



PORTUARIA CORRAL S.A.

Valdivia, 24 de mayo de 2016

Señor

Rubén Verdugo Castillo

Jefe División de Fiscalización

Superintendencia de Medio Ambiente

Teatinos N° 280

Santiago



Mat.: Ampliación de plazo construcción barrera acústica.

Ref.: Programa cumplimiento Res. Ex. N°6/ ROL D-054-2015

De nuestra consideración:

Según Resolución Exenta N°6/ ROL D-054-2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente, se aprobó programa de cumplimiento a Portuaria Corral S.A. el 4 de abril de 2016, siendo notificados de aquello el 15 de abril de 2016.


Respecto de la acción 2, en definitiva se optó en que se ejecute la obra de levante de una pantalla acústica de aproximadamente 90 metros de largo y 11 metros de altura. Para ello los trabajos se licitaron para comenzar de acuerdo al cronograma señalado en el programa de cumplimiento, no obstante, se solicitó se revisara la memoria de cálculo del proyecto, en miras fundamentalmente a la condición de exposición de vientos del sector. Además se requirió una segunda memoria de cálculo.

Lo anterior permitió se validara que el diseño debía contemplar una velocidad de viento de 160 km/h, lo que permitía dar garantía respecto de la seguridad de la obra, pero implicó un sobrecoste respecto de lo presupuestado originalmente y un retraso en el término de la obra en aproximadamente un mes, según lo informado por el contratista.

Es por todo ello, que se prevé que la obra quede concluida a fines de junio de 2016, por lo que solicitamos se acepte este ajuste en el cronograma, que desplaza la fecha de término de las acciones 2 y 3, quedando la N° 2 al 30 de junio de 2016 y la acción N°3 al 15 de julio de 2016.

Sin más, y esperando una favorable acogida, le saluda cordialmente,


Diego Sprenger Rochette
Representante Legal
Portuaria Corral S.A.


Andrés Schuler Skalweit
Representante Legal
Portuaria Corral S.A.

*Calle Esmeralda N° 80
Fono (56-63) 2471 283
Corral*



PORTUARIA CORRAL S.A.

ANEXO I. Memoria de cálculo 1.

*Calle Esmeralda N° 80
Fono (56-63) 2471 283
Corral*

**PANTALLA ACÚSTICA -
CORRAL**

PRO-PA-A

REVISIÓN A

FECHA : 26-Abril-2016

INGENIERÍA ESTRUCTURAL: PROYECTO CIVIL DE EE.MM.

MEMORIA DE CÁLCULO

**VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE
PANTALLA ACÚSTICA**

INGENIERO : Mauricio Riquelme

Definiciones

Definición de unidades

Definición de toneladas.

$$\text{ton} := 1000 \cdot \text{kg}$$

$$\text{ORIGIN} := 1$$

Definición de toneladas fuerza.

$$\text{tonf} := 1000 \cdot \text{kgf}$$

Parámetros de los Materiales

Hormigón

Resistencia cilíndrica hormigón H-20:

$$f_c := 16 \cdot \text{MPa}$$

Módulo de elasticidad del hormigón H-20:

$$E_h := 4500 \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \cdot \text{MPa} \quad E_h = 18000 \cdot \text{MPa}$$

Peso específico del concreto más el acero de refuerzo:

$$\gamma_h := 2.5 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3}$$

Acero

Tensión de fluencia barras acero A63-42H.

$$f_y := 420 \cdot \text{MPa}$$

Tensión de fluencia barras acero ASTM A36.

$$F_y := 36 \text{ksi}$$

$$F_y = 248.21 \cdot \text{MPa}$$

Módulo de elasticidad del acero.

$$E_s := 200 \cdot \text{GPa}$$

Tensión admisible a la tracción de pernos corrientes (Grado 2):

$$F_t := 1800 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Peso específico del Acero:

$$\gamma_s := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Soldadura

Tensión nominal de electrodo de soldadura (E6011):

$$E_{xx} := 60 \text{ksi}$$

Pernos

Tensión última de pernos:

$$F_{u,b} := 120 \text{ksi}$$

$$F_{u,b} = 827.4 \cdot \text{MPa}$$

Tensión de fluencia de pernos:

$$F_{y,b} := 100 \text{ksi}$$

$$F_{y,b} = 689.5 \cdot \text{MPa}$$

Suelo

Peso específico del suelo:

$$\gamma_{\text{soil}} := 2.0 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3}$$

Tensión Estática Admisible del suelo:

$$\sigma_{\text{est}} := 8 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tensión Dinámica Admisible del suelo:

$$\sigma_{\text{din}} := 10 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Ángulo de cizalle:

$$\phi_s := 30\text{deg}$$

Coefficiente de Cohesión del suelo :

$$c := 0 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Factor de amplificación de esfuerzos.

$$\gamma_f := 1.5$$



Estándares

Estándares de Referencia

Especificaciones Para El Calculo De Estructural de Acero Para Edificios, NCh 427 R.77.

Sobrecarga de Nieve, NCh 431 Of.77.

Cálculo de la acción del Viento sobre las Construcciones, NCh 432 Of.71.

Diseño Sismico de Edificios, NCh 433 Of.96, modificada 2009.

Diseño Sismico Estructuras e Instalaciones Industriales, NCh 2769 Of.2003.

Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso NCh 1537, Of.2009

Steel Construction Manual - Allowable Stress Design, American Institute of Steel Construction (AISC), 9th Edition (ASD, 1989).

Cold-Formed Steel Design Manual, American Iron and Steel Institute (AISI), 2005 Edition.

International Building Code, (IBC) 2010.

Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-05.

Maximum Allowable Deflection of Framing Systems for Building cladding Components at Design Wind Loads, AAMA TIR-A11-04.

Métodos de Diseño Estructural

Para perfiles de acero laminado, se usara el método de tensiones admisibles, Allowable Strength Design (ASD) method, de acuerdo a las disposiciones de la AISC, American Institute of Steel Construction.

Para perfiles de acero plegado, se usara el método de tensiones admisibles, Allowable Strength Design (ASD) method, de acuerdo a las disposiciones de la AISI, American Iron and Steel Institute.

Para los elementos de hormigón, se usara el método de factores de carga y resistencia (LRFD) method, de acuerdo a las disposiciones de la ACI, American Concrete Institute.

Tabla de Contenidos

Proyecto Pantalla Acústica - Corral

CAPÍTULO 1.0: Verificación Estructural de Pantalla Acústica

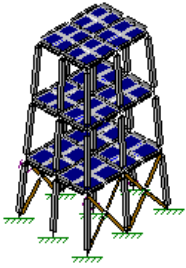
1.0.1 Determinación de las Cargas sobre Pantalla Acústica

1.0.2 Verificación Estructural de Pantalla Acústica

1.0.3 Verificación Estructural de Placa Base y Pernos de Anclaje

1.0.4 Verificación Estructural de Fundaciones

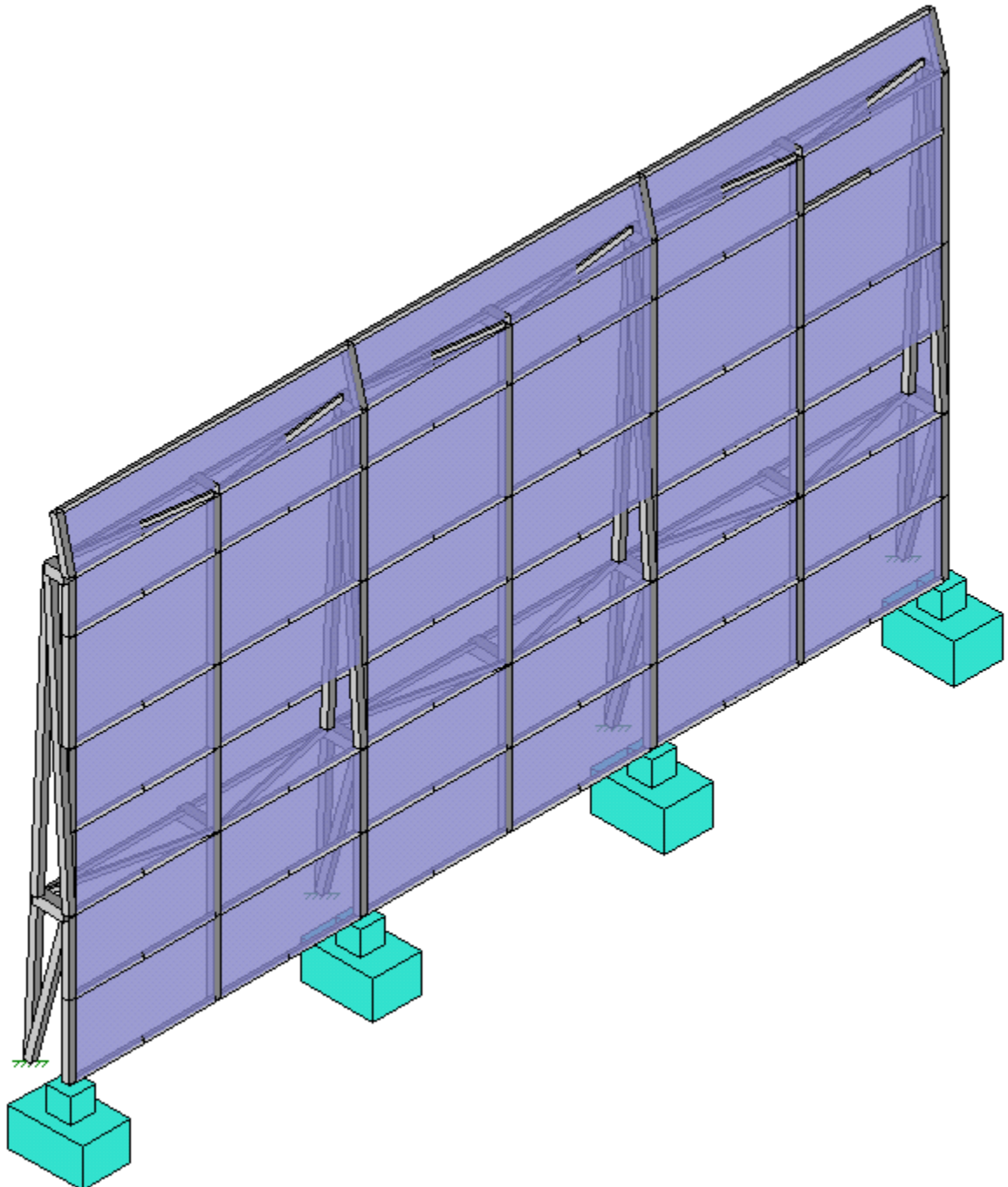
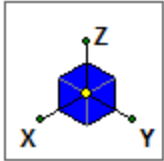
1.0.5 Conclusiones

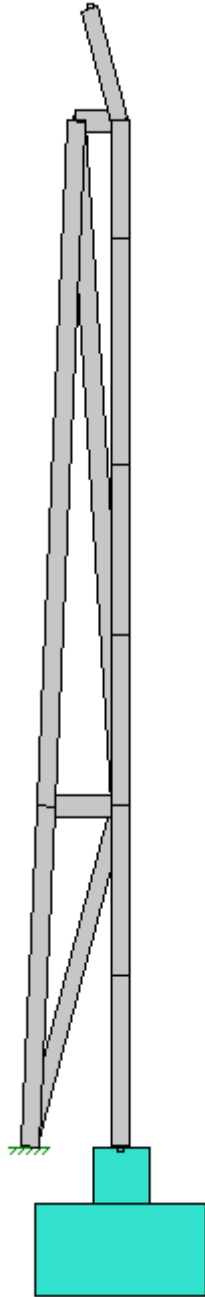
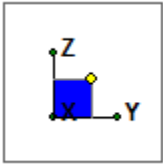


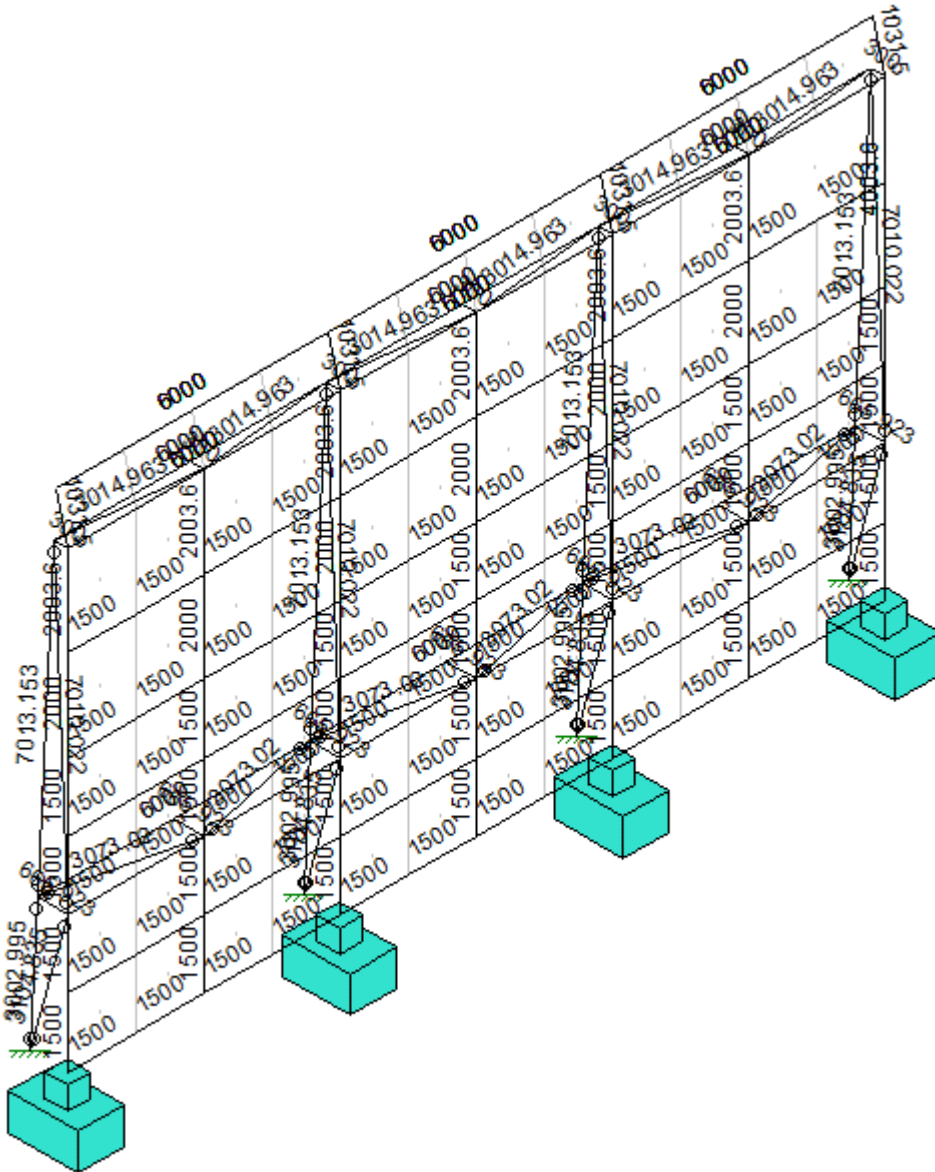
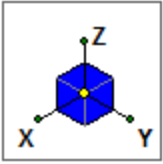
CAPÍTULO 1.0: Verificación de Pantalla Acústica

1.0.1 Determinación de las Cargas sobre Pantalla Acústica

1.0.1.1 Geometría de la Estructura de Pantalla Acústica



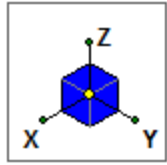




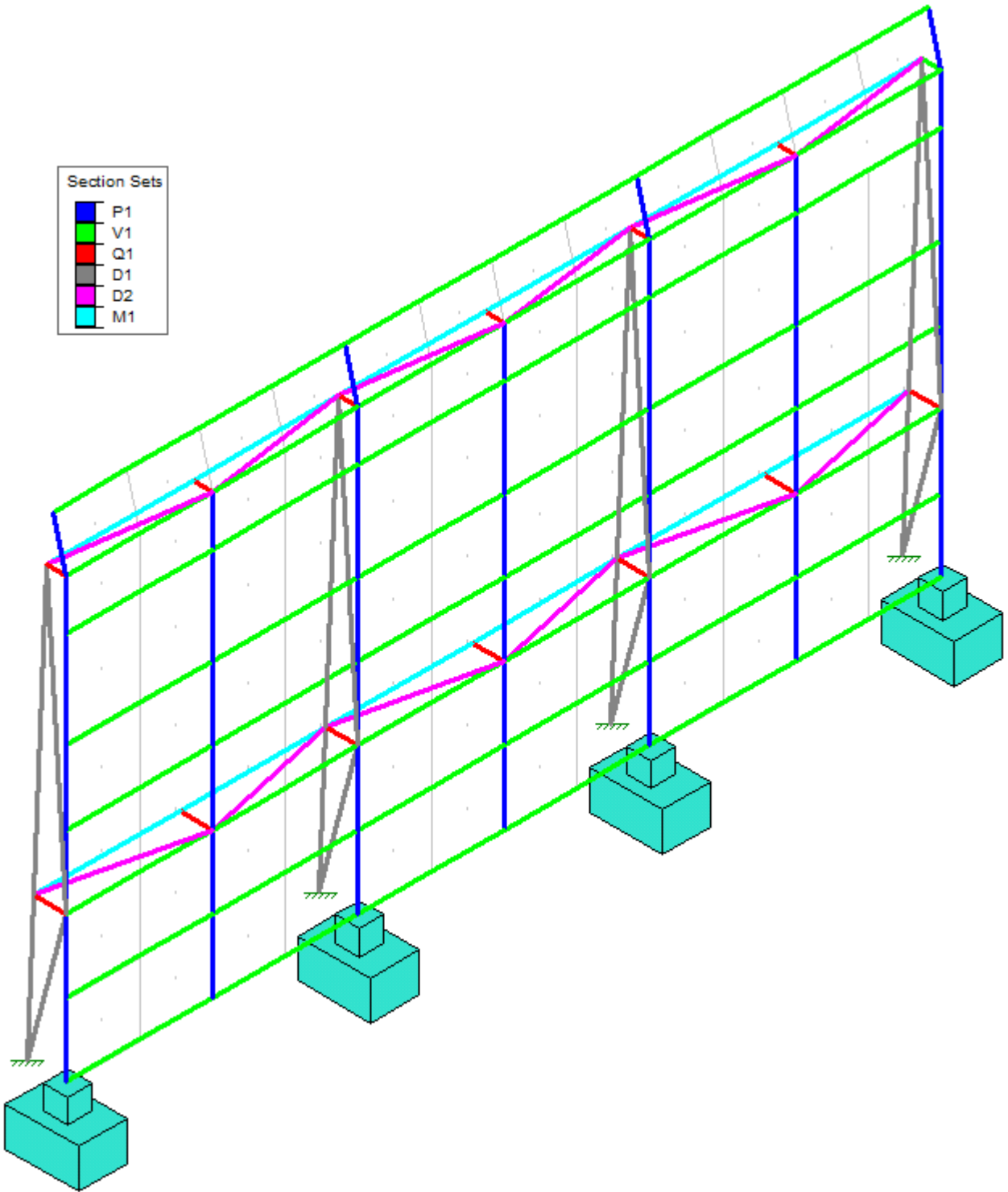
Alto de estructura:

H := 11000mm

1.0.1.1.1 Materiales de Diseño



Section Sets	
█	P1
█	V1
█	Q1
█	D1
█	D2
█	M1



Label	Shape	Material	A [cm ²]	I _{yy} [cm ⁴]	I _{zz} [cm ⁴]	J [cm ⁴]
P1	TU150x150x5	A270ES	29	1017.417	1017.417	1524.312
V1	TU100x50x5	A270ES	14	56.167	173.667	130.54
Q1	TU200x200x5	A270ES	39	2473.25	2473.25	3707.438
D1	TU150x150x5	A270ES	29	1017.417	1017.417	1524.312
D2	TU100x50x5	A270ES	14	56.167	173.667	130.54
M1	TU100x50x5	A270ES	14	56.167	173.667	130.54

1.0.1.2 Cargas de Diseño

1.0.1.2.1 Carga Normal: Peso propio de estructura

PESOS PROPIO TOTAL EEMM PROYECTADA:

Material	Size	Piezas	Length[mm]	Weight[Kg]
Hot Rolled Steel				
A270ES	TU100x50x5	97	216827.9	2382.6
A270ES	TU150x150x5	61	154675.2	3520.7
A270ES	TU200x200x5	13	6461.5	197.8
Total HR Steel		171	377964.6	6101.2

Peso Propio de estructura metálica: $D := 6101.2\text{kgf}$

1.0.1.2.2 Carga Eventual: Carga de viento (NCh 432 Of.1971)

Para construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios asimilables a estas condiciones.
Nch 432-Of. 71, Tabla 1 sección 6.

Carga Básica de viento:

$$q'_b := P_b(H)$$

$$q'_b = 108.4 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Factor de forma pared a barlovento:

$$C_1 := 0.8$$

Factor de forma pared a sotavento:

$$C_2 := 0.4$$

Factor de forma para estructuras sometidas a presión y succión:

$$C_3 := 1.2$$

Factor de forma combinado:

$$C^T = (0.8 \quad 0.4 \quad 1.2)$$

Carga de diseño por viento:

$$W := C \cdot q'_b$$

$$W^T = (86.7 \quad 43.4 \quad 130.1) \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Presión de diseño por viento en estructuras sometidas a presión y succión:

$$q_w := C_3 \cdot q'_b$$

$$q_w = 130.1 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

1.0.1.2.3 Carga Eventual: Determinación de Carga Sísmica (NCh 2369 Of.2003)

1.0.1.2.3.1 Determinación de Factor de Aceleración del Suelo

Zona sísmica: $ZONA := 3$

Aceleración del suelo: $A_0 := \begin{cases} 0.2 \cdot g & \text{if } ZONA = 1 \\ 0.3 \cdot g & \text{if } ZONA = 2 \\ 0.4 \cdot g & \text{if } ZONA = 3 \end{cases} \quad A_0 = 0.4 \cdot g$

1.0.1.2.3.2 Determinación de Coeficiente de Importancia I

Clasificación de Estructuras: Categoría := "II"

$I := \begin{cases} 0.6 & \text{if (Categoría = "I")} & \leftarrow & \text{Edificios aislados y otras estructuras provisionales.} \\ 1.0 & \text{if (Categoría = "II")} & \leftarrow & \text{Estructuras no incluidas en otras clasificaciones.} \\ 1.2 & \text{if (Categoría = "III")} & \leftarrow & \text{Edificios con contenido de alto valor o aglomeraciones de personas.} \\ 1.2 & \text{if (Categoría = "IV")} & \leftarrow & \text{Edificios gubernamentales, municipales o de servicios públicos.} \end{cases}$

$I = 1$

1.0.1.2.3.3 Parámetros dependientes del Tipo de Suelo

Valores característicos del tipo de suelo para obtención del factor de amplificación: SUELOTIPO := "C"

$T_0 := \begin{cases} 0.15 \cdot \text{sec} & \text{if SUELOTIPO = "A", } T_0 = 0.4 \text{ s} \\ 0.30 \cdot \text{sec} & \text{if SUELOTIPO = "B"} \\ 0.40 \cdot \text{sec} & \text{if SUELOTIPO = "C"} \\ 0.75 \cdot \text{sec} & \text{if SUELOTIPO = "D"} \\ 1.20 \cdot \text{sec} & \text{if SUELOTIPO = "E"} \end{cases}$

$n := \begin{cases} 1.00 & \text{if SUELOTIPO = "A"} & n = 1.4 \\ 1.33 & \text{if SUELOTIPO = "B"} \\ 1.40 & \text{if SUELOTIPO = "C"} \\ 1.80 & \text{if SUELOTIPO = "D"} \\ 1.80 & \text{if SUELOTIPO = "E"} \end{cases}$

$S := \begin{cases} 0.90 & \text{if SUELOTIPO = "A"} & S = 1.05 \\ 1.00 & \text{if SUELOTIPO = "B"} \\ 1.05 & \text{if SUELOTIPO = "C"} \\ 1.20 & \text{if SUELOTIPO = "D"} \\ 1.30 & \text{if SUELOTIPO = "E"} \end{cases}$

1.0.1.2.3.4 Determinación del Periodo de la Estructura

Periodo natural de oscilación del marco de acero UBC' 97:

$$T := 0.0853 \cdot H^{0.75} \cdot \frac{\text{sec}}{\text{m}^{0.75}} \quad T = 0.52 \cdot \text{sec}$$

1.0.1.2.3.5 Factor de modificación de respuesta R

Factor de modificación de respuesta estructural, 3.8 Estructuras de acero sísmicas isostática:

$$R_2 := 3$$

1.0.1.2.3.6 Razón de Amortiguamiento

Razón de amortiguamiento para marco de acero con uniones apernadas en terreno, con o sin arriostramiento:

$$\xi := 3$$

1.0.1.2.3.7 Determinación de coeficiente sísmico C

Determinación de coeficientes sísmicos C:

$$C_2(T, R) := \left\{ \begin{array}{l} C_{\min} \leftarrow 0.25 \cdot \frac{A_o}{g} \\ C \leftarrow \frac{2.75 \cdot A_o}{g \cdot R} \cdot \left(\frac{T_o}{T} \right)^n \cdot \left(\frac{5}{\xi} \right)^{0.4} \\ C_{\max} \leftarrow \begin{pmatrix} 0.79 & 0.68 & 0.55 \\ 0.6 & 0.49 & 0.42 \\ 0.4 & 0.34 & 0.28 \\ 0.32 & 0.27 & 0.22 \\ 0.26 & 0.23 & 0.18 \end{pmatrix} \\ i \leftarrow R \\ j \leftarrow \begin{cases} \xi - 1 & \text{if } (\xi = 2) \vee (\xi = 3) \\ 3 & \text{otherwise} \end{cases} \\ C_m \leftarrow \begin{cases} 0.5 & \text{if } A_o = 0.20g \\ 0.75 & \text{if } A_o = 0.30g \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \\ C_{\max} \leftarrow C_m \cdot C_{\max, i, j} \\ \begin{pmatrix} C_{\min} \\ C \\ C_{\max} \end{pmatrix} \end{array} \right.$$

Coefficientes sísmicos:

$$C_2(T, R_2) = \begin{pmatrix} 0.10 \\ 0.32 \\ 0.34 \end{pmatrix} \leftarrow \begin{array}{l} C_{\min} \\ C \\ C_{\max} \end{array}$$

Coefficiente sísmico de diseño:

$$C(T) := \begin{cases} C \leftarrow C_2(T, R_2)_2 & \\ C_{\min} \leftarrow C_2(T, R_2)_1 & \\ C_{\max} \leftarrow C_2(T, R_2)_3 & \\ C_{\max} & \text{if } C > C_{\max} \\ C_{\min} & \text{if } C < C_{\min} \\ C & \text{otherwise} \end{cases} \quad C(T) = 0.32$$

1.0.1.2.3.8 Determinación de Corte Sísmico

Carga sísmica: $P := D$ $P = 6101.2 \cdot \text{kgf}$

Corte Sísmico: $E := C(T) \cdot I \cdot P$ $E = 1925.4 \cdot \text{kgf}$

1.0.1.3 Combinaciones de Carga: Diseño Estructural - Disposiciones Generales de Combinaciones de Carga (NCh 3171 Of.2010)

1.0.1.3.1 Combinaciones de Carga: Método ASD

C1 : D

C2 : D + L

C3 : D + (L_r ó S ó R)

C4 : D + 0.75L + 0.75 (L_r ó S ó R)

C5a : D + W

← **Combinación que controla el diseño de la estructura.**

C5b : D + E

C6a : D + 0.75W + 0.75L + 0.75 (L_r ó S ó R)

C6b : D + 0.75E + 0.75L + 0.75S

C7 : 0.6D + W

C8 : 0.6D + E

D: Dead Load

S: Snow Load

E: Earthquake Load

L: Live Load

R: Rain Load

L_r: Roof Load

W: Wind Load

1.0.1.3.2 Combinaciones de Carga: Método LRFD

C1 : 1.4D

C2 : 1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r ó S)

C3a : 1.2D + 1.6(L_r ó S ó R) + L

C3b : 1.2D + 1.6(L_r ó S ó R) + 0.8W

C4 : 1.2D + 1.6W + L + 0.5 (L_r ó S ó R)

← **Combinación que controla el diseño.**

C5 : 1.2D + 1.4E + L + 0.2S

C6 : 0.9D + 1.6W

C7 : 0.9D + 1.4E

D: Dead Load

S: Snow Load

E: Earthquake Load

L: Live Load

R: Rain Load

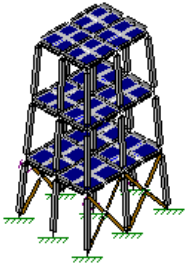
L_r: Roof Load

W: Wind Load

1.0.1.4 Deformación Admisible de los Montantes

Deformación admisible horizontal de montantes para elementos flexibles:

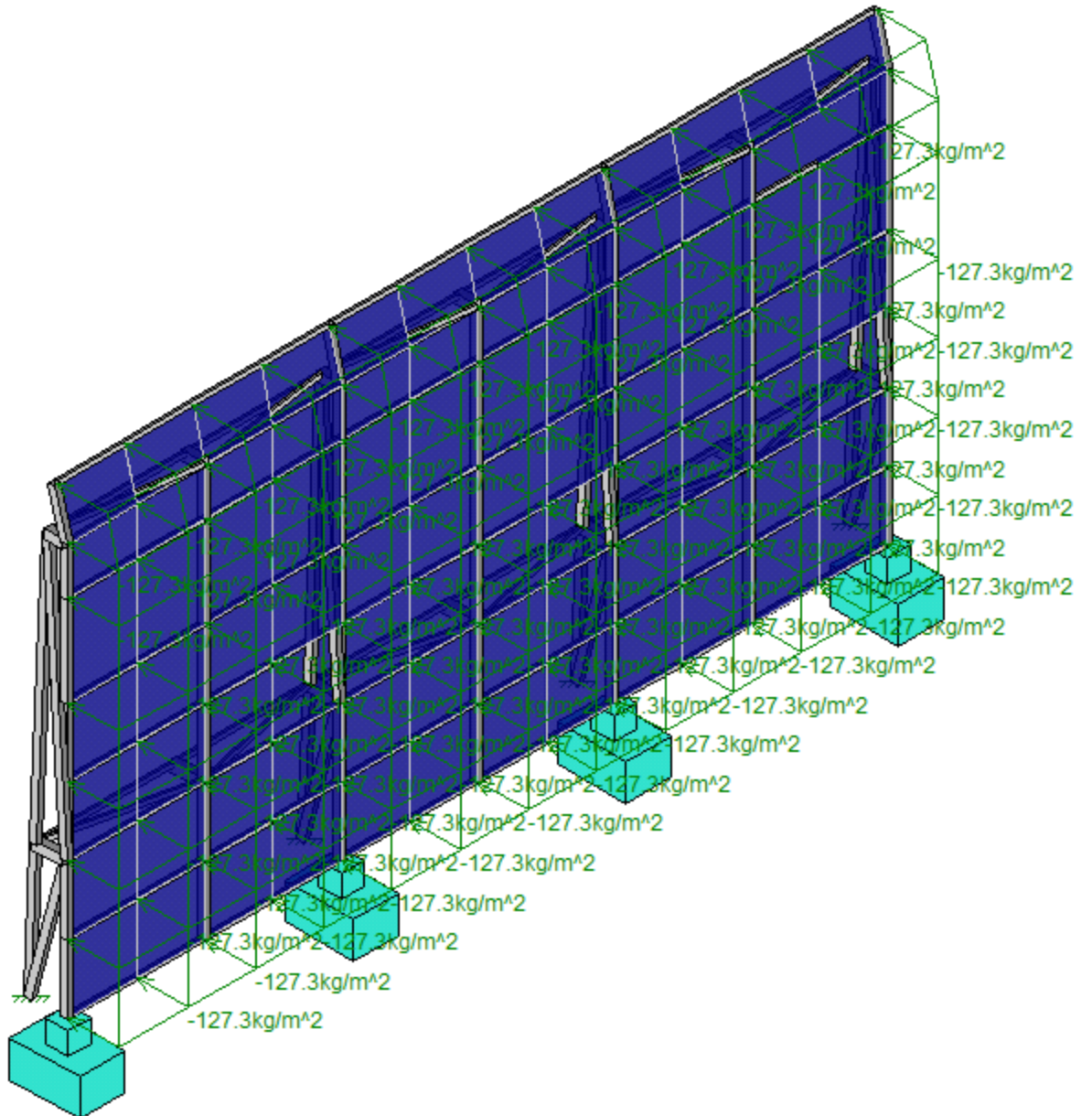
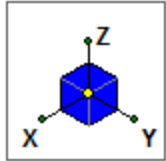
$$\Delta_{h.flex}(H) := \frac{H}{200}$$

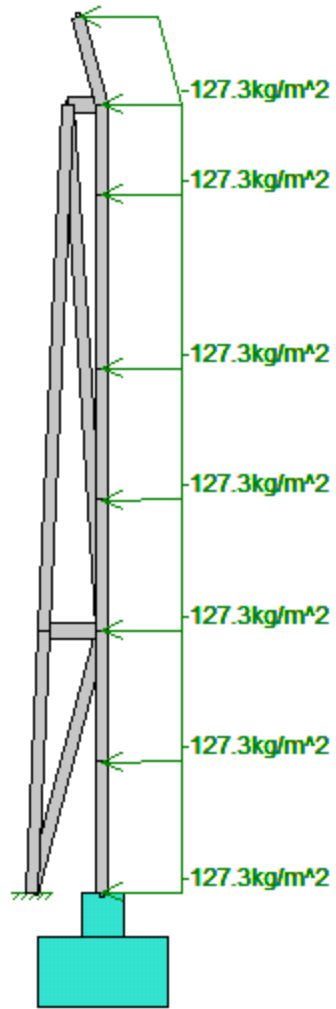
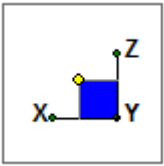


CAPÍTULO 1.0: Verificación de Pantalla Acústica

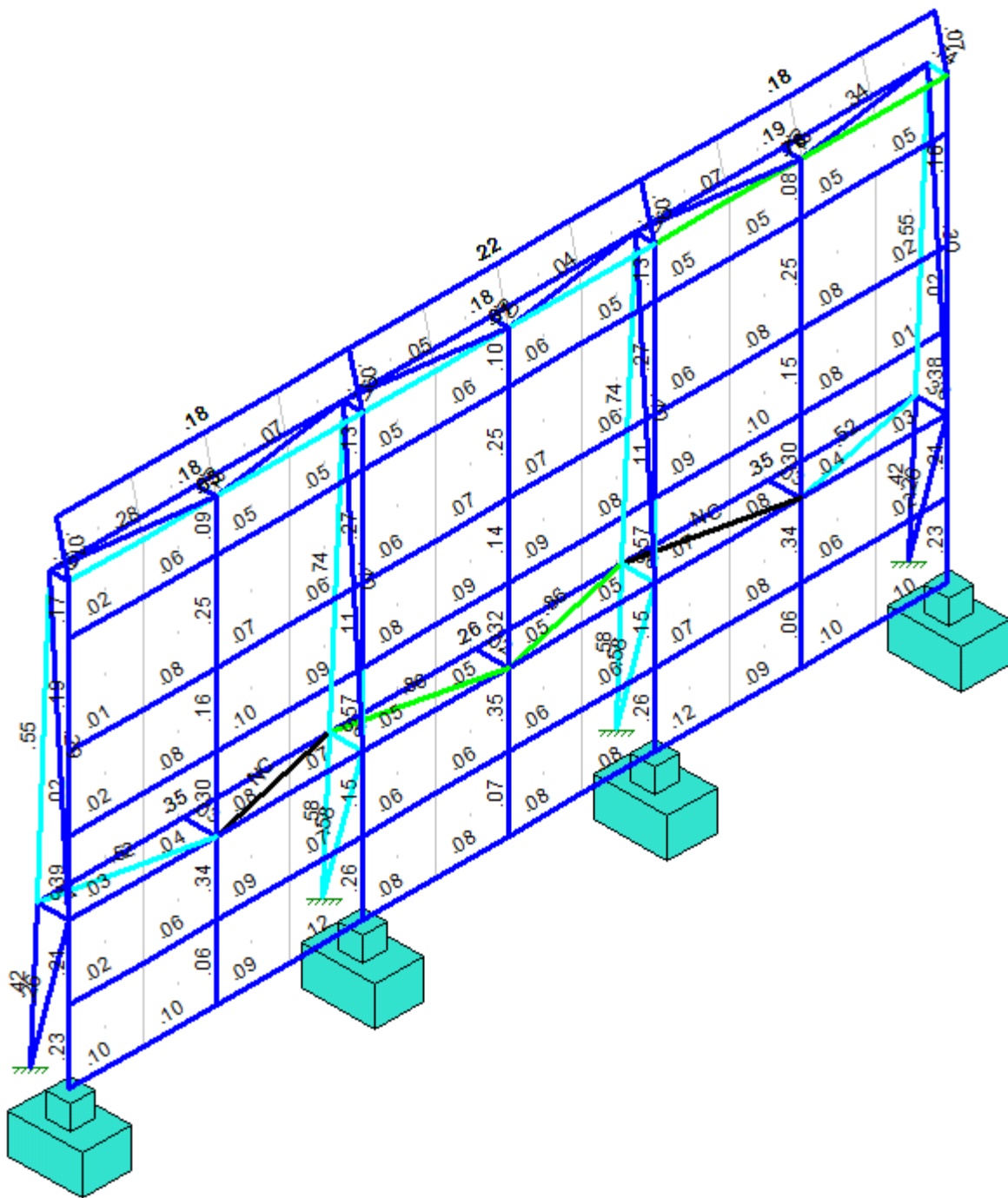
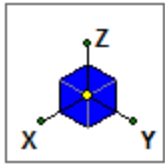
1.0.2 Verificación Estructural de Pantalla Acústica

1.0.2.1 Solicitaciones en Estructura según Combinación de Carga C5a





1.0.2.2 Verificación de Estructura según Combinación C5a

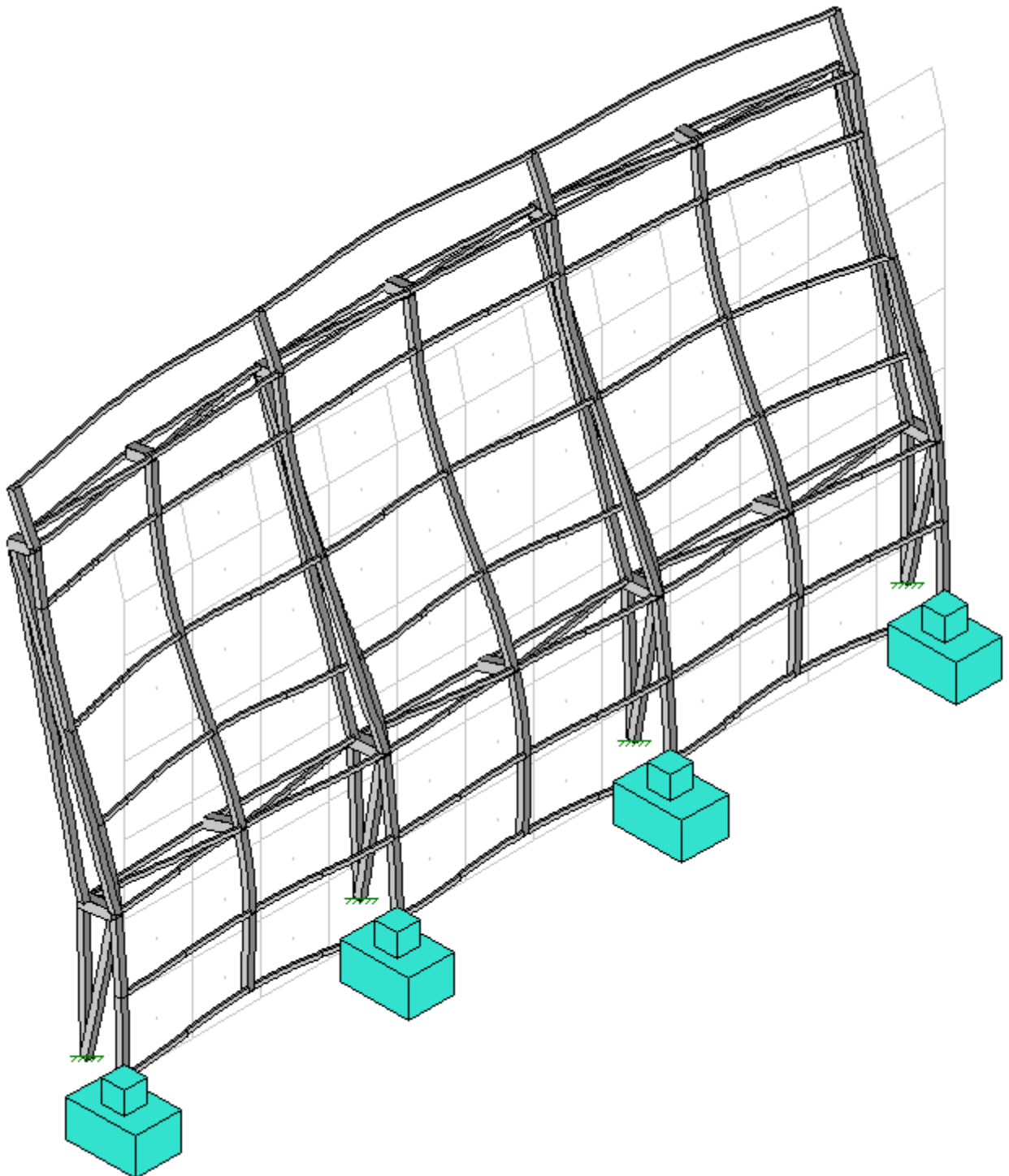
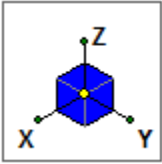


Factor de Utilización: $FU_{\max} := 0.86 \leq 1.0$ **OK, VERIFICA**

Todos los elementos estructurales verifican.

1.0.2.3 Verificación de Estructura de Deformaciones según Combinación C5a

Deformación aumentada 50 veces.



Deformación máxima:

$$\Delta_{\max} := 38.639\text{mm}$$

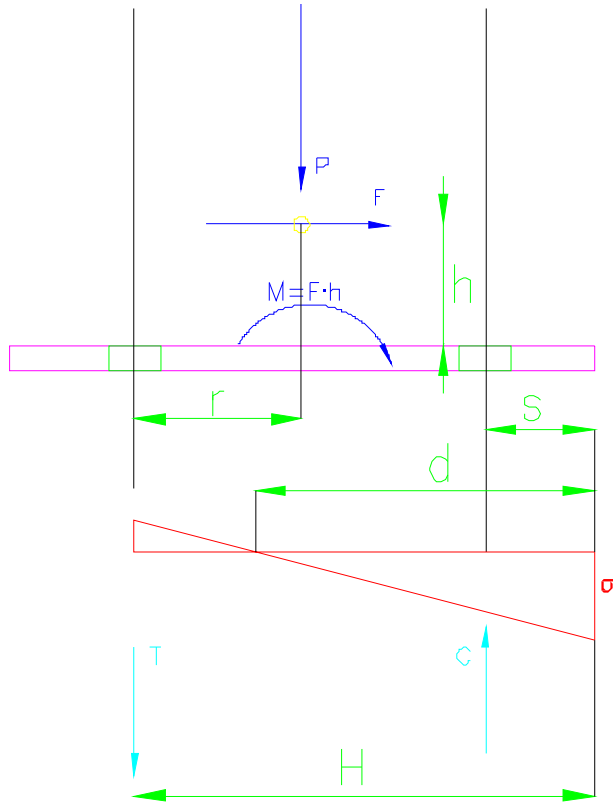
Deformación horizontal admisible:

$$\Delta_{\text{adm}} := \Delta_{\text{h.flex}}(2 \cdot H) \quad \Delta_{\text{adm}} = 110.0 \cdot \text{mm}$$

Factor de deformación horizontal:

$$FD_h := \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{\text{adm}}} \quad FD_h = 0.35 \leq 1.0 \text{ OK, Verifica}$$

1.0.3.1.1 Verificación Estructural de la Placa Base



$$\sum M \quad -P \cdot r + B \cdot \sigma \cdot \frac{d}{2} \cdot [d - s + (H - d)] - M = 0$$

$$\sum F_y \quad -T - P + C = 0$$

$$C = \sigma \cdot \frac{d \cdot B}{2}$$

SUPUESTO : $d = 3 \cdot s$

$$\sigma = \frac{M + P \cdot r}{B \cdot \frac{d}{2} \cdot [d - s + (H - d)]}$$

$$T = -P + C \quad \rightarrow \quad T = -P + \sigma \cdot \frac{d \cdot B}{2}$$

Tracción en Perno

$$P := N$$

$$P = 37115 \cdot \text{kgf}$$

$$M = 679.1 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$r := 100 \text{mm}$$

$$B := 300 \text{mm}$$

$$H := 300 \text{mm}$$

$$s := 25 \text{mm}$$

$$d := 3 \cdot s$$

$$d = 75 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma := \frac{M + P \cdot r}{B \cdot \frac{d}{2} \cdot [d - s + (H - d)]}$$

$$\sigma = 13.917 \cdot \text{MPa}$$

$$T := \begin{cases} \left(P + \sigma \cdot \frac{d \cdot B}{2} \right) & \text{if } \left(P + \sigma \cdot \frac{d \cdot B}{2} \right) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad T = 53080.8 \cdot \text{kgf}$$

Verificación de Espesor de la Placa

$$L := \frac{B - 150 \text{mm}}{2}$$

$$L = 75 \cdot \text{mm}$$

$$M_{\max} := \frac{\sigma \cdot L^2}{8}$$

$$M_{\max} = 997.86 \cdot \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$e_{\min} := \max \left(\sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{0.6 \cdot F_y}}, 10 \text{mm} \right)$$

$$e_{\min} = 19.9 \cdot \text{mm}$$

Esesor mínimo:

$$e_{\min} = 19.9 \cdot \text{mm}$$

1.0.3.1.2 Verificación de los Pernos de Anclaje

Índice:	$i := 14$	
Diámetro de perno:	$\phi := \phi_{b_i}$	$\phi = 1 \cdot \text{in}$
Nomenclatura de pernos:	$N_m := N_{m_i}$	$N_m = "1"$
Número de hilos por pulgada:	$N := N_{b_i}$	$N = 8$
Número total de pernos:	$n := 12$	
Número de pernos que toman tracción:	$n_t := 4$	

Verificación al Cizalle

Tensión de trabajo:	$f_v := \frac{V}{n}$	$f_v = 578.7 \cdot \text{kgf}$
Tensión admisible:	$F_v := F_{v,b}(\phi, N, F_{u,b}, F_{y,b})$	$F_v = 7267.5 \cdot \text{kgf}$
Factor de utilización:	$FU_v := \frac{f_v}{F_v}$	$FU_v = 0.08 \leq 1.0$ OK, Verifica

Verificación a la Tracción

Tensión de trabajo:	$f_t := \frac{T}{n_t}$	$f_t = 13270.2 \cdot \text{kgf}$
Tensión admisible:	$F_t := F_{t,b}(\phi, N, F_{u,b}, F_{y,b})$	$F_t = 14107.6 \cdot \text{kgf}$
Factor de utilización:	$FU_t := \frac{f_t}{F_t}$	$FU_t = 0.94 \leq 1.0$ OK, Verifica

Verificación de la Interacción de Tracción-Cizalle

Factor de utilización:	$FU := FU_v^2 + FU_t^2$	$FU = 0.89 \leq 1.0$ OK, Verifica
------------------------	-------------------------	-----------------------------------

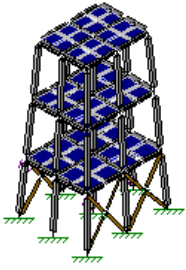
1.0.3.1.3 Verificación de Longitud de los Pernos de Anclaje

Diámetro mínimo de perno:
$$\phi_{\min} := \max\left(\sqrt{\frac{f_t}{\pi \cdot 0.75 \cdot F_y}}, \frac{3}{4} \cdot \text{in}\right) \phi_{\min} = 0.75 \cdot \text{in}$$

Profundidad mínima de empotramiento de cada perno:
$$L_{\min} := \left| \begin{array}{l} A \leftarrow \text{ceil}\left(\frac{N}{\pi \cdot \phi_{\min} \cdot 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot \frac{1}{\text{cm}}\right) \\ \max(A, 500\text{mm}) \end{array} \right. L_{\min} = 1250 \cdot \text{mm}$$

USAR UN TOTAL DE $n = 12$ **PERNOS. DIÁMETRO MÍNIMO:** $(\phi_{\min}) = 0.75 \cdot \text{in}$

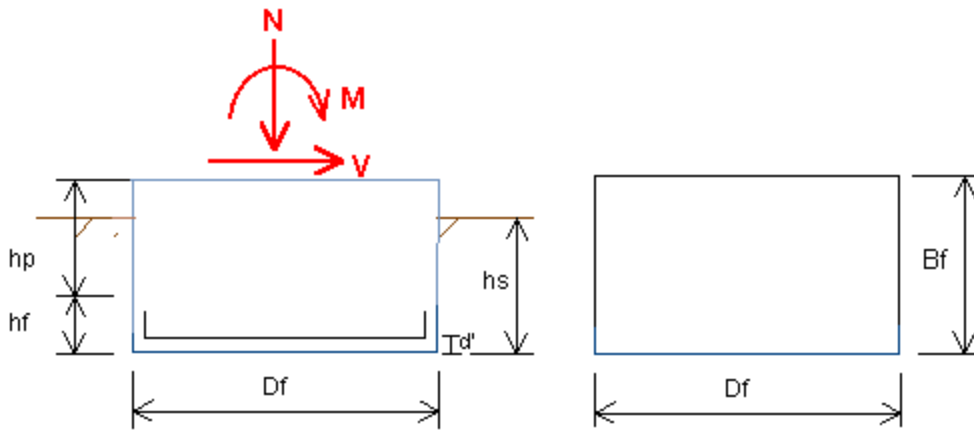
DE LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO MÍNIMA $L_{\min} = 1250 \cdot \text{mm}$ **CADA PERNO**



CAPÍTULO 1.0: Verificación de Pantalla Acústica

1.0.4 Verificación Estructural de Fundaciones

1.0.4.1.1 Verificación de la Fundación de Pantalla



Geometría:

$$D_f := 1.5 \cdot \text{m}$$

$$B_f := 1.5 \text{m}$$

$$D_p := 0 \cdot \text{m}$$

$$B_p := 0 \cdot \text{m}$$

$$h_f := 1.2 \cdot \text{m}$$

$$h_p := 0 \cdot \text{m}$$

$$h_s := 1.2 \text{m}$$

$$d' := 5 \cdot \text{cm} \quad \text{Recubrimiento de la parte inferior de la zapata.}$$

Desarrollo:

Cálculo del peso de la fundación:

$$N_f := (B_f \cdot D_f \cdot h_f + B_p \cdot D_p \cdot h_p) \cdot \gamma_h \quad N_f = 6.75 \cdot \text{tonf}$$

Cálculo del peso de suelo sobre la fundación:

$$N_s := (B_f \cdot D_f - B_p \cdot D_p) \cdot \begin{cases} (h_s - h_f) & \text{if } (h_s - h_f) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \cdot \gamma_{\text{soil}} \quad N_s = 0 \cdot \text{tonf}$$

Cálculo de las reacciones totales en la fundación:

$$M_{\text{tot}} := |M + V \cdot (h_f + h_p)| \quad M_{\text{tot}} = 9.01 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{tot}} := N + N_f + N_s \quad N_{\text{tot}} = 43.87 \cdot \text{tonf}$$

$$\text{Excentricidad} \quad e := \frac{M_{\text{tot}}}{N_{\text{tot}}} \quad e = 0.21 \text{ m}$$

Porcentaje de área comprimida: $p := \begin{cases} 100\% & \text{if } e \leq \frac{Df}{6} \\ \left(\frac{Df}{2} - e\right) \cdot \frac{3}{Df} & \text{otherwise} \end{cases}$ $p = 100\% \geq 80\% \text{ OK}$

Presión máxima del suelo: $\sigma_{\max} := \begin{cases} \frac{2 \cdot N_{\text{tot}}}{3 \cdot Bf \cdot (0.5 \cdot Df - e)} & \text{if } p < 100\% \\ \frac{N_{\text{tot}}}{Bf \cdot Df} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{Df}\right) & \text{otherwise} \end{cases}$

$\sigma_{\max} = 3.6 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{din}} = 10 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Presión mínima del suelo: $\sigma_{\min} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} & \text{if } p < 100\% \\ \frac{N_{\text{tot}}}{Bf \cdot Df} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{Df}\right) & \text{otherwise} \end{cases}$ $\sigma_{\min} = 0.35 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

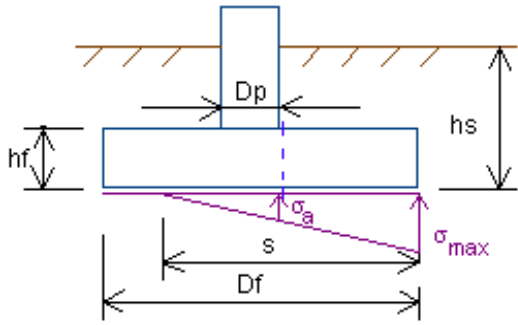
Cálculo del factor de seguridad al deslizamiento:

$FS_{\text{desl}} := \begin{cases} \left| \frac{N_{\text{tot}}}{V} \right| \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi_s\right) + \frac{c \cdot Df \cdot Bf}{|V|} & \text{if } (c \neq 0 \wedge \phi_s \neq 0) \wedge V \neq 0 \\ \frac{c \cdot Df \cdot Bf}{|V|} & \text{if } c \neq 0 \wedge V \neq 0 \\ \left| \frac{N_{\text{tot}}}{V} \right| \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi_s\right) & \text{if } \phi_s \neq 0 \wedge V \neq 0 \\ 1.5 & \text{otherwise} \end{cases}$ $FS_{\text{desl}} = 2.3 \geq 1.5 \text{ OK}$

Cálculo del factor de seguridad al volcamiento:

$FS_{\text{vol}} := \text{if}\left(M_{\text{tot}} \neq 0, \frac{N_{\text{tot}} \cdot Df}{M_{\text{tot}} \cdot 2}, 1.5\right)$ $FS_{\text{vol}} = 3.7 \geq 1.5 \text{ OK}$

Cálculo del momento flector a plomo del pedestal:



$$s := \begin{cases} (0.5 \cdot D_f - e) \cdot 3 & \text{if } p < 100\% \\ D_f & \text{otherwise} \end{cases} \quad s = 1.5 \text{ m}$$

$$L := \frac{D_f - D_p}{2}$$

$$\sigma_a := \sigma_{\max} - \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{s} \cdot L$$

$$\sigma_a = 19.5 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \quad \sigma_{\max} = 35.52 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

Momento por efecto de la reacción del suelo:

$$M_s := \frac{\sigma_a \cdot L^2}{2} + \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_a) \cdot L^2}{3} \quad M_s = 8.49 \cdot \frac{\text{tonf} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Momento por efecto de la zapata y el suelo sobre ella:

$$M_z := [\gamma_{\text{soil}} \cdot (h_s - h_f) + \gamma_h \cdot h_f] \cdot \frac{L^2}{2} \quad M_z = 0.84 \cdot \frac{\text{tonf} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Factor mayorador de M_z (usar 1 para análisis elástico): $\phi_z := 1.0$

Momento en la sección considerada: $M_A := M_s - \phi_z \cdot M_z \quad M_A = 7.64 \cdot \frac{\text{tonf} \cdot \text{m}}{\text{m}}$

Criterio para armar:

$$f_r := 0.7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \sqrt{\text{MPa}} \quad \frac{f_r}{2} = 14.276 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 3.55 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\max} \leq \frac{f_r}{2} \quad \text{No es necesario armar o requiere armadura mínima}$$

Verificación de Zapata sometida a Flexión Pura

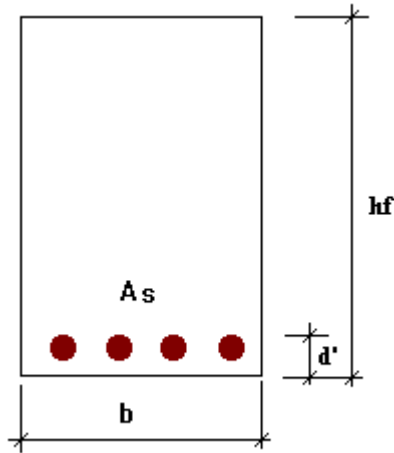
DATOS

$$h_f = 120 \cdot \text{cm}$$

$$b := 100 \text{cm}$$

$$d := h_f - d' \quad d = 115 \cdot \text{cm}$$

$$\phi := 0.9 \quad \text{Reducción de resistencia por flexión.}$$



$$\beta_1 := \text{if} \left(f_c < 30 \text{MPa}, 0.85, \text{if} \left(f_c > 55 \text{MPa}, 0.65, 0.85 - 0.0008 \cdot \frac{f_c - 30 \text{MPa}}{\text{MPa}} \right) \right) \quad \beta_1 = 0.85$$

$$\epsilon := \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} \quad \epsilon = 0.588$$

$$x_b := \epsilon \cdot d \quad x_b = 67.65 \cdot \text{cm}$$

$$A_b := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot x_b \cdot b}{f_y} \quad A_b = 186.19 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{Área de Balance.} \quad 0.75 \cdot A_b = 139.6 \cdot \text{cm}^2$$

$$M_u := \gamma_f \cdot M_A \quad M_u = 11.47 \cdot \frac{\text{tonf} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{Momento Solicitante.}$$

$$a := d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot |M_u|}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c}} \quad a = 8.016 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{req}} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b}{f_y} \quad A_{\text{req}} = 2.6 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{min}} := 1.33 \cdot A_{\text{req}} \quad A_{\text{min}} = 3.45 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{Armadura mínima.}$$

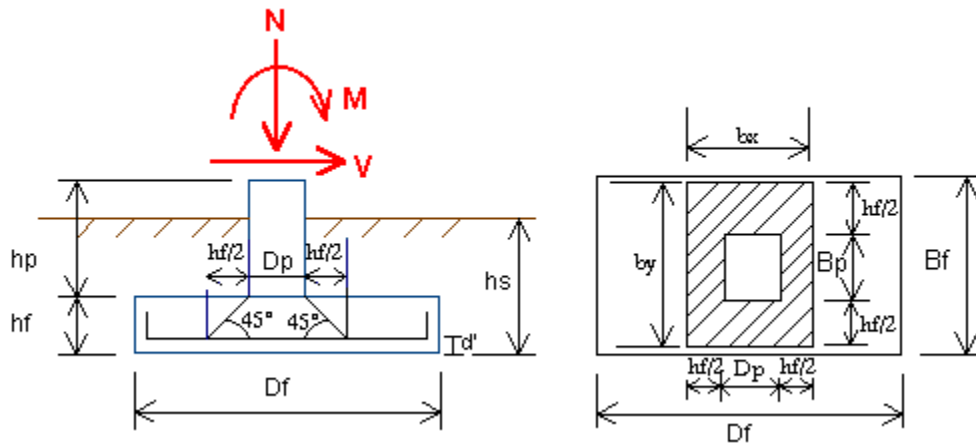
$$A_s := \text{if} \left(A_{\text{req}} \leq 0.75 \cdot A_b, \text{if} \left(A_{\text{req}} > A_{\text{min}}, A_{\text{req}}, A_{\text{min}} \right), 0.75 \cdot A_b \right) \quad A_s = 3.45 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{Si se utilizan barras de diámetro: } \phi := 12 \text{mm} \quad A_c := \left(\frac{\phi}{2} \right)^2 \cdot \pi \quad \text{Arm} := \left(\frac{A_c}{A_s} \right) \cdot m$$

$$\text{USAR } \phi = 12 \cdot \text{mm} \quad a \quad \text{Arm} = 33 \cdot \text{cm} \quad \text{EN AMBOS SENTIDOS}$$

Verificación al Punzonamiento

El área afectada por el punzonamiento es :



$$A := D_f \cdot B_f$$

$$\phi := 0.85$$

$$d_x := d$$

$$d := \frac{d_x + d_y}{2}$$

$$b_x := D_p + d$$

$$b_y := B_p + d$$

$$0.7 \cdot b_x = 79.8 \cdot \text{cm}$$

$$b_o := 2 \cdot (b_x + b_y)$$

$$\eta := \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_y}{b_x}}}$$

$$e_m := \frac{M}{N}$$

$$A = 2.25 \text{ m}^2$$

Prob. de corte.

$$d_y := d - 2 \text{ cm}$$

$$d = 114 \cdot \text{cm}$$

$$b_x = 114 \cdot \text{cm}$$

$$b_y = 114 \cdot \text{cm}$$

$$b_y \geq 0.7 \cdot b_x \quad \text{Verifica}$$

$$b_o = 456 \cdot \text{cm}$$

$$\eta = 0.5$$

$$e_m = 2 \cdot \text{cm}$$

Carga de punzonamiento :

$$v := \frac{N}{A} \cdot b_x \cdot b_y \quad v = 21 \cdot \text{tonf}$$

$$w := \frac{1}{6} \cdot b_y \cdot b_x^2 \quad w = 0 \cdot \text{m}^3$$

$$v_{sd} := \gamma_f \cdot \frac{v}{b_o} + \eta \cdot \gamma_f \cdot v \cdot e_m \cdot \frac{d}{w} \quad v_{sd} = 8 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}}$$

$$v_u := b_o \cdot v_{sd} \quad v_u = 38 \cdot \text{tonf}$$

Evaluación del punzonamiento :

$$\beta_c := \frac{\max(b_x, b_y)}{\min(b_x, b_y)} \quad \beta_c = 1$$

$$v_c := \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{\text{MPa}} \quad v_c = 1060 \cdot \text{tonf}$$

$$\frac{\sqrt{f_c}}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{\text{MPa}} = 707 \cdot \text{tonf}$$

$$v_c \geq \frac{\sqrt{f_{cc}}}{3} \cdot b_o \cdot d \quad \text{Verifica}$$

Se debe cumplir la siguiente condición :

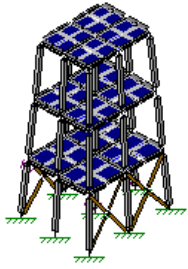
$$v_u \leq \phi \cdot (v_c + v_s) \leq \frac{\sqrt{f_c}}{2} \cdot b_o \cdot d$$

$$\frac{\sqrt{f_c}}{2} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{\text{MPa}} = 1060 \cdot \text{tonf}$$

$$v_c - \frac{v_u}{\phi} = 1015 \cdot \text{tonf}$$

$$0 \leq \left(v_c - \frac{v_u}{\phi}\right) \implies v_s \geq 0 \quad \text{Verifica Punzonamiento}$$

Si $v_s < 0$ aumentar altura de la fundación (h)



CAPÍTULO 1.0: Verificación de Pantalla Acústica

1.0.5 Conclusiones

Al efectuar el análisis de los resultados, se puede demostrar que al aplicar la carga especificada según la norma chilena de viento (NCh 432 Of.71), más las cargas de sismo (NCh 2369 Of. 2003), la estructura de soporte del proyecto "Pantalla Acústica - Corral", verifica estructuralmente las solicitaciones a la que fue sometida.

Mauricio Riquelme Alvarado

Ingeniero Civil, mención Estructuras y Construcción

Magíster en Ciencias, mención Geofísica

Reg. Col. Ing. 23.379-0



PORTUARIA CORRAL S.A.

ANEXO II. Memoria de cálculo 2.

*Calle Esmeralda N° 80
Fono (56-63) 2471 283
Corral*



PORTUARIA CORRAL S.A.

**PROYECTO; PANTALLA ACUSTICA / CANCHA AMARGOS / PUERTO
CORRAL**

MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL


PANELES ESTRUCTURALES DE PANTALLA ACUSTICA.



Preparado por:

ASPROIN S.A.

Rev.	Fecha	ELAB	REV	CLIENTE	OBSERVACIONES
B	08-05-2016	DC	OR	HD	Emitida para comentarios Clientes
A	06-06-2016	DC	OR	HD	Emitida para Comentarios

RESERVADO JEFE DE PROYECTO

	Proyecto N°	N° DOCUMENTO	Rev.
		2632016-01-MC-SS-01	B

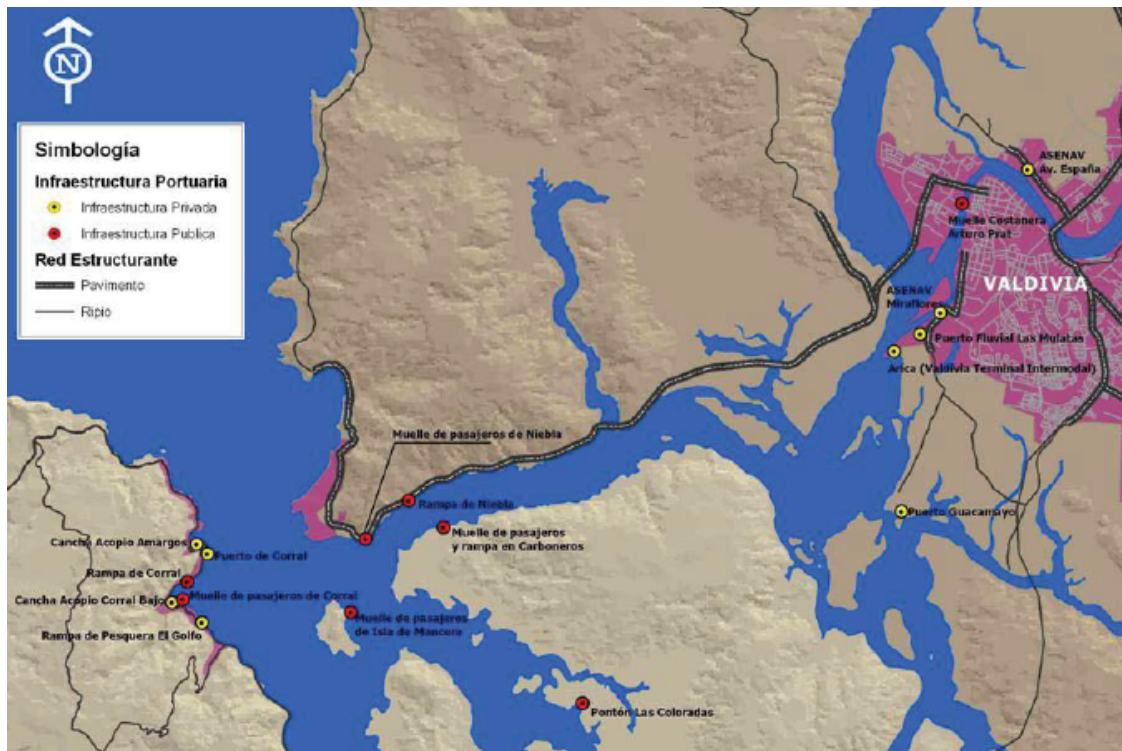
	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.		Páginas		
			2	de	21

INDICE



1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS Y ALCANCES	4
3. ESTRUCTURA SOPORTE CORREA Y CABEZALES.....	4
3.1. RESUMEN	4
3.1.1. BASES DE DISEÑO Y RESULTADO DEL ANÁLISIS	4
3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	5
3.1.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	5
4. ANTECEDENTES	6
4.1. PLANOS, ESPECIFICACIONES Y DOCUMENTOS DE PROYECTO	6
4.2. SOFTWARE	6
5. ESTADOS DE CARGA Y COMBINACIONES	6
5.1. CARGAS PERMANENTES (DL).....	6
5.2. CARGA DE VIENTO (W)	6
5.3. CARGA SÍSMICA (E)	6
5.4. COMBINACIONES DE CARGA.....	7
5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL	7
5.6. DEFORMACIONES.....	8
5.7. REACCIONES	8
5.8. FUNDACIONES.....	9
6. CONCLUSIONES:	18
ANEXO A –PERFILES	19
ANEXO B _ACCIÓN DEL VIENTO	21

1. INTRODUCCIÓN.

Portuaria Corral solicitó a ASPROIN S.A. desarrollar una Memoria de Cálculo Estructural de Pantalla Acústica que se emplazara en costado Norte de Cancha Amargos, ubicado en Puerto Corral, Región Decimocuarta, Valdivia. Latitud -39,8667 Longitud -73,4333.



PUERTO CORRAL / REGIÓN DE LOS LAGOS

	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.	 PORTUARIA CORRAL S.A.	Páginas		
			4	de	21

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Este memoria de Cálculo corresponde al análisis de la estructura de soporte de los elementos que conforman la Pantalla Acústica de Puerto Corral.

3. ESTRUCTURA SOPORTE CORREA Y CABEZALES

3.1. Resumen

3.1.1. Bases de Diseño y Resultado del Análisis

Cargas de Diseño: se considera peso propio de la estructura XX(kgf), Velocidad Viento 160 km/hr , cargas sísmicas ($A_0 = 0.4g$, zona 3, $I=1$, $R=3$).

Materiales y sus propiedades:

Acero Estructural Calidad ASTM A-36

Tensión de Fluencia $f_y = 2520 \text{ kgf/cm}^2$.

Densidad $\rho_s = 7850 \text{ kgf/m}^3$.

Módulo de Elasticidad $E_s = 2100 \text{ tonf/cm}^2$.

Módulo de Poisson $\nu = 0.3$.

Tensiones en los elementos: se obtienen los siguientes resultados para los elementos principales (perfil típico), de acuerdo al factor de seguridad de esfuerzos (F.U.e):

Columnas Principales :	IN 30x32.2	F.U.e=1.0
Montantes Principales :	IN20x16.8	F.U.e =0.85
Elementos Vertical Secundario	C15x6.55	F.U.e=0.87
Arriostramiento Columnas	C10x4.48	F.U.e =1.0

Cubicaciones:

Columnas Principales : IN 30x32.2 2,6 Ton

Montantes Principales : IN20x16.8 2,8 Ton

Elementos Vertical Secundario C15x6.55 0,2 Ton

Arriostramiento Columnas C10x4.48 0,15 Ton

TOTAL =5,75 Ton

Suelo

Peso específico del suelo: $\gamma_{\text{soil}} := 2.0 \times \text{tonf /m}^3$

Tensión Estática Admisible del suelo: $\sigma_{\text{est}} := 8 \text{ kgf /cm}^2$

Tensión Dinámica Admisible del suelo: $\sigma_{\text{din}} := 10 \times \text{kgf cm}^2$

Ángulo de cizalle: $\phi_s := 30\text{deg}$

Coefficiente de Cohesión del suelo : $c := 0 \text{ kgf cm}^2$

Factor de amplificación de esfuerzos. $\gamma_f := 1.5$

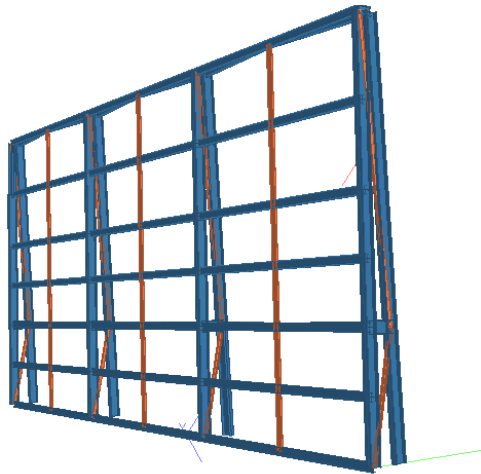
3.1.2. Descripción de la estructura

La estructura está conformada por Columnas Principales, unidos por montantes, puntales intermedios entre montantes y arriostramientos, que en conjunto conforman una estructura tipo panel de elementos de acero.

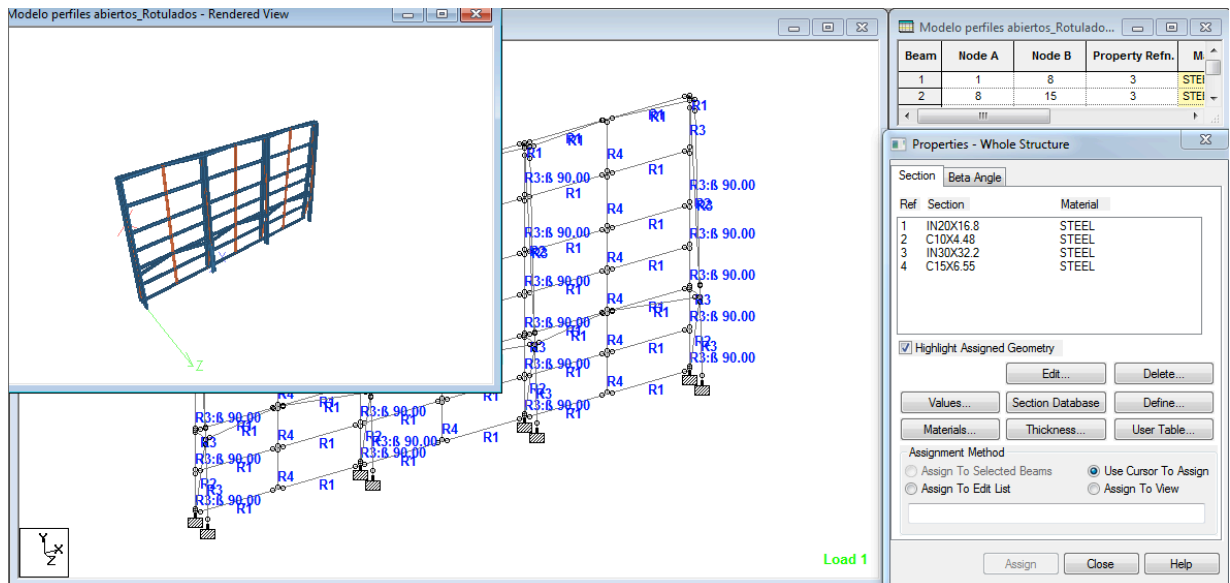
3.1.3. Diseño de la estructura



La estructura fue desarrollada en Base a elementos de sección abierta.

Se generaron una serie de Modelaciones con la Finalidad de obtener una estructura que los elementos se encuentren con factores de utilización > 0,7.



Arrojando como resultado la Siguiete Estructura



	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.	 PORTUARIA CORRAL S.A.	Páginas		
			6	de	21

4. ANTECEDENTES

4.1. Planos, especificaciones y documentos de proyecto

PRO-A-A Verificación Estructural de Pantalla Acustica, Fecha 26 de Abril 2016, desarrollado por Mauricio Riquelme Alvarado.

CL-PA-A Plano Estructura de Pantallas Acusticas.

Documento e imágenes Medida de Control pantalla amargos 06.01.15

4.2. Software

- Se utiliza STAAD.Pro V8i.

5. ESTADOS DE CARGA Y COMBINACIONES

5.1. Cargas Permanentes (DL)

El peso de los elementos es considerado de manera automática por el software.

Peso = 5.8Ton.

5.2. Carga de Viento (W)

La carga de viento se analiza en base a Nch432. Of1971, bajo las las condiciones de borde mar 165km/h, campo abierto.

5.3. Carga sísmica (E)

Las cargas sísmicas se modelan usando el criterio más conservador pto 5.3 NCh2369. Of2003

A continuación se describen las cargas usadas para el análisis sísmico “clásico”, usado para el dimensionamiento de los elementos. Se usa $R=3$, $z=3\%$, $A_0 = 0.40g$, $I=1.0$

La aceleración máxima según Tabla 5.7 de NCh 2369 para $R=3$, $A_0 = 0.40g$ se calcula como

$$C_{maxR=3} = 0.32$$

$$Q_0 = C \cdot I \cdot P$$

Se incluirán en éste punto, como masa sísmica 100% de las cargas permanentes.

5.4. Combinaciones de carga

Se usan las combinaciones de carga de la norma NCh 3171 Of.2010, ítem 9.1.1, para diseño por resistencia última (LRFD):

LC2100: 1.4DL

LC2200: 1.2DL+1.6(LL+LO+LA)+0.5(Lr+S) +1.2T

LC2300: 1.2DL+1.6(Lr+S)+1.0(LL+LO+LA)+1.2T

LC2400: 1.2DL+1.6(Lr+S)+0.8W+1.2T

LC2500: 1.2DL+1.6(LL+LO)+1.6WL+0.5(Lr+S)+1.2T

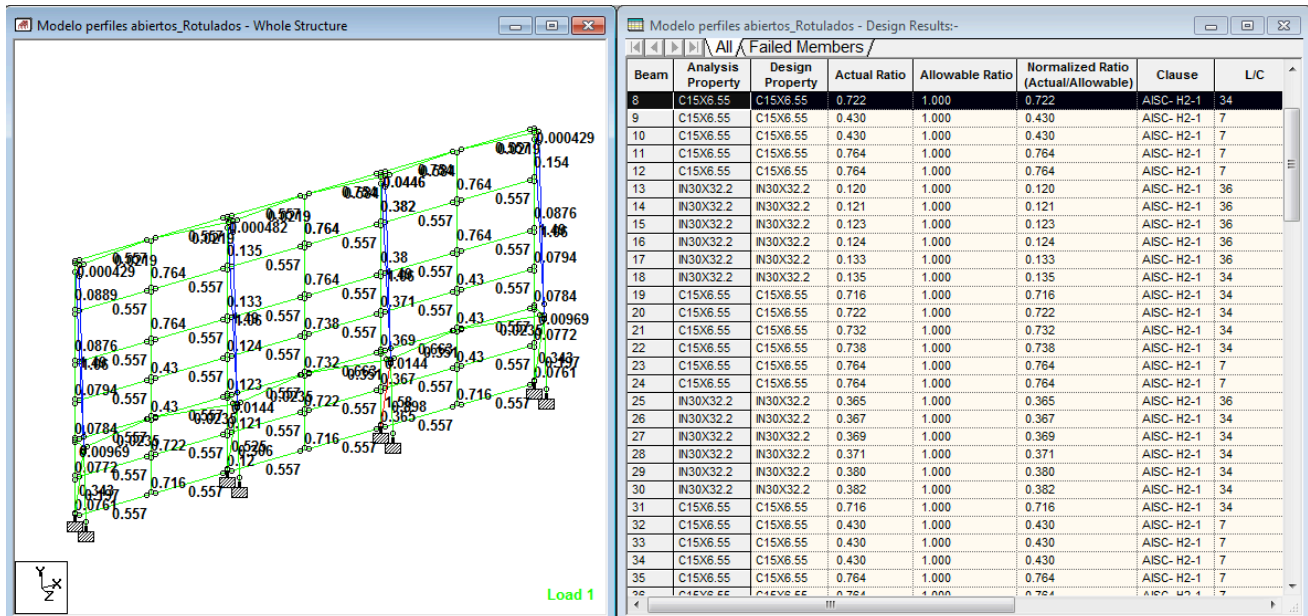
LC2600: 0.9DL+1.6WL+T

LC2700: 1.2DL+a(LL+LO)+1.4Ex+0.42Ey+1.4Ez+1.2T

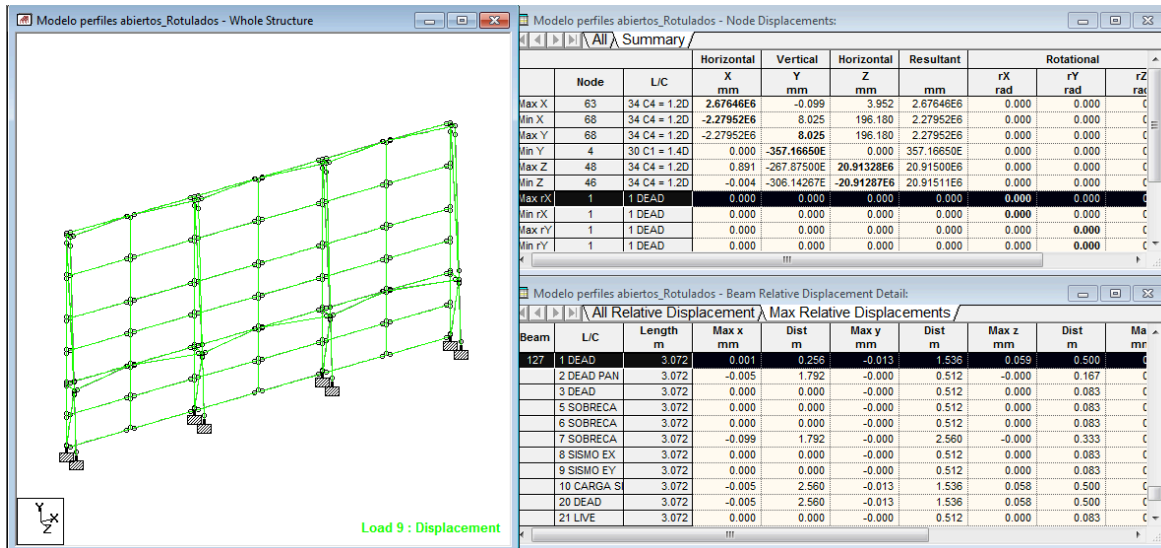
LC2800: 0.9DL+1.4Ex+0.42Ey+0.3Ez+T

5.5. Diseño estructural

Los Factores de utilización de los elementos mas solicitados según



5.6. Deformaciones

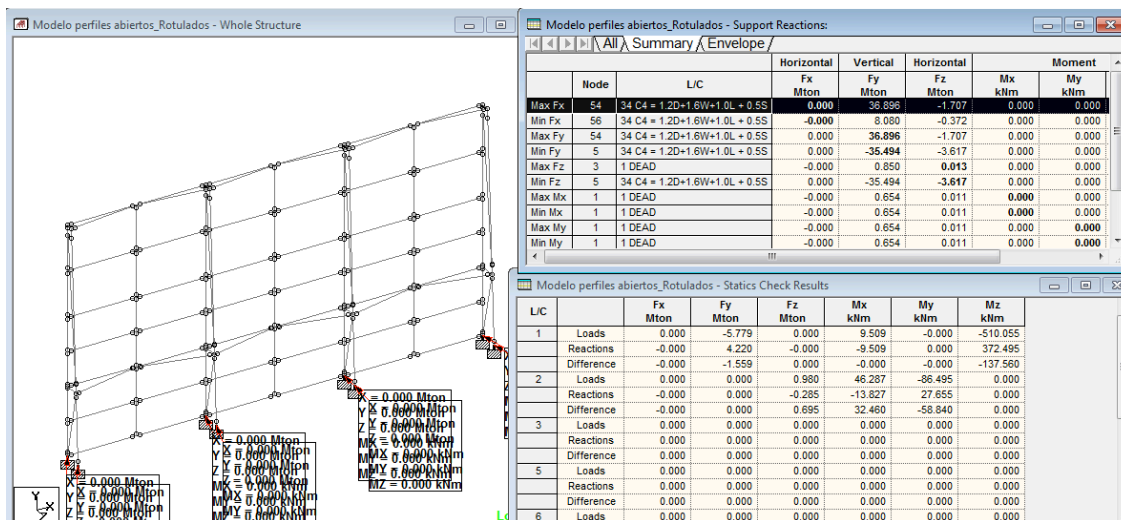


Deformación Maxima = 21mm

Deformación Admisible = 110mm

Factor de Deformación = 0.2 < 1 Cumple

5.7. Reacciones



M = 589.3 kgf*m

N = 36.896 tonf

V = 3.617 tonf

5.8. Fundaciones

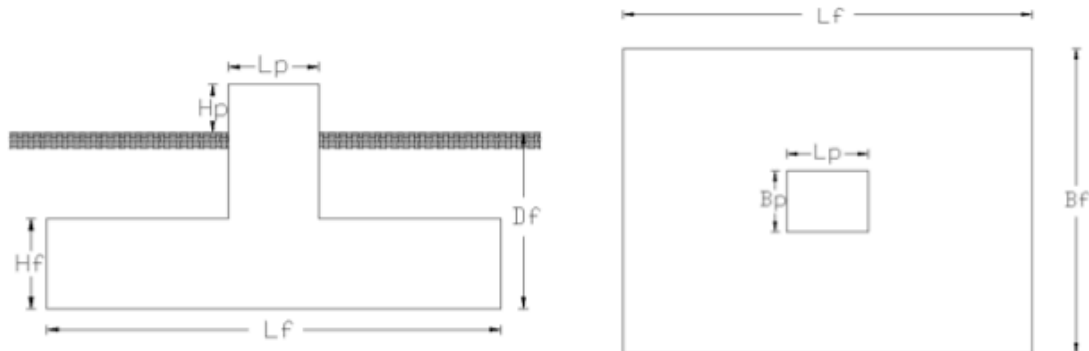
DISEÑO DE FUNDACIONES RECTANGULARES

1. ALCANCE

- Esta planilla tiene por objeto el diseño de fundaciones sometidas a compresión y flexión en una dirección.
- El diseño de las fundaciones incluye:
 - Verificación presiones de contacto y % área comprimida
 - Análisis de estabilidad al deslizamiento
 - Análisis de estabilidad al volcamiento
 - Verificación resistencia al corte
 - Verificación resistencia al corte por punzonamiento
 - Verificación resistencia a flexión
- La planilla permite analizar diferentes combinaciones de carga simultáneamente.
- El diseño de las fundaciones se realiza en base a ACI318-05 y NCh2369 Of.2003.

2. DATOS DE ENTRADA

- Geometría:



$L_f := 1.5\text{m}$	Largo de fundación
$B_f := 1.5\text{m}$	Ancho de fundación
$H_f := 1.2\text{m}$	Altura de fundación
$D_f := 1.2\text{m}$	Profundidad sello de fundación
$L_p := 0\text{m}$	Largo pedestal
$B_p := 0\text{m}$	Ancho pedestal
$H_p := 0\text{m}$	Altura de pedestal sobre nivel de terreno
$\text{rec} := 5\text{cm}$	Recubrimiento
$d := H_f - \text{rec}$	Altura útil zapata

• **Propiedades de los materiales:**

$$\gamma_c := 2.5 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso específico hormigón armado}$$

$$f_c := 250 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia cilíndrica H30}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Tensión de fluencia A630-420H}$$

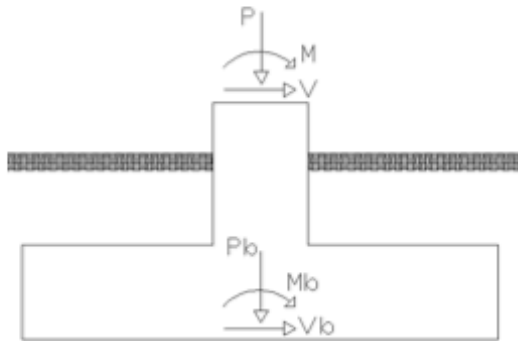
• **Propiedades suelo de fundación**

$$\phi_s := 30^\circ \quad \text{Angulo de fricción suelo}$$

$$\gamma_s := 2 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso específico del relleno sobre la zapata}$$

$$\sigma_{\text{adm}} := 8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Presión de contacto admisible normal}$$

• **Esfuerzos provenientes de la columna (sin mayorar) :**



A continuación se debe ingresar los esfuerzos sin mayorar provenientes de las columnas para todas las combinaciones que se desee analizar: D+S

$$M := 589.3 \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$P := 36.896 \text{tonnef}$$

$$V := 3.617 \text{tonnef}$$

$$\text{Cond} := \text{"N"}$$



Esfuerzos en la base de la zapata:

$$M_b := M + V \cdot (D_f + H_p)$$

$$P_b := P + [L_f \cdot B_f \cdot H_f + L_p \cdot B_p \cdot (H_p + D_f - H_f)] \cdot \gamma_c + (L_f \cdot B_f - L_p \cdot B_p) \cdot (D_f - H_f) \cdot \gamma_s$$

$$M_b = 4.9 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$$

$$P_b = 43.6 \cdot \text{tonf}$$

	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.	 PORTUARIA CORRAL S.A.	Páginas		
			11	de	21

- Esfuerzos provenientes de la columna (mayorados):**

A continuación se debe ingresar los esfuerzos mayorados provenientes de las columnas para todas las combinaciones que se desee analizar: 1.2D+1.6S+L

$$M_u := 3.147 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad P_u := 14.672 \cdot \text{tonnef} \quad V_u := 0.042 \cdot \text{tonnef}$$

Esfuerzos en la base de la zapata:

$$M_{bu} := M_u + V_u \cdot (D_f + H_p)$$

$$P_{bu} := P_u + 1.2 [L_f \cdot B_f \cdot H_f + L_p \cdot B_p \cdot (H_p + D_f - H_f)] \cdot \gamma_c + 1.2 (L_f \cdot B_f - L_p \cdot B_p) \cdot (D_f - H_f) \cdot \gamma_s$$

$$M_{bu} = 0.4 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m} \quad P_{bu} = 22.8 \cdot \text{tonf}$$

3. ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$F_{res} := \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi_s\right) \cdot P_b \quad \text{Fuerza resistente}$$

$$F_{sol} := |\vec{V}| \quad \text{Fuerza solicitante}$$

$$FS_d := \frac{F_{res}}{F_{sol}} \quad \text{Factor de seguridad al deslizamiento}$$

$$FS_{cd} := \begin{cases} 1.5 & \text{if Cond} = \text{"N"} \\ 1.3 & \text{if Cond} = \text{"E"} \\ \text{"ERROR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_estabilidad_deslizamiento} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } FS_d \geq FS_{cd} \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_estabilidad_deslizamiento} = \text{"CUMPLE"}$$

4. ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO

$$M_{res} := P_b \cdot \frac{L_f}{2}$$

Momento resistente

$$M_{sol} := M_b$$

Momento solicitante

$$FS_v := \frac{M_{res}}{M_{sol}} = 6.6$$

Factor de seguridad al volcamiento

$$FS_{cv} := \begin{cases} 3 & \text{if Cond} = \text{"N"} \\ 2 & \text{if Cond} = \text{"E"} \\ \text{"ERROR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_estabilidad_volcamiento} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } FS_v \geq FS_{cv} \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_estabilidad_volcamiento} = \text{"CUMPLE"}$$

5. PRESIONES DE CONTACTO

$$e_x := \frac{M_b}{P_b}$$

Excentricidad

Presión de contacto máxima

$$\sigma_{max} := \begin{cases} \left[\frac{P_b}{B_f \cdot L_f} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e_x}{L_f} \right) \right] & \text{if } e_x \leq \frac{L_f}{6} \\ \frac{2 \cdot P_b}{3 \cdot B_f \cdot \left(\frac{L_f}{2} - e_x \right)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Presión de contacto mínima

$$\sigma_{min} := \begin{cases} \left[\frac{P_b}{B_f \cdot L_f} \cdot \left(1 - 6 \cdot \frac{e_x}{L_f} \right) \right] & \text{if } e_x \leq \frac{L_f}{6} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_presiones_contacto} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } \sigma_{max} \leq \sigma_{adm} \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{min} = 10.6 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{max} = 28.2 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

Verificacion_presiones_contacto = "CUMPLE"

$$\%_{\text{comp_adm}} := \begin{cases} 100 & \text{if Cond} = \text{"N"} \\ 80 & \text{if Cond} = \text{"E"} \\ \text{"ERROR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion_}\%_{\text{Area_comprimida}} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } \%_{\text{comp}} \geq \%_{\text{comp_adm}} \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\%_{\text{comp}} = 100.0 \quad \text{Verificacion_}\%_{\text{Area_comprimida}} = \text{"CUMPLE"}$$

6. PRESIONES DE CONTACTO PARA EL DISEÑO (CARGAS MAYORADAS)

$$e_u := \frac{M_{bu}}{P_{bu}} \quad \text{Excentricidad}$$

$$\sigma_{u\text{max}} := \begin{cases} \left[\frac{P_{bu}}{B_f \cdot L_f} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e_u}{L_f} \right) \right] & \text{if } e_u \leq \frac{L_f}{6} \\ \frac{2 \cdot P_{bu}}{3 \cdot B_f \cdot \left(\frac{L_f}{2} - e_u \right)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Presión de contacto máxima}$$

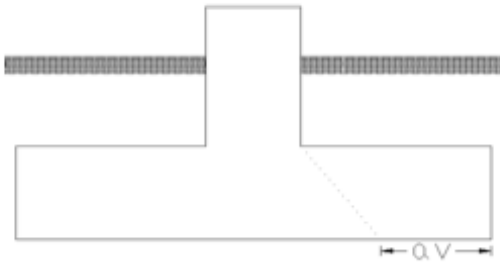
$$\sigma_{u\text{min}} := \begin{cases} \left[\frac{P_{bu}}{B_f \cdot L_f} \cdot \left(1 - 6 \cdot \frac{e_u}{L_f} \right) \right] & \text{if } e_u \leq \frac{L_f}{6} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Presión de contacto mínima}$$

$$L_c := \begin{cases} L_f & \text{if } e_u \leq \frac{L_f}{6} \\ \left[3 \cdot \left(\frac{L_f}{2} - e_u \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Longitud suelo comprimido bajo zapata}$$

$$e_u = 0 \text{ m} \quad \sigma_{u\text{max}} = 10.8 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \quad \sigma_{u\text{min}} = 9.5 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \quad L_c = 1.5 \text{ m}$$

$$\sigma_u(x) := \sigma_{u\text{max}} - \frac{\sigma_{u\text{max}} - \sigma_{u\text{min}}}{L_c} \cdot x \quad \text{Función que permite calcular la presión de contacto en cualquier punto bajo la zapata.}$$

7. RESISTENCIA AL CORTE



• Esfuerzo de corte

$$a_v := \frac{L_f}{2} - \frac{L_p}{2} - d = -0.4 \text{ m}$$

Longitud entre el punto que se encuentra a una distancia d de la cara del pedestal y el borde de la zapata.

$$V_{uz} := \begin{cases} \frac{\sigma_u(0) + \sigma_u(a_v)}{2} \cdot a_v \cdot B_f - 1.2 \cdot \gamma_c \cdot H_f \cdot a_v \cdot B_f - 1.2 \cdot \gamma_s \cdot (D_f - H_f) \cdot a_v \cdot B_f & \text{if } L_c \geq a_v \\ \frac{\sigma_{u\max}}{2} \cdot L_c \cdot B_f - 1.2 \cdot \gamma_c \cdot H_f \cdot a_v \cdot B_f - 1.2 \cdot \gamma_s \cdot (D_f - H_f) \cdot a_v \cdot B_f & \text{if } L_c < a_v \end{cases}$$

$$V_{uz} = -4.4 \cdot \text{tonf}$$

$$V_{uz\max} := \max(V_{uz}) \quad \text{Esfuerzo de corte máximo en la zapata}$$

$$V_{uz\max} = -4.4 \cdot \text{tonf}$$

• Resistencia nominal al corte

$$\phi_c := 0.75$$

$$V_c := 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \sqrt{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot d \cdot B_f = 144.6 \cdot \text{tonf}$$

Resistencia nominal al corte

Factor de utilización al corte

$$FU_{v1} := \frac{V_{uz\max}}{\phi_c \cdot V_c} = -0.04$$

$$V_{uz} = -4.4 \text{ tonf}$$

$$V_{uzmax} := \max(V_{uz}) \quad \text{Esfuerzo de corte máximo en la zapata}$$

$$V_{uzmax} = -4.4 \text{ tonf}$$

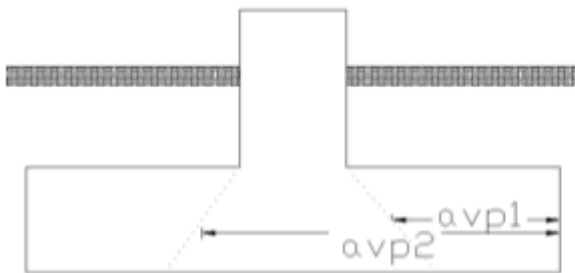
• **Resistencia nominal al corte**

$$\phi_c := 0.75$$

$$V_c := 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \sqrt{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot d \cdot B_f = 144.6 \text{ tonf} \quad \text{Resistencia nominal al corte}$$

$$\text{Factor de utilización al corte} \quad FU_{v1} := \frac{V_{uzmax}}{\phi_c \cdot V_c} = -0.04$$

8. RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO



• **Esfuerzo de corte por punzonamiento**

$$a_{vp1} := \frac{L_f}{2} - \frac{L_p}{2} - \frac{d}{2}$$

$$a_{vp2} := \frac{L_f}{2} + \frac{L_p}{2} + \frac{d}{2}$$

$$A_0 := (L_p + d) \cdot (B_p + d) = 1.3 \text{ m}^2$$

Area al interior del perimetro de punzonamiento

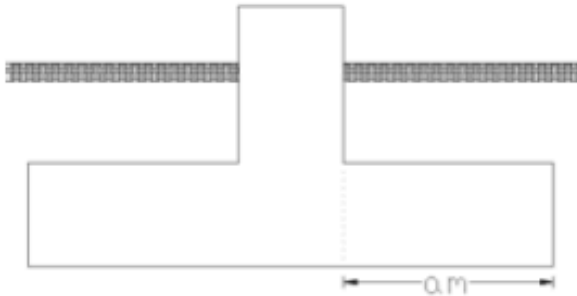
$$P_{dd} := [\gamma_c \cdot H_f + \gamma_s \cdot (D_f - H_f)] \cdot (L_f \cdot B_f - A_0) = 2.8 \text{ tonf}$$

$$V_{uzp} := \begin{cases} \frac{\sigma_{umax} + \sigma_{umin}}{2} \cdot L_c \cdot B_f - \frac{\sigma_u(a_{vp1}) + \sigma_u(a_{vp2})}{2} \cdot (a_{vp2} - a_{vp1}) \cdot (B_p + d) - 1.2 \cdot P_{dd} & \text{if } L_c > a_{vp2} \\ \frac{\sigma_{umax} + \sigma_{umin}}{2} \cdot L_c \cdot B_f - \frac{\sigma_u(a_{vp1})}{2} \cdot (L_c - a_{vp1}) \cdot (B_p + d) - 1.2 \cdot P_{dd} & \text{if } a_{vp1} < L_c \leq a_{vp2} \\ \frac{\sigma_{umax} + \sigma_{umin}}{2} \cdot L_c \cdot B_f - 1.2 \cdot P_{dd} & \text{if } L_c \leq a_{vp1} \end{cases}$$

$V_{uzp} = 6 \cdot \text{tonf}$ Esfuerzos de corte por punzonamiento en la zapata para todas las combinaciones.

$V_{uzpmax} := \max(V_{uzp})$ Esfuerzo de corte por punzonamiento máximo $V_{uzpmax} = 6 \cdot \text{tonf}$

9. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



• Esfuerzo a flexión en la zapata

$$a_m := \frac{L_f}{2} - \frac{L_p}{2} = 0.8 \text{ m}$$

Distancia entre la cara del pedestal y el borde de la zapata

$$M_{uz} := B_f \int_0^{a_m} \sigma_u(x) \cdot (a_m - x) dx - 1.2 \cdot \gamma_c \cdot H_f \cdot a_m \cdot B_f \cdot \frac{a_m}{2} - 1.2 \cdot \gamma_s \cdot (D_f - H_f) \cdot a_m \cdot B_f \cdot \frac{a_m}{2}$$
 Esfuerzo a flexión en la zapata

$M_{uz} = 2.9 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$ $M_{uzmax} := \max(M_{uz}) = 2.9 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$ Esfuerzo máximo a flexión entre todas las combinaciones de carga.

• Cálculo resistencia nominal

$$\phi := 0.9$$

Factor de reducción de resistencia

Se requiere resolver la siguiente ecuación cuadrática:

Given

$$\rho := 0.001$$

Punto de partida para la resolución de la ecuación.

$$M_{uzmax} = \phi \cdot \rho \cdot f_y \cdot B_f \cdot d^2 \left(1 - 0.59 \frac{f_y}{f_c} \rho \right)$$

Ecuación cuadrática a resolver

$$\rho_{req} := \text{Find}(\rho) = 3.9178 \times 10^{-5}$$



Cuantía requerida

$$A_{sreq} := \rho_{req} \cdot d = 0.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Armadura requerida

$$A_{smin} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{f_y} \cdot d = 38.3 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Armadura mínima a flexión

	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.	 PORTUARIA CORRAL S.A.	Páginas		
			17	de	21

$$A_s := 3.93 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Considerando
 $\phi 10 @ 20 = 3.93 \text{cm}^2/\text{m}$

$$\text{Verificacion_armadura_minima} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } A_s \geq A_{s\text{min}} \vee A_s \geq \frac{4}{3} \cdot A_{s\text{req}} \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Verificacion_armadura_minima = "CUMPLE"

$$c_b := \frac{f_y \cdot A_s}{0.85 \cdot f_c \cdot 0.85} = 0 \text{ m}$$

Posición eje neutro

$$\text{Deformación unitaria en acero traccionado} \quad \epsilon_s := 0.003 \cdot \frac{d - c_b}{c_b} = 0.4$$

$$\text{Verificacion_ductilidad} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } \epsilon_s \geq 0.005 \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\rho_s := \frac{A_s}{d} = 0.00034$$

Cuantía armadura inferior

$$\rho_{\text{sup}} := \rho$$

Cuantía armadura superior

$$\rho_{\text{retraccion}} := 0.0018$$

Cuantía mínima a retracción



$$\text{Verificacion_armadura_retraccion} := \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } \rho + \rho_{\text{sup}} > 0.0018 \\ \text{"ERROR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Verificacion_armadura_retraccion = "ERROR"

$$M_n := \rho \cdot f_y \cdot B_f \cdot d^2 \left(1 - 0.59 \frac{f_y}{f_c} \rho \right) = 28.38 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$$

Resistencia Nominal

$$\text{Factor de utilización} \quad \text{FU}_m := \frac{M_{\text{uzmax}}}{\phi \cdot M_n} = 0.11$$

	Memoria de Cálculo Pantalla Acústica / Cancha Amargos Puerto Corral.	 PORTUARIA CORRAL S.A.	Páginas		
			18	de	21

10. RESUMEN DE RESULTADOS

Estabilidad al deslizamiento:	Verificacion_estabilidad_deslizamiento = "CUMPLE"	
Estabilidad al volcamiento:	Verificacion_estabilidad_volcamiento = "CUMPLE"	
Presiones de contacto:	$\max(\sigma_{\max}) = 28.2 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$	$< \sigma_{\text{adm}} = 80 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$
% Area comprimida:	Verificacion_%Area_comprimida = "CUMPLE"	
Resistencia al corte:	$\phi_c \cdot V_c = 108.4 \cdot \text{tonf}$	$> V_{\text{uzmax}} = -4.4 \cdot \text{tonf}$
Resistencia a flexión:	$\phi \cdot M_n = 25.5 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$	$> M_{\text{uzmax}} = 2.9 \cdot \text{tonf} \cdot \text{m}$
Armadura mínima a flexión:	$A_s = 3.9 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$	$> \min\left(\frac{4}{3} \cdot A_{s\text{req}}, A_{s\text{min}}\right) = 0.6 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$
Deformación unitaria mínima acero en tracción:	$\epsilon_s = 0.375$	> 0.005

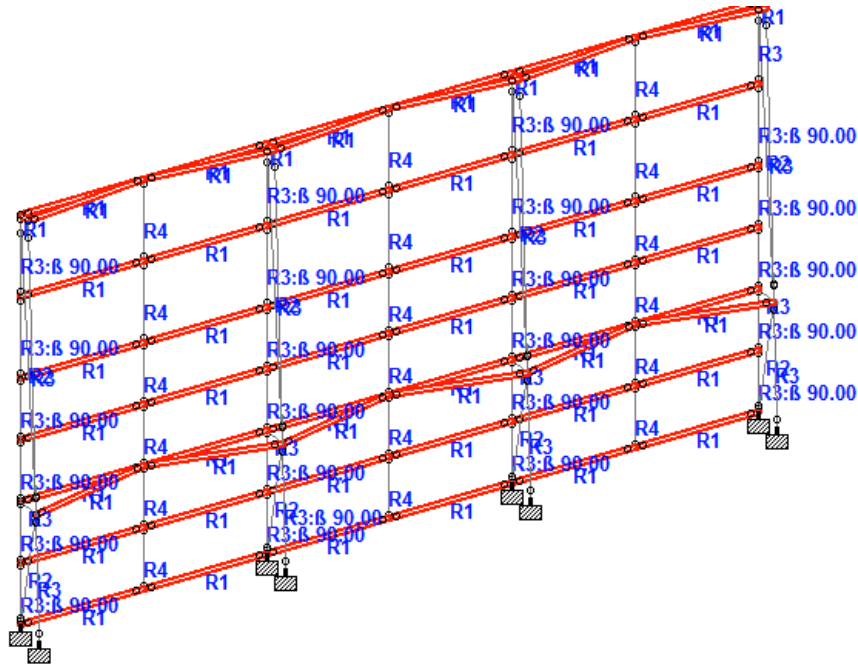
6. CONCLUSIONES:

- La totalidad de los elementos cumplen con las solicitaciones de carga de la Normativa Chilena, con Factores de Utilización $FU \leq 1$.
- La combinación de carga que domina el diseño estructural para esfuerzos en LC2500: $1.2DL+1.6(LL+LO)+1.6WL+0.5(Lr+S)+1.2T$
- Combinaciones de Carga utilizadas corresponden al Método de Factores de carga y Resistencia LRFD.
- Estructura compuesta por perfiles abiertos tipo IN, C.
- Peso Estructura total 5,8ton.

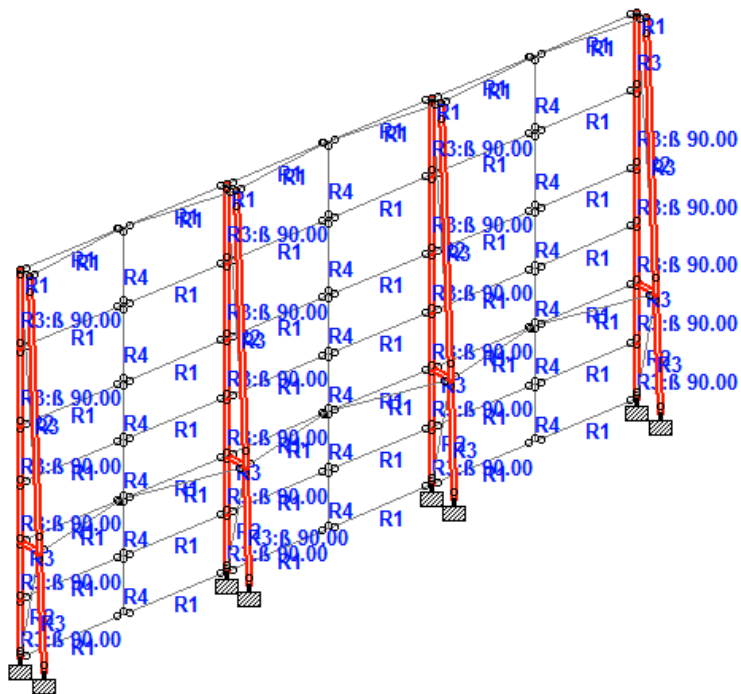
ANEXO A –PERFILES

Definición de Perfiles en Modelo Staad Pro8.1, indicados en color Rojo

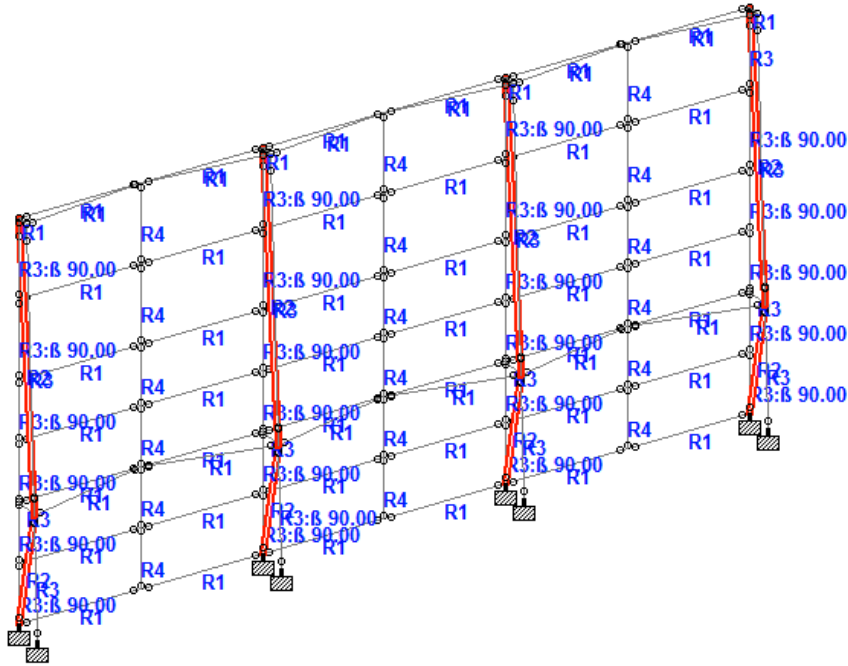
PERFIL IN20x16.8



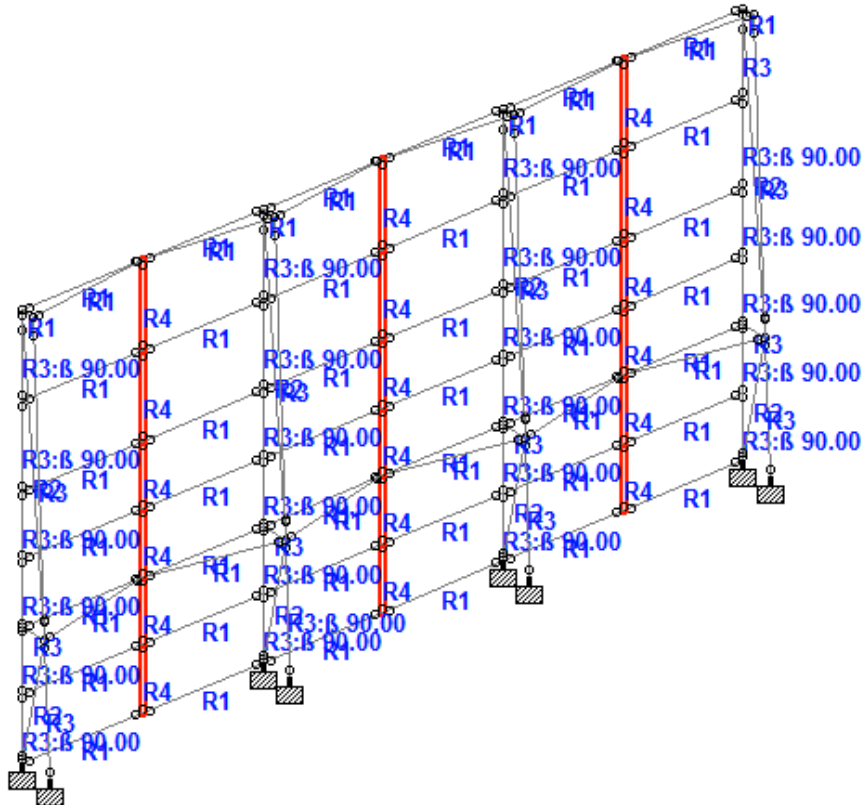
PERFIL IN30x32.2



PERFIL C10x4.48



PERFIL C15x6.55



ANEXO B_ACCIÓN DEL VIENTO

La acción del viento sobre la estructura se determinará de acuerdo a lo indicado en la Norma NCh 432 Of 71. Tabla 1, para la condición " Campo Abierto".

$$\text{Nivel_base} := 0\text{m}$$

$$\text{Nivel_superior} := H \quad H := 10.2\text{m}$$

Carga Basica del Viento Segun H - Tabla N1 - NCh 432

$$\text{Altura} := \begin{pmatrix} 0 \\ 4 \\ 7 \\ 10 \\ 15 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \end{pmatrix} \cdot \text{m} \quad \text{Presión} := \begin{pmatrix} 70 \\ 70 \\ 95 \\ 106 \\ 118 \\ 126 \\ 137 \\ 145 \\ 151 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Interpolando a la altura H, se obtiene

$$P_{\text{base}} := 108.4 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Presión básica del Viento en el nivel basal de la columna}$$

$$\text{FF_Barlovento} := 0.8$$

$$\text{FF_Sotavento} := 0.4$$

$$\text{FF_Presión_Succión} := 1.2$$

$$W := \text{FF_Presión_Succión} \cdot P_{\text{base}} = 130.08 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Los valores de las Presiones y succiones serán considerados proporcionales a la magnitud denominada "presión Basica del Viento"

$$u := 165 \frac{\text{km}}{\text{hr}} = 45.833 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad u : \text{velocidad máxima del viento , en m/s}$$

$$q := \frac{u^2}{16} = 131.293 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad q : \text{Es la presión básica, en kgf/m}^2$$