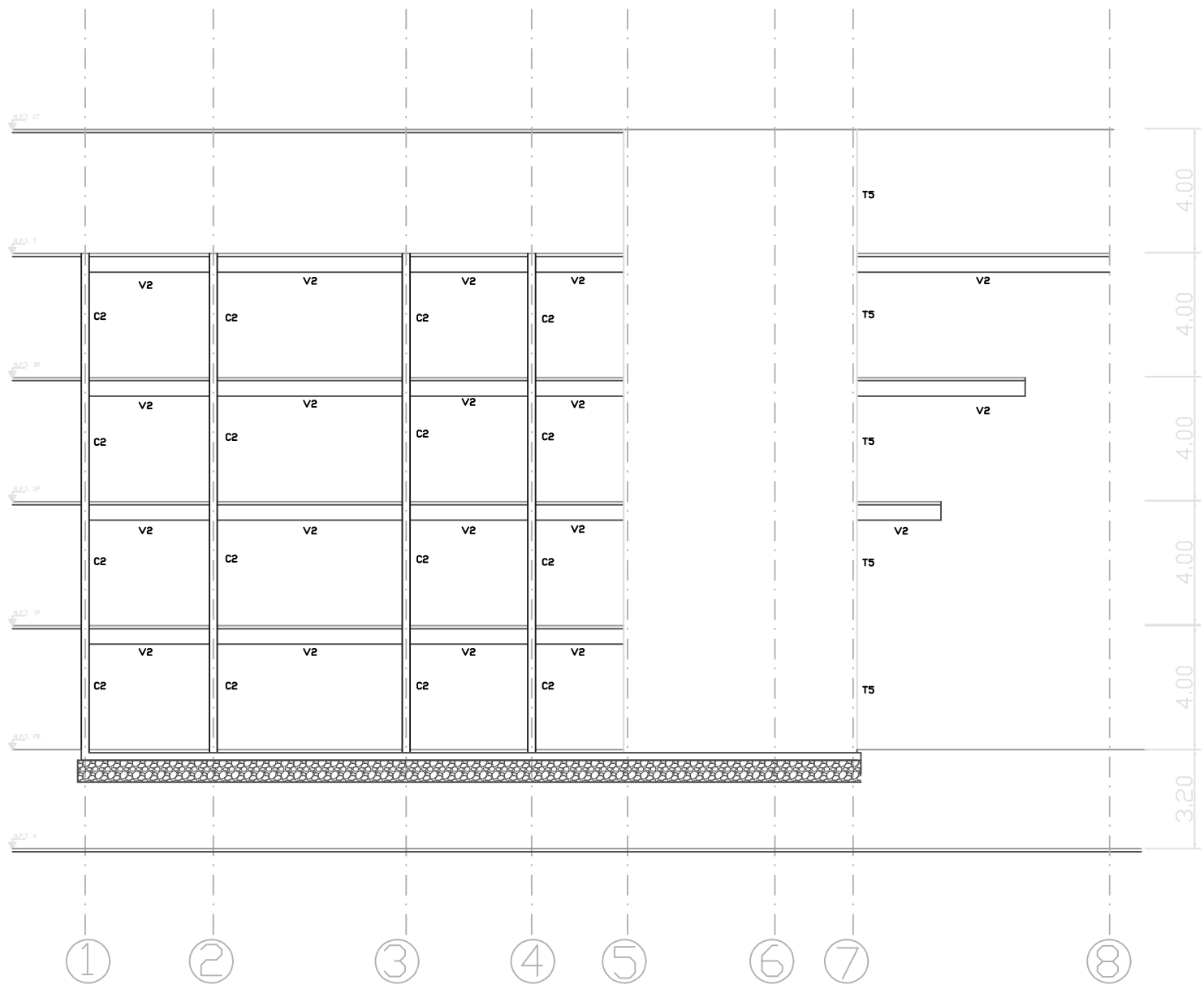
Eje estructural 7



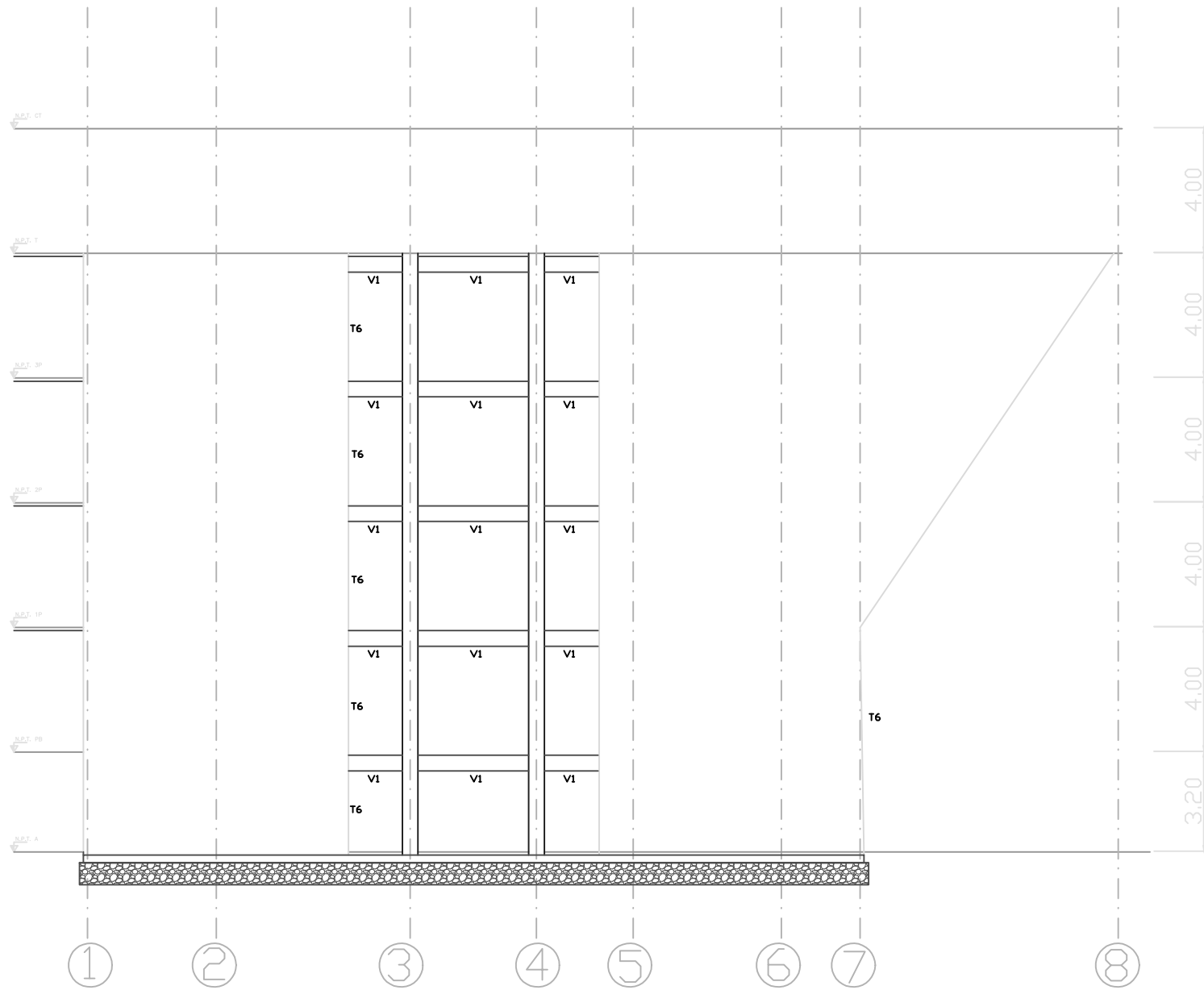
Eje estructural 8



Eje estructural A



Eje estructural B



Eje estructural C