DISEÑO ESTRUCTURAL

ANÁLISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES SOLARES EN LA VEREDA LLANO LINDO

OBJETO: ESTUDIO Y DISEÑO DE RECONVERSIÓN ENERGETICA PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE LOS POZOS PROFUNDOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE LAS VEREDAS RURALES DE AGUAZUL CASANARE

PRESENTADO POR:

ABEL HELIT ALVARADO NÚÑEZ
INGENIERO CIVIL - ESP. EN ING. DE ESTRUCTURAS

AVALADO POR:

WILFRAN GUTIERREZ TORRES
INGENIERO CIVIL - ESP. EN ESTRUCTURAS

AGUAZUL - CASANARE
MAYO DE 2026

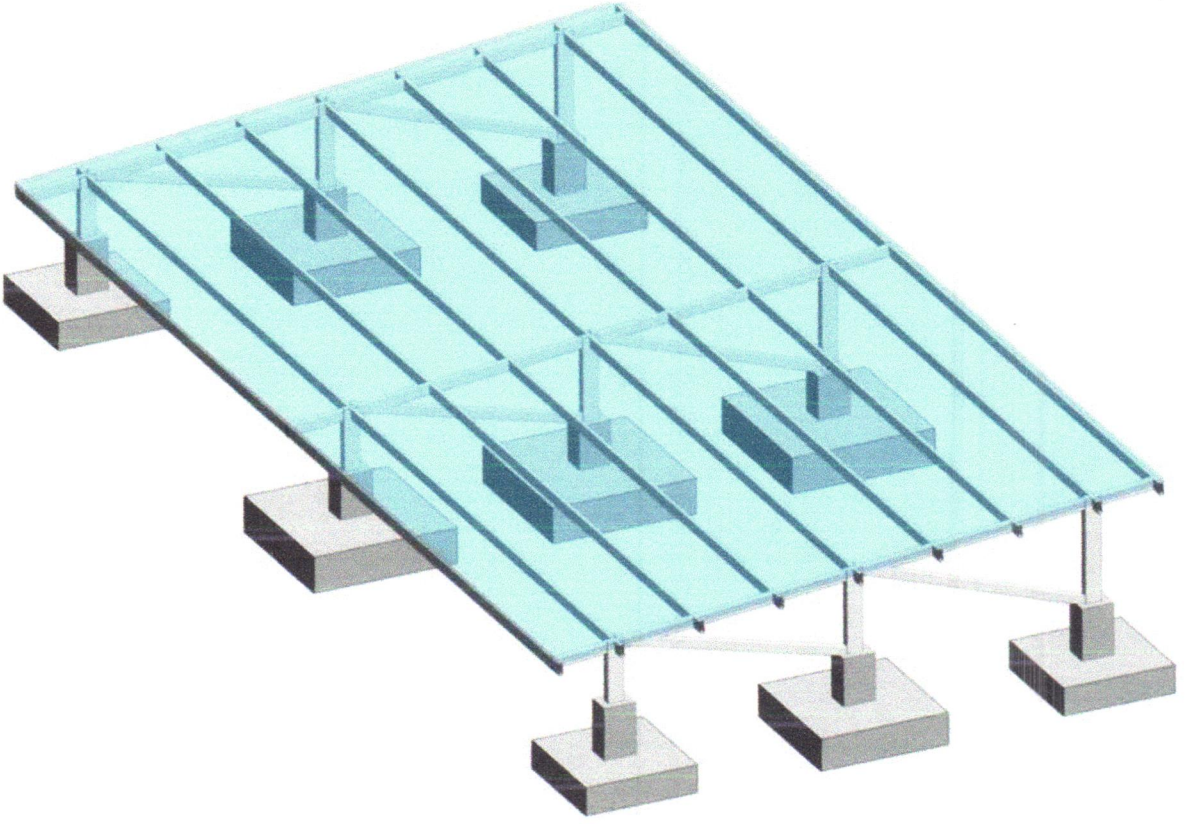


Tabla de contenido

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 4
1.1. Alcance y Enfoque del Diseño 4
2. NORMAS CONSIDERADAS 4
3. LOCALIZACIÓN 5
4. EVALUACIÓN DE CARGAS 5
4.1. Cargas muertas en cubierta 5
4.2. Cargas vivas en cubierta 5
5. SISMO 6
5.1. Espectro elástico de aceleraciones 6
5.1.1. Espectro de diseño de aceleraciones 7
5.1.2. Coeficientes de participación 8
5.1.3. Corrección por cortante basal 10
6. HIPÓTESIS DE CARGA 12
6.1. Listado de cargas 15
6.1.1. Barras 15
7. ESTADOS LÍMITE 20
7.1. Situaciones de proyecto 20
7.2. Coeficientes parciales de seguridad (□) y coeficientes de combinación (□) 20
8. ESTRUCTURA 24
8.1. Nudos 24
8.1.1. Nudos del Modelo Estructural 25
8.2. Barras 26
8.2.1. Materiales utilizados 26
8.2.2. Características mecánicas 29
8.2.3. Resistencia 30
9. UNIONES 34
9.1. Unión Placa base 34
9.2. Unión soldada tipo 1 36
9.3. Unión soldada tipo 2 38
9.4. Consideraciones sísmicas para cubiertas metálicas 40
10. CIMENTACIÓN 41
10.1. Zapatas aisladas 41
10.1.1. Descripción 41
10.1.2. Comprobación 41
10.2. Pedestales 45
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente memoria contiene el cálculo estructural de la **ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA PANELES SOLARES** para la vereda Llano Lindo, dentro del proyecto que tiene por objeto **"ESTUDIO Y DISEÑO DE RECONVERSIÓN ENERGETICA PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE LOS POZOS PROFUNDOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE LAS VEREDAS RURALES DE AGUAZUL CASANARE,** el cual consiste en una estructura de soporte, destinada para uso rural doméstico.

El sistema estructural corresponde a una estructura metálica liviana configurada mediante cerchas en perfiles apoyadas sobre columnas y estabilizada mediante arriostramientos diagonales, clasificada conforme a la NSR-10 (Título F) como un sistema con arriostramiento concéntrico. En este tipo de sistema, la resistencia frente a cargas laterales se desarrolla principalmente a través de esfuerzos axiales en los elementos de arriostramiento, mientras que las conexiones pueden idealizarse como articuladas. Las cerchas transmiten las cargas gravitacionales hacia los apoyos, las correas distribuyen las cargas de cubierta, y las columnas conducen las cargas hacia la cimentación. La estabilidad global del sistema se garantiza mediante la triangulación estructural y la adecuada disposición de los arriostramientos, conforme a los criterios de diseño por resistencia establecidos en el Título F de la NSR-10. Estos elementos están contemplados por elementos en acero conformado, con Capacidad Especial de Disipación de Energía (DES).

1.1. Alcance y Enfoque del Diseño

El alcance de esta memoria incluye:

Definición y evaluación de cargas aplicables: muertas, vivas, viento y sismo.

Modelación estructural mediante CYPE 3D con análisis dinámico espectral.

Obtención de esfuerzos internos en los elementos.

Diseño y verificación de:

- ✓ Elementos metálicos de cubierta
- ✓ Conexiones críticas
- ✓ Placas base

Importante:

En una estructura metálica liviana conformada por cerchas en perfiles, correas y arriostramientos metálicos, la acción sísmica tiene un efecto limitado debido a la baja masa del sistema y a la ausencia de componentes arquitectónicos susceptibles a deformaciones laterales. Por tal motivo, el análisis sísmico se utiliza únicamente para obtener esfuerzos globales y verificar la estabilidad estructural, mientras que el diseño queda gobernado principalmente por las cargas gravitacionales y la acción del viento, que constituye la demanda predominante en este tipo de estructuras de soporte.

2. NORMAS CONSIDERADAS

NSR-10 – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente:

- **Título A:** Requisitos generales
- **Título B:** Cargas
- **Título F:** Estructuras metálicas

    - ✓ Aceros conformados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Categoría de uso: Cubiertas

El análisis y dimensionamiento de los perfiles metálicos se realiza acorde con las especificaciones de diseño LRFD / ASD incluidas dentro del módulo de CYPE 3D, basadas en AISC.

3. LOCALIZACIÓN

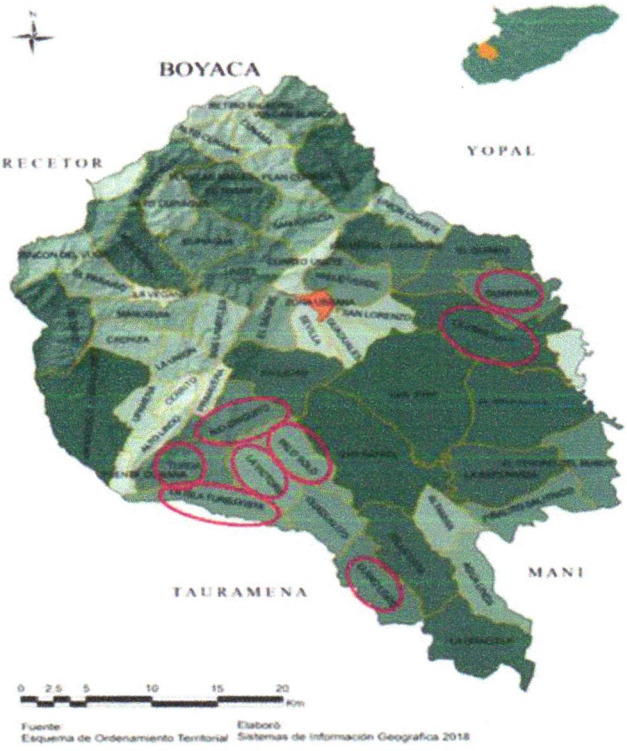


Figura 1. Localización general del proyecto – Aguzul Casanare
Fuente: Google Maps

4. EVALUACIÓN DE CARGAS

4.1. Cargas muertas en cubierta

Elemento	Peso Elemento (t/m²)	Área de piso (m²)	Peso (t)
Panel solar	0.013	106.40	1.38
Instalaciones	0.02	106.40	2.13
Correas metálicas	0.01	106.40	1.06
Accesorios	0.015	106.40	1.60
Desperdicio 5%			0.30
		Total	**6.48**

Cuantía 0.06 t/m²

4.2. Cargas vivas en cubierta

Las cargas vivas de acuerdo con lo referido en la Tabla B.4.2.1-2 corresponde a 0.05 t/m2.

Cuantía 0.05 t/m²

Tabla B.4.2.1-2
Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	*Carga uniforme* (kN/m²) *m² de área en planta*	*Carga uniforme* (kgf/m²) *m² de área en planta*
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

Nota-1 — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

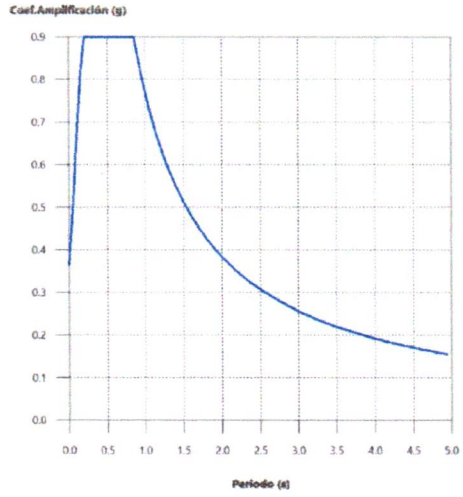
5. SISMO

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

5.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.900 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_a** : *0.30* g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_v** : *0.20* g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3) — **F_a** : *1.20*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) — **Suelo** : *E*

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_a** : *0.30* g

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4) — **F_v** : *3.20*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) **Suelo** : *E*

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) **A_v** : *0.20* g

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) **I** : *1.00*

Tipo de edificación: I

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1) **T_c** : *0.85* s

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1) **T_l** : *7.68* s

T_0: Periodo de inicio de la zona de aceleraciones constantes (NSR-10, A.2.6.1) **T_0** : *0.18* s

5.1.1. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_X: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{XI}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{XI}** : *4.72*

R_{YI}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{YI}** : *4.72*

Donde:

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{0X}** : *6.30*

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) **R_{0Y}** : *6.30*

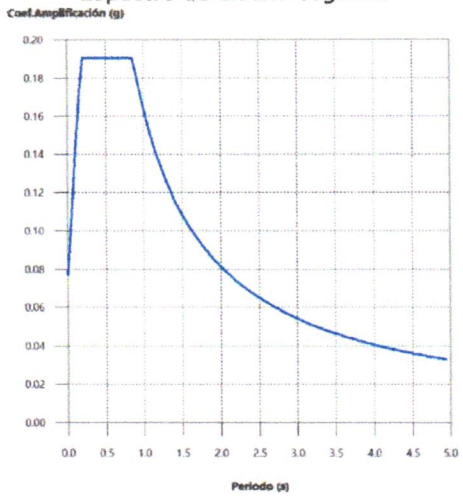
Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) **Φ_a** : *1.00*

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) **Φ_p** : *1.00*

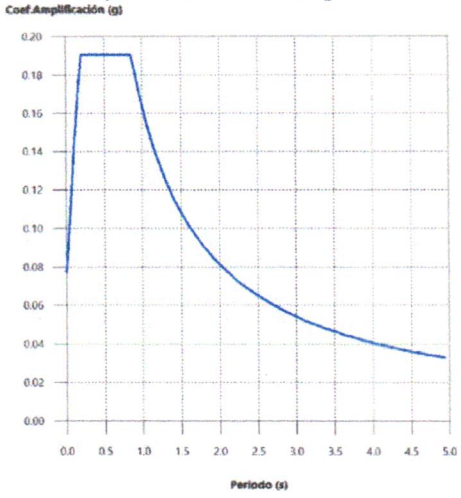
Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rX}** : *0.75*

Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rY}** : *0.75*

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



5.1.2. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.108	0	1	0 %	56.52 %	R = 4.73 A = 1.429 m/s² D = 0.42269 mm	R = 4.73 A = 1.869 m/s² D = 0.55273 mm
Modo 2	0.085	0	1	0 %	25.86 %	R = 4.73 A = 1.285 m/s² D = 0.23630 mm	R = 4.73 A = 1.285 m/s² D = 0.23630 mm
Modo 3	0.074	0.0001	1	0 %	3.15 %	R = 4.73 A = 1.214 m/s² D = 0.16802 mm	R = 4.73 A = 1.214 m/s² D = 0.16802 mm
Modo 4	0.056	0.0001	1	0 %	11.87 %	R = 4.73 A = 1.099 m/s² D = 0.08627 mm	R = 4.73 A = 1.099 m/s² D = 0.08627 mm
Modo 5	0.043	0.0072	1	0 %	0.45 %	R = 4.73 A = 1.018 m/s² D = 0.04747 mm	R = 4.73 A = 1.018 m/s² D = 0.04747 mm
Modo 6	0.042	1	0.0003	15.8 %	0 %	R = 4.73 A = 1.015 m/s² D = 0.04616 mm	R = 4.73 A = 1.015 m/s² D = 0.04616 mm
Modo 7	0.039	1	0.0002	26.86 %	0 %	R = 4.73 A = 1.860 m/s² D = 0.06656 mm	R = 4.73 A = 0.981 m/s² D = 0.03505 mm
Modo 8	0.033	1	0.0005	0.08 %	0 %	R = 4.73 A = 0.957 m/s² D = 0.0268 mm	R = 4.73 A = 0.957 m/s² D = 0.0268 mm
Modo 9	0.033	0.0538	0.9986	0 %	0.03 %	R = 4.73 A = 0.953 m/s² D = 0.02567 mm	R = 4.73 A = 0.953 m/s² D = 0.02567 mm
Modo 10	0.031	1	0.0016	1.64 %	0 %	R = 4.73 A = 0.943 m/s² D = 0.02295 mm	R = 4.73 A = 0.943 m/s² D = 0.02295 mm
Modo 11	0.031	1	0.0004	10.56 %	0 %	R = 4.73 A = 0.942 m/s² D = 0.02271 mm	R = 4.73 A = 0.942 m/s² D = 0.02271 mm
Modo 12	0.027	1	0.0016	7.81 %	0 %	R = 4.73 A = 0.919 m/s² D = 0.01725 mm	R = 4.73 A = 0.919 m/s² D = 0.01725 mm

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 13	0.027	1	0.0009	18.03 %	0 %	R = 4.73 A = 0.918 m/s² D = 0.01711 mm	R = 4.73 A = 0.918 m/s² D = 0.01711 mm
Modo 14	0.024	0.2765	0.961	0 %	0 %	R = 4.73 A = 0.901 m/s² D = 0.01345 mm	R = 4.73 A = 0.901 m/s² D = 0.01345 mm
Modo 15	0.024	0.9985	0.0542	0.04 %	0 %	R = 4.73 A = 0.9 m/s² D = 0.01331 mm	R = 4.73 A = 0.9 m/s² D = 0.01331 mm
Modo 16	0.023	0.002	1	0 %	0.67 %	R = 4.73 A = 0.89 m/s² D = 0.01156 mm	R = 4.73 A = 0.89 m/s² D = 0.01156 mm
Modo 17	0.021	1	0.0002	8.99 %	0 %	R = 4.73 A = 0.88 m/s² D = 0.00992 mm	R = 4.73 A = 0.88 m/s² D = 0.00992 mm
Modo 18	0.019	0.0164	0.9999	0 %	0.14 %	R = 4.73 A = 0.867 m/s² D = 0.00796 mm	R = 4.73 A = 0.867 m/s² D = 0.00796 mm
Modo 19	0.019	1	0.0002	0.63 %	0 %	R = 4.73 A = 0.865 m/s² D = 0.00756 mm	R = 4.73 A = 0.865 m/s² D = 0.00756 mm
Total				90.44 %	98.69 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

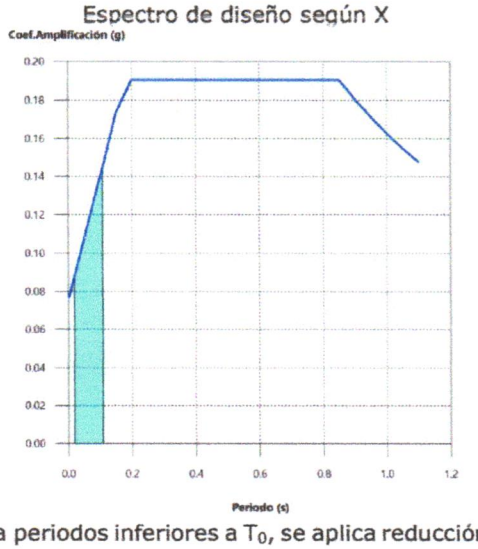
M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

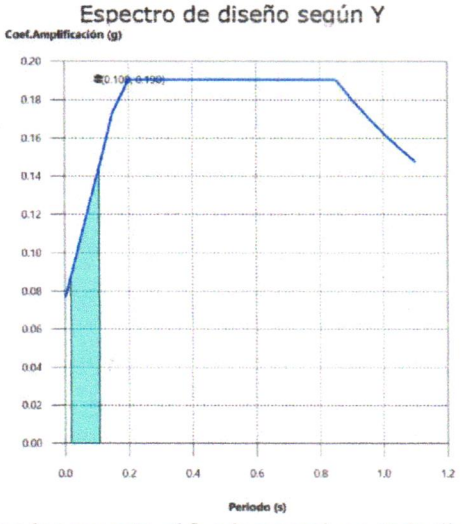
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales





Para periodos inferiores a T_0, se aplica reducción a todos los modos excepto al fundamental, en cada dirección de análisis.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.108	0.190

5.1.3. Corrección por cortante basal

5.1.3.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_{di}), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_X (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.0000	0.8528
	Modo 2	0.0000	
	Modo 3	0.0000	
	Modo 4	0.0000	
	Modo 5	0.0000	
	Modo 6	0.1934	
	Modo 7	0.6056	
	Modo 8	0.0009	
	Modo 9	0.0000	
	Modo 10	0.0187	
	Modo 11	0.1200	
	Modo 12	0.0866	
	Modo 13	0.1998	
	Modo 14	0.0000	
	Modo 15	0.0004	
	Modo 16	0.0000	
	Modo 17	0.0955	
	Modo 18	0.0000	
	Modo 19	0.0066	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	1.1769	1.2061
	Modo 2	0.3703	
	Modo 3	0.0426	
	Modo 4	0.1453	
	Modo 5	0.0051	
	Modo 6	0.0000	
	Modo 7	0.0000	
	Modo 8	0.0000	
	Modo 9	0.0003	
	Modo 10	0.0000	
	Modo 11	0.0000	
	Modo 12	0.0000	
	Modo 13	0.0000	
	Modo 14	0.0000	
	Modo 15	0.0000	
	Modo 16	0.0066	
	Modo 17	0.0000	
	Modo 18	0.0013	
	Modo 19	0.0000	

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

5.1.3.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1) — $V_{s,X}$: *1.498* t

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — $S_{d,X}(T_a)$: *0.137* g

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2) — $T_{a,X}$: *0.09* s

Tipología estructural (X): II

h: Altura del edificio — h : *1.40* m

$V_{s,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1) — $V_{s,Y}$: *1.498* t

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — $S_{d,Y}(T_a)$: *0.137* g

$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2) — $T_{a,Y}$: *0.09* s

Tipología estructural (Y): II

h: Altura del edificio — h : *1.40* m

W: Peso sísmico total de la estructura — W : *10.953* t

5.1.3.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

NSR-10 (A.5.4.5)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 0.8528 t ≥ 1.1985 t	1.41
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 1.3061 t ≥ 1.1985 t	N.P.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

6. HIPÓTESIS DE CARGA

PP	Peso propio
CM 1	CM 1
Q 1	Q 1
V 1	V 1
V 2	V 2
SX	Sismo X
SY	Sismo Y

▪ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
1	1.400	1.400					
2	1.200	1.200					
3	1.200	1.200	1.600				
4	1.200	1.200	1.600	0.500			
5	1.200	1.200	1.600		0.500		
6	1.200	1.200		1.000			
7	1.200	1.200	0.500	1.000			
8	1.200	1.200			1.000		
9	1.200	1.200	0.500		1.000		
10	1.200	1.200				-0.300	-1.000
11	1.200	1.200				0.300	-1.000
12	1.200	1.200				-1.000	-0.300
13	1.200	1.200				-1.000	0.300
14	1.200	1.200				0.300	1.000
15	1.200	1.200				-0.300	1.000
16	1.200	1.200				1.000	0.300
17	1.200	1.200				1.000	-0.300
18	0.900	0.900					
19	0.900	0.900		1.000			
20	0.900	0.900			1.000		
21	0.900	0.900				-0.300	-1.000
22	0.900	0.900				0.300	-1.000
23	0.900	0.900				-1.000	-0.300
24	0.900	0.900				-1.000	0.300
25	0.900	0.900				0.300	1.000
26	0.900	0.900				-0.300	1.000
27	0.900	0.900				1.000	0.300
28	0.900	0.900				1.000	-0.300

▪ E.L.U. de rotura. Acero conformado

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
1	1.400	1.400					
2	1.200	1.200					

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
3	1.200	1.200	1.600				
4	1.200	1.200	1.600	0.800			
5	1.200	1.200	1.600		0.800		
6	1.200	1.200		1.600			
7	1.200	1.200	0.500	1.600			
8	1.200	1.200			1.600		
9	1.200	1.200	0.500		1.600		
10	1.200	1.200				-0.300	-1.000
11	1.200	1.200				0.300	-1.000
12	1.200	1.200				-1.000	-0.300
13	1.200	1.200				-1.000	0.300
14	1.200	1.200				0.300	1.000
15	1.200	1.200				-0.300	1.000
16	1.200	1.200				1.000	0.300
17	1.200	1.200				1.000	0.300
18	0.900	0.900					
19	0.900	0.900		1.600			
20	0.900	0.900			1.600		
21	0.900	0.900				-0.300	-1.000
22	0.900	0.900				0.300	-1.000
23	0.900	0.900				-1.000	-0.300
24	0.900	0.900				-1.000	0.300
25	0.900	0.900				0.300	1.000
26	0.900	0.900				-0.300	1.000
27	0.900	0.900				1.000	0.300
28	0.900	0.900				1.000	-0.300

▪ Tensiones sobre el terreno

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
1	1.000	1.000					
2	1.000	1.000	1.000				
3	0.600	0.600					
4	1.000	0.600					
5	0.600	1.000					
6	0.600	0.600		1.000			
7	1.000	0.600		1.000			
8	0.600	1.000		1.000			
9	1.000	1.000		1.000			
10	0.600	0.600			1.000		
11	1.000	0.600			1.000		
12	0.600	1.000			1.000		
13	1.000	1.000			1.000		
14	0.600	0.600				-0.700	
15	1.000	0.600				-0.700	
16	0.600	1.000				-0.700	
17	1.000	1.000				-0.700	
18	0.600	0.600				0.700	

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
19	1.000	0.600				0.700	
20	0.600	1.000				0.700	
21	1.000	1.000				0.700	
22	0.600	0.600					-0.700
23	1.000	0.600					-0.700
24	0.600	1.000					0.700
25	1.000	1.000					-0.700
26	0.600	0.600					0.700
27	1.000	0.600					0.700
28	0.600	1.000					0.700
29	1.000	1.000					0.700
30	1.000	1.000	0.750	0.750			
31	1.000	1.000	0.750		0.750		
32	1.000	1.000	0.750			-0.525	
33	1.000	1.000	0.750			0.525	
34	1.000	1.000	0.750				-0.525
35	1.000	1.000	0.750				0.525
36	1.000	1.000		0.750		-0.525	
37	1.000	1.000			0.750	-0.525	
38	1.000	1.000		0.750		0.525	
39	1.000	1.000			0.750	0.525	
40	1.000	1.000		0.750			-0.525
41	1.000	1.000			0.750		-0.525
42	1.000	1.000		0.750			0.525
43	1.000	1.000			0.750		0.525

▪ Desplazamientos

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
1	1.400	1.400					
2	1.200	1.200					
3	1.200	1.200	1.600				
4	1.200	1.200	1.600	0.500			
5	1.200	1.200	1.600		0.500		
6	1.200	1.200		1.000			
7	1.200	1.200	0.500	1.000			
8	1.200	1.200			1.000		
9	1.200	1.200	0.500		1.000		
10	1.200	1.200				-1.000	
11	1.200	1.200				1.000	
12	1.200	1.200					-1.000
13	1.200	1.200					1.000
14	0.900	0.900					
15	0.900	0.900		1.000			
16	0.900	0.900			1.000		
17	0.900	0.900				-1.000	
18	0.900	0.900				1.000	

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	V 2	SX	SY
19	0.900	0.900					-1.000
20	0.900	0.900					1.000

6.1. Listado de cargas

6.1.1. Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: t
- Momentos puntuales: t·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Aplicación de Cargas en la estructura de soporte

Las cargas se asignaron al modelo estructural de acuerdo con los criterios establecidos en el Título B de la NSR-10, incluyendo peso propio, carga muerta, carga viva de mantenimiento, carga de equipos suspendidos, presión y succión del viento, y acción sísmica definida por el espectro de diseño correspondiente al emplazamiento.

La distribución de cargas sobre las cerchas, correas y demás elementos de la cubierta se realizó directamente en el software CYPE 3D, el cual genera automáticamente la asignación por barra, tramo, dirección y tipo de acción, en función de la geometría y discretización del modelo.

A continuación, se presenta un extracto representativo de la tabla de cargas aplicadas, suficiente para ilustrar la forma en que el modelo incorpora las acciones gravitacionales, de viento y sísmicas. Debido a la extensión total de la base de datos, únicamente se muestra una fracción pertinente para efectos de la memoria de cálculo. La tabla completa puede ser suministrada en caso de ser requerida por un revisor técnico.

Cargas en barras

Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N11/N15	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N79	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N79/N74	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N14	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N73	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N68	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N13	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N12	Peso propio	Uniforme	0.021				Globales	0.000	0.000	1.000
N4/N80	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N80/N13	Peso propio	Uniforme	0.018				Globales	0.000	0.000	1.000
N3/N81	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N81/N14	Peso propio	Uniforme	0.018				Globales	0.000	0.000	1.000
N1/N15	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N29	Peso propio	Uniforme	0.021				Globales	0.000	0.000	1.000
N29/N77	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N75	Peso propio	Uniforme	0.021				Globales	0.000	0.000	1.000
N75/N28	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N71	Peso propio	Uniforme	0.021				Globales	0.000	0.000	1.000
N71/N69	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N27	Peso propio	Uniforme	0.021				Globales	0.000	0.000	1.000
N27/N26	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N82	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N82/N27	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N83	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N83/N28	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N29	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N50	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N50/N78	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N78/N76	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N76/N49	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N72	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N72/N70	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N70/N48	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N47	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N84	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N84/N48	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N85	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N85/N49	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N68/N69	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N68/N69	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N68/N69	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N68/N69	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N69/N70	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N70	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N70	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N69/N70	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N70	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N70	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N69/N70	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N69/N70	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N69/N70	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N71/N72	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N71/N72	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N71/N72	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N71/N72	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N71/N72	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N71/N72	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N71/N72	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N71/N72	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N73/N71	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N71	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N71	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N71	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N71	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N71	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N73/N71	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N73/N71	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N73/N71	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N74/N75	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N75	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N75	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N75	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N75	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N75	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N74/N75	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N74/N75	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N75/N76	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N75/N76	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N75/N76	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N75/N76	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N75/N76	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N75/N76	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N75/N76	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N75/N76	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N75/N76	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N77/N78	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N78	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N78	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N78	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N78	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N77/N78	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N77/N78	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N77/N78	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N77/N78	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N79/N77	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras

Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N79/N77	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N79/N77	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N79/N77	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N79/N77	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N79/N77	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N79/N77	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N79/N77	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N79/N77	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N12/N26	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N26	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N26	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N26	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N12/N26	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N26/N47	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N47	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N47	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N47	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N26/N47	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N27/N48	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N48	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N48	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N48	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N48	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N48	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N27/N48	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N27/N48	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N27/N48	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N13/N27	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N27	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N27	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N27	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N27	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N27	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N13/N27	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N13/N27	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N13/N27	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N14/N28	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N28	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N28	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N28	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N28	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N28	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996
N14/N28	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N14/N28	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N14/N28	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N28/N49	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N49	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N49	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N49	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N49	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N49	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	0.000	0.996

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N28/N49	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N28/N49	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	-0.000	-0.996
N28/N49	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N29/N50	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N50	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N50	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N50	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N50	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N50	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N29/N50	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N29/N50	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N29/N50	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N15/N29	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N29	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N29	CM 1	Uniforme	0.007	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N29	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N29	Q 1	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N29	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	0.996
N15/N29	V 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N15/N29	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	0.996
N15/N29	V 2	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N11/N30	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N30	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N30	Q 1	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N30	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N11/N30	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	0.996
N30/N51	Peso propio	Uniforme	0.021	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N51	CM 1	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N51	Q 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N51	V 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	-0.092	-0.000	0.996
N30/N51	V 2	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.092	0.000	-0.996
N80/N14	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N81/N15	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N82/N28	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N83/N29	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N84/N49	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N85/N50	Peso propio	Uniforme	0.008	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Nota técnica:

La porción de tabla mostrada evidencia el criterio de asignación y la correcta aplicación de todas las cargas definidas por la NSR-10. La totalidad de la tabla contiene registros generados automáticamente para cada barra del modelo, lo cual no aporta valor adicional al análisis ni al entendimiento del comportamiento global de la cubierta metálica.

Las cargas presentadas constituyen una muestra suficiente para validar el criterio aplicado. Las combinaciones de carga, el análisis y el diseño final se efectuaron utilizando la base completa de datos generada por el software.

7. ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones Tensiones sobre el terreno	NSR-10
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-10 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Derivas

7.1. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Situaciones persistentes o transitorias**

- **Situaciones sísmicas**

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
A_E Acción sísmica
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica

7.2. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD)

2.3.2 - [1] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G) Sobrecarga (Q) Viento (Q)	1.400	1.400

2.3.2 - [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

2.3.2 - [2 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

2.3.2 - [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		

2.3.2 - [3 S, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		

2.3.2 - [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.800

2.3.2 - [3 S, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.800

2.3.2 - [4 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	1.600	1.600

2.3.2 - [4 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	1.600	1.600

2.3.2 - [5] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		
Sismo (E)	1.000	1.000

Notas:
Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

2.3.2 - [6] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.600

2.3.2 - [7] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

Notas:
Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Desplazamientos

(C.9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		

(C.9-2 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		

(C.9-3 S, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-3 S, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-4 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-5)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

(C.9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000

(C.9-7)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

8. ESTRUCTURA

8.1. Nudos

A partir del análisis dinámico:

- Los **desplazamientos laterales globales** son reducidos debido a la baja masa.
- La estructura no presenta indicios de inestabilidad según verificación P-Δ (factor = 1.00).
- Los esfuerzos críticos en la mayoría de los elementos están controlados por:
  - ✓ Carga viva de mantenimiento
  - ✓ Carga de equipos suspendidos
  - ✓ Succión del viento
  - ✓ Flexión combinada en pórticos
- La acción sísmica **no gobierna el diseño** en ningún elemento.

Referencias:

Δ_x, Δ_y, Δ_z: Desplazamientos prescritos en ejes globales.

θ_x, θ_y, θ_z: Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

8.1.1. Nudos del Modelo Estructural

La discretización del modelo estructural se realizó mediante la definición de nudos en coordenadas globales X, Y, Z, con sus respectivos grados de libertad de traslación y rotación. Cada nudo constituye el punto de conexión entre cerchas, correas, columnas y elementos arriostrados, permitiendo la correcta transmisión de esfuerzos dentro del sistema resistente por arriostramientos metálicos.

El software CYPE 3D genera automáticamente la numeración y posición de los nodos según la geometría de la cubierta, y asigna las condiciones de apoyo y vinculacion necesarias para representar adecuadamente el comportamiento estructural.

A continuación, se presenta un **extracto representativo** de la tabla de nudos utilizada en el modelo. Debido a la extensión total del listado, se incluye únicamente una fracción que permite ilustrar la forma en que se definieron las coordenadas y las vinculaciones del sistema. La tabla completa forma parte del archivo digital del modelo y puede ser suministrada si un revisor lo solicita.

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N3	3.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N4	6.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N5	6.000	6.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N6	6.000	13.600	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N11	-0.800	0.000	0.700	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	6.800	0.000	1.400	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	6.000	0.000	1.326	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N14	3.000	0.000	1.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	0.000	0.000	0.774	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N26	6.800	6.800	1.400	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N27	6.000	6.800	1.326	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N28	3.000	6.800	1.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N29	0.000	6.800	0.774	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N30	-0.800	6.800	0.700	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N31	3.000	6.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N32	0.000	6.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N47	6.800	13.600	1.400	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N48	6.000	13.600	1.326	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N49	3.000	13.600	1.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N50	0.000	13.600	0.774	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N51	-0.800	13.600	0.700	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N52	3.000	13.600	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N53	0.000	13.600	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N68	5.000	0.000	1.234	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N69	5.000	6.800	1.234	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N70	5.000	13.600	1.234	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N71	4.000	6.800	1.142	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N72	4.000	13.600	1.142	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N73	4.000	0.000	1.142	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N74	2.000	0.000	0.958	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N75	2.000	6.800	0.958	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N76	2.000	13.600	0.958	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N77	1.000	6.800	0.866	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N78	1.000	13.600	0.866	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N79	1.000	0.000	0.866	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N80	6.000	0.000	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado

Nudos											
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N81	3.000	0.000	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N82	6.000	6.800	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N83	3.000	6.800	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N84	6.000	13.600	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N85	3.000	13.600	0.100	-	-	-	-	-	-	Empotrado

Nota técnica:

La tabla anterior constituye una muestra suficiente para evidenciar la asignación de coordenadas y condiciones de apoyo en los nudos del modelo estructural. El listado completo involucra todos los puntos de articulación y conexión generados automáticamente por el software, los cuales permiten representar con precisión el sistema de cerchas, correas y arriostramientos metálicos.

Dada la naturaleza repetitiva y la extensión del listado total, no se incluye íntegramente en esta memoria, ya que no aporta información adicional para la interpretación del diseño. Sin embargo, **toda la información detallada permanece disponible** en el archivo digital original del modelo estructural.

8.2. Barras

8.2.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	α_t	γ
Tipo	Designación	(kp/cm²)		(kp/cm²)	(kp/cm²)	(m/m°C)	(t/m³)
Acero conformado	A572 50ksi	2069317.0	0.300	795891.2	3516.8	0.000012	7.850

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

8.2.1.2. Descripción de Barras

Los elementos estructurales de la cubierta se modelaron como barras metálicas pertenecientes a cerchas, correas y arriostramientos. Cada barra se definió con su material, perfil transversal, longitud, condición de extremos y parámetros de rigidez según los criterios del **Título F de la NSR-10** y la especificación **AISC 360-16** adoptada por el software CYPE 3D.

El programa genera automáticamente el listado completo de barras empleadas en el modelo, incluyendo longitud real, tipo de perfil, condiciones de deformabilidad y parametros de calculo asociados. Debido a la extensión del listado total, se presenta únicamente un **extracto representativo**, suficiente para ilustrar la configuración de elementos utilizados en la estructura.

La tabla completa de barras está disponible en el archivo digital del modelo estructural y puede ser suministrada si es requerida por un revisor técnico.

A continuación, se describen los elementos que conforman la estructura de cubierta:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero conformado	A572 50ksi	N11/N15	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.556	0.196	1.00	1.00		
		N15/N79	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.196	0.757	0.051	1.00	1.00	-	-
		N79/N74	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N74/N14	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.798	0.155	1.00	1.00	-	-
		N14/N73	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.155	0.798	0.051	1.00	1.00	-	-
		N73/N68	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N68/N13	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.852	0.101	1.00	1.00	-	-
		N13/N12	N11/N12	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.101	0.651	0.051	1.00	1.00	-	-
		N4/N80	N4/N13	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)		0.037	0.063	1.00	1.00		
		N80/N13	N4/N13	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.063	1.087	0.076	1.00	1.00	-	-
		N3/N81	N3/N14	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.038	0.062	1.00	1.00	-	-
		N81/N14	N3/N14	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.062	0.812	0.076	1.00	1.00	-	-
		N1/N15	N1/N15	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.698	0.076	1.00	1.00	-	-
		N30/N29	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.556	0.196	1.00	1.00	-	-
		N29/N77	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.196	0.757	0.051	1.00	1.00	-	-
		N77/N75	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N75/N28	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.798	0.155	1.00	1.00		
		N28/N71	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.155	0.798	0.051	1.00	1.00	-	-
		N71/N69	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N69/N27	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.852	0.101	1.00	1.00	-	-
		N27/N26	N30/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.101	0.651	0.051	1.00	1.00	-	-
		N5/N82	N5/N27	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.037	0.063	1.00	1.00	-	-
		N82/N27	N5/N27	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.063	1.087	0.076	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{sup.}$ (m)	$Lb_{inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N31/N83	N31/N28	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.038	0.062	1.00	1.00	-	-
		N83/N28	N31/N28	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.062	0.812	0.076	1.00	1.00	-	-
		N32/N29	N32/N29	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.698	0.076	1.00	1.00	-	-
		N51/N50	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.556	0.196	1.00	1.00	-	-
		N50/N78	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.196	0.757	0.051	1.00	1.00	-	-
		N78/N76	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N76/N49	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.798	0.155	1.00	1.00	-	-
		N49/N72	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.155	0.798	0.051	1.00	1.00	-	-
		N72/N70	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.902	0.051	1.00	1.00	-	-
		N70/N48	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.051	0.852	0.101	1.00	1.00	-	-
		N48/N47	N51/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.101	0.651	0.051	1.00	1.00	-	-
		N6/N84	N6/N48	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.037	0.063	1.00	1.00	-	-
		N84/N48	N6/N48	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.063	1.087	0.076	1.00	1.00	-	-
		N52/N85	N52/N49	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.038	0.062	1.00	1.00	-	-
		N85/N49	N52/N49	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.062	0.812	0.076	1.00	1.00	-	-
		N53/N50	N53/N50	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm (Perfil estructural rectangular)	-	0.698	0.076	1.00	1.00	-	-
		N68/N69	N68/N69	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N69/N70	N69/N70	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N71/N72	N71/N72	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N73/N71	N73/N71	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N74/N75	N74/N75	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N75/N76	N75/N76	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-

Descripción												
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N77/N78	N77/N78	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00		
		N79/N77	N79/N77	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N12/N26	N12/N26	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N26/N47	N26/N47	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N27/N48	N27/N48	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N13/N27	N13/N27	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N14/N28	N14/N28	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N28/N49	N28/N49	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N29/N50	N29/N50	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00		
		N15/N29	N15/N29	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N11/N30	N11/N30	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N30/N51	N30/N51	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.050	6.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N80/N14	N80/N14	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.105	2.848	0.194	1.00	1.00	-	-
		N81/N15	N81/N15	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.103	2.728	0.244	1.00	1.00	-	-
		N82/N28	N82/N28	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.105	2.848	0.194	1.00	1.00	-	-
		N83/N29	N83/N29	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.103	2.728	0.244	1.00	1.00	-	-
		N84/N49	N84/N49	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.105	2.848	0.194	1.00	1.00		
		N85/N50	N85/N50	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm (Perfil estructural rectangular)	0.103	2.728	0.244	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

8.2.2. Características mecánicas

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero conformado	A572 50ksi	1	ESTRUC RECT 150x100x6.0mm, (Perfil estructural rectangular)	27.29	9.40	14.40	813.90	434.34	949.88
		2	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm, (Perfil estructural rectangular)	22.80	6.40	13.07	1183.07	466.53	980.40
		3	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm, (Perfil estructural rectangular)	10.12	2.85	5.85	185.90	63.52	156.78

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

8.2.3. Resistencia

Se verifica cada barra bajo:

- Tracción
- Compresión
- Flexión
- Cortante
- Flexo-compresión (interacción P-M)
- Pandeo lateral torsional
- Esbeltez admisible
- Resistencia nominal y resistencia de diseño

Referencias:

N: Esfuerzo axil (t)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (t)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (t)

Mt: Momento torsor (t·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (t·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (t·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
  GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η: Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100$ %.

La comprobación de resistencia de las barras se realizó de acuerdo con los criterios establecidos en la especificación **AISC 360**, adoptada por la NSR-10 en el Título F para el diseño de estructuras metálicas. Para cada barra del modelo se evaluaron los esfuerzos axiales, cortantes y momentos en los ejes locales, así como el estado combinado de diseño bajo las combinaciones críticas de carga.

El software CYPE 3D determina automáticamente los esfuerzos máximos (N, Vy, Vz, Mt, Mx, My)y calcula el aprovechamiento estructural (η) según la interacción correspondiente para miembros de acero conformado.

Debido a que el listado completo de verificaciones puede ocupar decenas de páginas y contiene información repetitiva asociada a barras de igual sección y comportamiento, a continuación, se presenta únicamente un **extracto representativo**. Este extracto permite evidenciar el proceso de verificación, el cumplimiento normativo y la forma en que se determinan los esfuerzos críticos para cada barra.

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N11/N15	12.49	0.607	0.008	0.201	0.306	0.100	-0.185	-0.106	GV	Cumple
N15/N79	24.75	0.196	-0.207	-0.143	-0.670	-0.351	-0.323	-0.073	GV	Cumple
N79/N74	8.15	0.051	-0.186	-0.004	0.014	-0.020	0.219	0.033	GV	Cumple
N74/N14	25.33	0.849	-0.167	0.161	0.716	0.284	-0.415	-0.090	GV	Cumple
N14/N73	24.54	0.155	-0.133	-0.110	-0.725	-0.296	-0.415	-0.055	GV	Cumple
N73/N68	7.55	0.953	-0.145	-0.016	-0.025	-0.002	0.225	0.032	GV	Cumple
N68/N13	22.87	0.903	-0.093	0.104	0.654	0.292	-0.350	-0.064	GV	Cumple
N13/N12	9.46	0.101	-0.014	-0.050	-0.307	-0.069	-0.216	-0.027	GV	Cumple
N4/N80	27.42	0.000	-1.716	-1.058	-0.413	-0.009	-0.114	-0.489	GV	Cumple
N80/N13	43.08	1.150	-1.608	-1.046	-0.208	-0.024	0.156	0.811	GV	Cumple
N3/N81	31.29	0.000	-2.203	-1.685	-0.244	-0.022	-0.022	-0.600	GV	Cumple
N81/N14	49.75	0.874	-2.107	-1.678	-0.008	-0.031	-0.007	1.026	GV	Cumple
N1/N15	46.95	0.698	-1.615	-1.736	0.318	-0.025	-0.183	0.886	GV	Cumple
N30/N29	14.67	0.607	0.042	0.000	0.884	0.003	-0.525	0.000	GV	Cumple
N29/N77	24.84	0.196	-0.492	0.000	-1.810	0.001	-0.876	0.000	GV	Cumple
N77/N75	15.95	0.051	-0.438	0.000	0.042	0.000	0.557	0.000	GV	Cumple
N75/N28	30.94	0.849	-0.374	0.000	1.930	0.000	-1.104	0.000	GV	Cumple
N28/N71	31.24	0.155	-0.314	0.000	-1.976	0.000	-1.118	0.000	GV	Cumple
N71/N69	17.45	0.953	-0.257	0.000	-0.085	0.000	0.621	0.000	GV	Cumple
N69/N27	26.65	0.903	-0.196	0.000	1.785	0.000	-0.957	0.000	GV	Cumple
N27/N26	17.14	0.101	-0.032	0.000	-0.909	0.000	-0.620	0.000	GV	Cumple
N5/N82	14.87	0.000	-4.451	0.000	-1.021	0.000	-0.289	0.000	GV	Cumple
N82/N27	17.30	1.150	-4.242	0.000	-0.508	0.000	0.382	0.000	GV	Cumple
N31/N83	11.15	0.000	-5.638	0.000	-0.588	0.000	-0.062	0.000	GV	Cumple
N83/N28	10.41	0.062	-5.472	0.000	-0.013	0.000	-0.030	0.000	GV	Cumple
N32/N29	18.64	0.698	-4.143	-0.016	0.765	0.000	-0.439	0.007	GV	Cumple
N51/N50	12.81	0.607	0.008	-0.201	0.313	-0.105	-0.189	0.107	GV	Cumple
N50/N78	24.73	0.196	0.203	0.144	0.670	0.349	0.324	0.074	GV	Cumple
N78/N76	8.11	0.051	-0.182	0.004	0.013	0.019	0.218	-0.033	GV	Cumple
N76/N49	25.32	0.849	-0.164	-0.161	0.715	-0.284	-0.415	0.090	GV	Cumple
N49/N72	24.53	0.155	-0.133	0.110	-0.725	0.296	-0.415	0.055	GV	Cumple
N72/N70	7.56	0.953	-0.144	0.016	-0.025	0.002	0.225	-0.032	GV	Cumple
N70/N48	22.87	0.903	-0.093	-0.104	0.654	-0.292	-0.350	0.064	GV	Cumple
N48/N47	9.46	0.101	-0.014	0.050	-0.307	0.069	-0.216	0.027	GV	Cumple
N6/N84	27.40	0.000	-1.716	1.058	-0.411	0.009	-0.113	0.489	GV	Cumple
N84/N48	43.08	1.150	-1.608	1.046	-0.208	0.024	0.156	-0.811	GV	Cumple
N52/N85	31.26	0.000	-2.203	1.685	-0.240	0.022	-0.022	0.600	GV	Cumple
N85/N49	49.78	0.874	-2.108	1.678	-0.006	0.031	-0.008	-1.026	GV	Cumple
N53/N50	47.29	0.698	-1.630	1.752	0.311	0.025	-0.179	-0.894	GV	Cumple
N68/N69	35.31	6.750	-0.094	0.054	0.910	-0.010	-1.160	-0.066	GV	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N69/N70	35.31	0.050	-0.094	-0.054	-0.910	0.010	-1.160	-0.066	GV	Cumple
N71/N72	35.79	0.050	-0.120	-0.058	-0.910	-0.012	-1.160	-0.073	GV	Cumple
N73/N71	35.79	6.750	-0.120	0.058	0.910	0.012	-1.160	-0.073	GV	Cumple
N74/N75	35.69	6.750	-0.165	0.054	0.908	-0.010	-1.158	-0.064	GV	Cumple
N75/N76	35.68	0.050	-0.165	-0.054	-0.908	0.010	-1.158	-0.064	GV	Cumple
N77/N78	35.37	0.050	-0.141	-0.058	-0.902	-0.009	-1.143	-0.073	GV	Cumple
N79/N77	35.38	6.750	-0.140	0.058	0.902	0.009	-1.144	-0.073	GV	Cumple
N12/N26	17.68	6.750	-0.050	0.025	0.440	0.006	-0.577	-0.034	GV	Cumple
N26/N47	17.68	0.050	0.050	0.025	0.440	0.006	0.577	0.034	GV	Cumple
N27/N48	34.20	0.050	-0.892	-0.048	-0.773	0.003	-0.937	-0.058	GV	Cumple
N13/N27	34.20	6.750	-0.892	0.048	0.773	-0.003	-0.937	-0.058	GV	Cumple
N14/N28	40.31	6.750	-1.419	0.053	0.845	0.001	-1.022	-0.064	GV	Cumple
N28/N49	40.32	0.050	-1.419	-0.053	-0.845	-0.001	-1.022	-0.064	GV	Cumple
N29/N50	36.92	0.050	-1.414	-0.047	-0.759	-0.003	-0.907	-0.055	GV	Cumple
N15/N29	36.65	6.750	-1.399	0.047	0.753	0.003	-0.901	-0.055	GV	Cumple
N11/N30	17.61	6.750	-0.201	0.019	0.426	-0.003	-0.556	-0.021	GV	Cumple
N30/N51	17.68	0.050	-0.201	-0.019	-0.432	0.003	-0.559	-0.021	GV	Cumple
N80/N14	7.91	2.953	-0.212	0.012	0.011	0.013	-0.003	-0.023	GV	Cumple
N81/N15	6.90	2.831	-0.241	0.007	0.005	0.011	0.008	-0.013	GV	Cumple
N82/N28	7.13	0.105	-0.545	0.000	-0.019	0.000	-0.014	0.000	GV	Cumple
N83/N29	8.67	2.831	-0.591	0.000	-0.006	0.000	0.027	0.000	GV	Cumple
N84/N49	7.89	2.953	-0.209	-0.012	0.011	-0.013	-0.003	0.023	GV	Cumple
N85/N50	6.89	2.831	-0.238	-0.007	0.005	-0.011	0.007	0.013	GV	Cumple

8.2.3.1. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_c	M_t	V_c	V_t	M_cT_f	M_tT_f	M_cV_c	M_tV_c	MT	MP	TPTMV	
N11/N15	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.606 m η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	η = 3.3	x: 0.607 m η = 5.1	x: 0.607 m η = 3.7	η = 1.2	x: 0.606 m η = 1.1	x: 0.607 m η = 7.0	x: 0.607 m η = 5.5	x: 0.607 m η = 0.5	x: 0.607 m η = 0.3	x: 0.607 m η = 12.5	x: 0.607 m η = 4.4	x: 0.607 m η = 8.1	CUMPLE η = 12.5
N15/N79	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.2	x: 0.196 m η = 0.3	η = 11.5	x: 0.196 m η = 8.5	x: 0.196 m η = 2.6	η = 0.9	x: 0.196 m η = 2.3	x: 0.196 m η = 13.4	x: 0.196 m η = 9.0	x: 0.196 m η = 2.4	x: 0.196 m η = 0.8	x: 0.196 m η = 13.0	x: 0.196 m η = 24.7	x: 0.196 m η = 13.1	CUMPLE η = 24.7
N79/N74	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.3	η = 0.7	x: 0.051 m η = 6.0	x: 0.953 m η = 1.6	η = 0.3	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 6.4	x: 0.953 m η = 1.9	x: 0.051 m η = 0.4	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.051 m η = 4.9	x: 0.051 m η = 8.2	x: 0.051 m η = 7.1	CUMPLE η = 8.2
N74/N14	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.848 m η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	η = 9.3	x: 0.849 m η = 11.5	x: 0.849 m η = 3.1	η = 1.0	x: 0.848 m η = 2.9	x: 0.849 m η = 16.7	x: 0.849 m η = 8.4	x: 0.849 m η = 2.9	x: 0.849 m η = 0.7	x: 0.849 m η = 14.0	x: 0.849 m η = 25.3	x: 0.849 m η = 14.0	CUMPLE η = 25.3
N14/N73	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.2	x: 0.155 m η = 0.3	η = 9.7	x: 0.155 m η = 11.4	x: 0.155 m η = 2.1	η = 0.8	x: 0.155 m η = 2.5	x: 0.155 m η = 17.0	x: 0.155 m η = 7.4	x: 0.155 m η = 2.9	x: 0.155 m η = 0.6	x: 0.155 m η = 12.9	x: 0.155 m η = 24.5	x: 0.155 m η = 13.0	CUMPLE η = 24.5
N73/N68	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.2	η = 0.2	x: 0.953 m η = 6.6	x: 0.953 m η = 1.6	η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.952 m η = 0.4	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.051 m η = 4.1	x: 0.953 m η = 7.6	x: 0.953 m η = 7.3	CUMPLE η = 7.6
N68/N13	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.902 m η = 0.3	x: 0.051 m η = 0.3	η = 9.6	x: 0.903 m η = 9.7	x: 0.903 m η = 2.2	η = 0.6	x: 0.902 m η = 2.3	x: 0.903 m η = 15.1	x: 0.903 m η = 7.7	x: 0.903 m η = 2.3	x: 0.903 m η = 0.6	x: 0.903 m η = 12.5	x: 0.903 m η = 22.9	x: 0.903 m η = 11.4	CUMPLE η = 22.9
N13/N12	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.751 m η = 0.7	x: 0.101 m η = 0.3	η = 2.3	x: 0.101 m η = 8.0	x: 0.101 m η = 1.3	η = 0.5	x: 0.101 m η = 1.1	x: 0.101 m η = 7.2	x: 0.101 m η = 2.4	x: 0.101 m η = 0.5	x: 0.101 m η = 0.1	x: 0.101 m η = 5.7	x: 0.101 m η = 9.5	x: 0.101 m η = 6.6	CUMPLE η = 9.5
N4/N80	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.036 m η = 1.1	x: 0 m η = 2.9	η = 0.3	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 21.3	η = 8.2	η = 1.4	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 5.3	x: 0 m η = 13.1	x: 0 m η = 27.4	x: 0 m η = 25.4	CUMPLE η = 27.4
N80/N13	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 1.149 m η = 1.0	x: 0.063 m η = 2.9	η = 0.8	x: 1.15 m η = 4.0	x: 1.15 m η = 35.2	η = 8.2	η = 0.7	x: 1.15 m η = 4.4	x: 1.15 m η = 35.7	x: 1.15 m η = 0.2	x: 1.15 m η = 13.4	x: 1.15 m η = 20.8	x: 1.15 m η = 43.1	x: 1.15 m η = 39.4	CUMPLE η = 43.1
N3/N81	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.037 m η = 1.5	x: 0 m η = 3.7	η = 0.9	x: 0 m η = 1.2	x: 0 m η = 28.1	η = 13.1	η = 0.8	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 26.5	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 8.8	x: 0 m η = 15.3	x: 0 m η = 31.3	x: 0 m η = 28.6	CUMPLE η = 31.3
N81/N14	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.873 m η = 3.4	x: 0.062 m η = 7.7	η = 1.1	x: 0.874 m η = 0.7	x: 0.874 m η = 44.6	η = 13.1	η = 0.2	x: 0.062 m η = 0.8	x: 0.874 m η = 45.2	x: 0.062 m η < 0.1	x: 0.874 m η = 22.2	x: 0.874 m η = 24.4	x: 0.874 m η = 49.8	x: 0.874 m η = 45.6	CUMPLE η = 49.8
N1/N15	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.697 m η = 1.0	x: 0 m η = 2.8	η = 0.9	x: 0.698 m η = 4.6	x: 0.698 m η = 38.5	η = 13.5	η = 1.1	x: 0.698 m η = 5.1	x: 0.698 m η = 39.0	x: 0.698 m η = 0.3	x: 0.698 m η = 17.1	x: 0.698 m η = 22.7	x: 0.698 m η = 47.0	x: 0.698 m η = 42.9	CUMPLE η = 47.0
N30/N29	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.606 m η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	η = 0.2	x: 0.607 m η = 14.8	x: 0.051 m η = 0.5	η = 0.2	x: 0.606 m η = 2.1	x: 0.607 m η = 12.8	N.P.[2]	x: 0.607 m η = 2.2	x: 0.606 m η < 0.1	x: 0.607 m η = 14.7	x: 0.607 m η = 8.0	x: 0.607 m η = 14.8	CUMPLE η = 14.7
N29/N77	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.3	x: 0.196 m η = 0.7	η = 0.2	x: 0.196 m η = 24.2	x: 0.953 m η = 0.9	η = 0.4	x: 0.196 m η = 6.3	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.196 m η = 6.2	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.196 m η = 12.6	x: 0.196 m η = 24.8	x: 0.196 m η = 24.8	CUMPLE η = 24.8
N77/N75	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.3	x: 0.051 m η = 0.6	η = 0.1	x: 0.051 m η = 15.4	x: 0.953 m η = 0.7	η = 0.1	x: 0.952 m η = 0.2	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.051 m η = 2.1	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.051 m η = 0.0	x: 0.051 m η = 15.9	x: 0.051 m η = 15.9	CUMPLE η = 15.9
N75/N28	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.848 m η = 0.8	x: 0.051 m η = 0.8	η = 0.4	x: 0.849 m η = 20.4	x: 0.051 m η = 1.0	η = 0.3	x: 0.848 m η = 6.7	x: 0.849 m η = 8.8	x: 0.849 m η = 1.1	x: 0.849 m η = 9.7	x: 0.848 m η < 0.1	x: 0.849 m η = 17.2	x: 0.849 m η = 30.9	x: 0.849 m η = 30.9	CUMPLE η = 30.9
N28/N73	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 2.1	x: 0.155 m η = 2.0	η = 0.5	x: 0.155 m η = 30.0	x: 0.155 m η = 1.3	η = 0.7	x: 0.155 m η = 2.0	x: 0.155 m η = 6.1	x: 0.155 m η = 2.1	x: 0.155 m η = 10.0	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 17.0	x: 0.155 m η = 34.3	x: 0.155 m η = 34.3	CUMPLE η = 34.3
N71/N69	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.4	η = 0.1	x: 0.953 m η = 17.1	x: 0.953 m η = 1.4	η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.4	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.953 m η = 2.9	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.953 m η = 9.8	x: 0.953 m η = 17.4	x: 0.953 m η = 17.4	CUMPLE η = 17.4
N69/N27	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.902 m η = 2.1	x: 0.051 m η = 2.2	η = 0.7	x: 0.903 m η = 28.1	x: 0.903 m η = 2.4	η = 0.5	x: 0.902 m η = 0.2	x: 0.903 m η = 5.0	x: 0.903 m η = 2.7	x: 0.903 m η = 7.1	x: 0.902 m η < 0.1	x: 0.903 m η = 13.6	x: 0.903 m η = 26.7	x: 0.903 m η = 26.7	CUMPLE η = 26.7
N27/N26	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.781 m η = 0.7	x: 0.101 m η = 0.8	η = 0.9	x: 0.101 m η = 17.1	x: 0.101 m η = 1.1	η = 0.4	x: 0.101 m η = 3.2	x: 0.101 m η = 5.6	x: 0.101 m η = 1.6	x: 0.101 m η = 3.0	x: 0.101 m η < 0.1	x: 0.101 m η = 7.3	x: 0.101 m η = 17.1	x: 0.101 m η = 17.1	CUMPLE η = 17.1
N26/N47	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.036 m η = 2.0	x: 0 m η = 7.6	η = 0.7	x: 0 m η = 7.6	x: 0 m η = 2.0	η = 2.1	η = 3.5	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0 m η = 0.7	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 17.3	x: 0 m η = 17.3	CUMPLE η = 17.3
N82/N27	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 1.149 m η = 2.9	x: 0.063 m η = 7.7	η = 0.2	x: 1.15 m η = 9.6	x: 0.063 m η = 7.0	η = 2.1	η = 1.8	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 1.15 m η = 1.0	x: 0.063 m η = 0.5	x: 1.15 m η = 10.2	x: 1.15 m η = 17.3	x: 1.15 m η = 17.3	CUMPLE η = 17.3
N83/N83	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.037 m η = 4.1	x: 0 m η = 8.0	η = 0.7	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 9.4	η = 1.5	η = 7.0	x: 0.038 m η = 0.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 11.4	x: 0 m η = 11.4	CUMPLE η = 11.4
N83/N28	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.873 m η = 4.0	x: 0.062 m η = 9.6	η = 0.7	x: 0.874 m η = 1.2	x: 0.062 m η = 3.9	η = 1.5	η = 0.3	x: 0.874 m η = 0.7	x: 0.062 m η = 4.2	x: 0.873 m η < 0.1	x: 0.062 m η = 0.2	x: 0.062 m η = 4.9	x: 0.062 m η = 10.4	x: 0.062 m η = 10.4	CUMPLE η = 10.4

Barras	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_z	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_z	M_yV_y	MT	MP	TPTHMV	
N32/N29	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.697 m η = 2.8	x: 0 m η = 7.2	η = 0.5	x: 0.698 m η = 11.1	x: 0 m η = 1.8	η = 0.8	η = 2.7	x: 0.698 m η = 1.5	x: 0 m η = 1.0	x: 0.698 m η = 1.3	x: 0 m η < 0.1	x: 0.698 m η = 10.2	x: 0.698 m η = 18.6	x: 0.698 m η = 18.6	CUMPLE η = 18.6
N51/N50	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.606 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.1	η = 3.4	x: 0.607 m η = 5.2	x: 0.607 m η = 3.7	η = 1.2	x: 0.606 m η = 1.1	x: 0.607 m η = 7.2	x: 0.607 m η = 5.6	x: 0.607 m η = 0.5	x: 0.607 m η = 0.3	x: 0.607 m η = 12.8	x: 0.607 m η = 4.2	x: 0.607 m η = 8.3	CUMPLE η = 12.8
N50/N78	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.196 m η = 0.3	η = 11.4	x: 0.196 m η = 8.9	x: 0.196 m η = 2.6	η = 0.9	x: 0.196 m η = 2.3	x: 0.196 m η = 15.4	x: 0.196 m η = 9.0	x: 0.196 m η = 2.4	x: 0.196 m η = 0.8	x: 0.196 m η = 13.0	x: 0.196 m η = 24.7	x: 0.196 m η = 13.1	CUMPLE η = 24.7
N78/N76	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.3	η = 0.6	x: 0.051 m η = 2.0	x: 0.953 m η = 1.6	η = 0.3	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.4	x: 0.953 m η = 1.9	x: 0.051 m η = 0.4	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.051 m η = 4.9	x: 0.051 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 7.1	CUMPLE η = 8.1
N76/N49	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.848 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.2	η = 9.3	x: 0.849 m η = 11.4	x: 0.849 m η = 3.1	η = 1.0	x: 0.848 m η = 2.5	x: 0.849 m η = 16.7	x: 0.849 m η = 8.4	x: 0.849 m η = 2.9	x: 0.849 m η = 0.7	x: 0.849 m η = 14.0	x: 0.849 m η = 25.3	x: 0.849 m η = 14.0	CUMPLE η = 25.3
N49/N72	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.2	x: 0.155 m η = 0.3	η = 9.7	x: 0.155 m η = 11.4	x: 0.155 m η = 2.1	η = 0.8	x: 0.155 m η = 2.5	x: 0.155 m η = 17.0	x: 0.155 m η = 7.4	x: 0.155 m η = 2.9	x: 0.155 m η = 0.6	x: 0.155 m η = 12.9	x: 0.155 m η = 24.5	x: 0.155 m η = 13.0	CUMPLE η = 24.5
N72/N70	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.952 m η = 0.1	x: 0.051 m η = 0.2	η = 0.2	x: 0.953 m η = 5.6	x: 0.953 m η = 1.6	η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.952 m η = 0.4	x: 0.952 m η < 0.1	x: 0.051 m η = 4.1	x: 0.953 m η = 7.6	x: 0.953 m η = 7.3	CUMPLE η = 7.6
N70/N48	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.902 m η = 0.2	x: 0.051 m η = 0.2	η = 9.6	x: 0.903 m η = 9.7	x: 0.903 m η = 2.2	η = 0.6	x: 0.902 m η = 2.3	x: 0.903 m η = 15.1	x: 0.903 m η = 7.7	x: 0.903 m η = 2.3	x: 0.903 m η = 0.6	x: 0.903 m η = 12.5	x: 0.903 m η = 22.9	x: 0.903 m η = 13.4	CUMPLE η = 22.9
N48/N47	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.751 m η = 0.1	x: 0.101 m η = 0.2	η = 2.3	x: 0.101 m η = 6.0	x: 0.101 m η = 1.3	η = 0.5	x: 0.101 m η = 1.1	x: 0.101 m η = 7.2	x: 0.101 m η = 2.4	x: 0.101 m η = 0.5	x: 0.101 m η = 0.1	x: 0.101 m η = 5.7	x: 0.101 m η = 9.5	x: 0.101 m η = 6.6	CUMPLE η = 9.5
N8/N84	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.036 m η = 1.1	x: 0 m η = 2.9	η = 0.3	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 23.3	η = 8.2	η = 1.4	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 3.3	x: 0 m η = 13.1	x: 0 m η = 27.4	x: 0 m η = 25.4	CUMPLE η = 27.4
N84/N48	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 1.149 m η = 1.0	x: 0.063 m η = 2.9	η = 0.8	x: 1.15 m η = 4.0	x: 1.15 m η = 35.2	η = 8.2	η = 0.7	x: 1.15 m η = 4.4	x: 1.15 m η = 35.7	x: 1.15 m η = 0.2	x: 1.15 m η = 13.4	x: 1.15 m η = 20.8	x: 1.15 m η = 43.1	x: 1.15 m η = 39.4	CUMPLE η = 43.1
N82/N85	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.037 m η = 1.9	x: 0 m η = 3.7	η = 0.9	x: 0 m η = 7.1	x: 0 m η = 26.3	η = 13.1	η = 0.8	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 26.9	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 8.8	x: 0 m η = 15.3	x: 0 m η = 31.3	x: 0 m η = 28.6	CUMPLE η = 33.3
N85/N49	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.873 m η = 1.4	x: 0.062 m η = 3.7	η = 1.1	x: 0.062 m η = 0.5	x: 0.874 m η = 44.6	η = 13.1	η = 0.1	x: 0.062 m η = 0.9	x: 0.874 m η = 45.3	x: 0.062 m η < 0.1	x: 0.874 m η = 22.2	x: 0.874 m η = 24.4	x: 0.874 m η = 49.8	x: 0.874 m η = 45.6	CUMPLE η = 49.8
N83/N86	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 0.697 m η = 1.0	x: 0 m η = 2.8	η = 0.9	x: 0.698 m η = 4.5	x: 0.698 m η = 39.9	η = 13.7	η = 1.1	x: 0.698 m η = 5.0	x: 0.698 m η = 39.4	x: 0.698 m η = 0.3	x: 0.698 m η = 17.4	x: 0.698 m η = 22.7	x: 0.698 m η = 47.3	x: 0.698 m η = 43.2	CUMPLE η = 47.3
N68/N69	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 0.7	η = 0.3	x: 6.75 m η = 32.0	x: 6.75 m η = 2.3	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 3.2	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 10.5	x: 6.749 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 20.2	x: 6.75 m η = 35.3	x: 6.75 m η = 34.3	CUMPLE η = 35.3
N60/N70	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 0.7	η = 0.3	x: 0.05 m η = 32.0	x: 0.05 m η = 2.3	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 3.2	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 10.5	x: 0.05 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 20.2	x: 0.05 m η = 35.3	x: 0.05 m η = 34.3	CUMPLE η = 35.3
N71/N72	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 0.8	η = 0.4	x: 0.05 m η = 32.0	x: 0.05 m η = 2.6	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 3.2	x: 0.05 m η = 32.2	x: 0.05 m η = 2.7	x: 0.05 m η = 10.5	x: 0.05 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 20.4	x: 0.05 m η = 35.8	x: 0.05 m η = 34.6	CUMPLE η = 35.8
N72/N71	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 0.8	η = 0.4	x: 6.75 m η = 32.0	x: 6.75 m η = 2.6	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 3.2	x: 6.75 m η = 32.2	x: 6.75 m η = 2.7	x: 6.75 m η = 10.5	x: 6.75 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 20.4	x: 6.75 m η = 35.8	x: 6.75 m η = 34.6	CUMPLE η = 35.8
N74/N75	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 1.2	η = 0.3	x: 6.75 m η = 31.9	x: 6.75 m η = 2.2	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 3.1	x: 6.75 m η = 32.1	x: 6.75 m η = 2.4	x: 6.75 m η = 10.4	x: 6.749 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 20.2	x: 6.75 m η = 35.7	x: 6.75 m η = 34.6	CUMPLE η = 35.7
N75/N76	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 1.2	η = 0.3	x: 0.05 m η = 31.9	x: 0.05 m η = 2.2	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 3.1	x: 0.05 m η = 32.1	x: 0.05 m η = 2.1	x: 0.05 m η = 10.1	x: 0.05 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 20.2	x: 0.05 m η = 35.7	x: 0.05 m η = 34.2	CUMPLE η = 35.7
N77/N78	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 1.0	η = 0.3	x: 0.05 m η = 31.5	x: 0.05 m η = 2.5	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 3.1	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 10.1	x: 0.05 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 20.1	x: 0.05 m η = 35.4	x: 0.05 m η = 34.3	CUMPLE η = 35.4
N79/N77	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.1	η = 1.0	η = 0.3	x: 6.75 m η = 31.5	x: 6.75 m η = 2.5	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 3.1	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 10.1	x: 6.75 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 20.1	x: 6.75 m η = 35.4	x: 6.75 m η = 34.3	CUMPLE η = 35.4
N12/N26	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	N.P.[3]	η = 0.5	η = 0.2	x: 6.75 m η = 15.9	x: 6.75 m η = 1.2	x: 6.749 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 1.5	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 2.6	x: 6.749 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 6.75 m η = 17.7	x: 6.75 m η = 17.1	CUMPLE η = 17.7
N26/N47	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	N.P.[4]	η = 0.5	η = 0.2	x: 0.05 m η = 15.9	x: 0.05 m η = 1.2	x: 0.05 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 1.5	N.P.[1]	N.P.[4]	x: 0.05 m η = 2.6	x: 0.05 m η < 0.1	N.P.[1]	x: 0.05 m η = 17.7	x: 0.05 m η = 17.1	CUMPLE η = 17.7
N27/N48	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.5	η = 6.2	η = 0.1	x: 0.05 m η = 25.3	x: 0.05 m η = 2.0	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 2.7	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 8.8	x: 0.05 m η < 0.1	x: 0.05 m η = 16.4	x: 0.05 m η = 34.2	x: 0.05 m η = 33.5	CUMPLE η = 34.2
N13/N27	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.5	η = 6.2	η = 0.1	x: 6.75 m η = 25.6	x: 6.75 m η = 2.0	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 2.7	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 8.8	x: 6.749 m η < 0.1	x: 6.75 m η = 16.4	x: 6.75 m η = 34.2	x: 6.75 m η = 33.5	CUMPLE η = 34.2
N14/N28	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.9	η = 9.9	η < 0.1	x: 6.75 m η = 28.2	x: 6.75 m η = 2.2	x: 6.749 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 2.9	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 8.0	x: 6.749 m η < 0.1	x: 6.75 m η = 18.7	x: 6.75 m η = 40.3	x: 6.75 m η = 39.6	CUMPLE η = 40.3
N15/N29	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.9	η = 9.9	η < 0.1	x: 0.05 m η = 28.2	x: 0.05 m η = 2.2	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 2.9	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 8.0	x: 0.05 m η < 0.1	x: 0.05 m η = 18.7	x: 0.05 m η = 40.3	x: 0.05 m η = 39.6	CUMPLE η = 40.3
N29/N80	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.8	η = 9.9	η = 0.1	x: 0.05 m η = 25.0	x: 0.05 m η = 1.9	x: 0.05 m η = 0.3	x: 0.05 m η = 2.6	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 6.4	x: 0.05 m η < 0.1	x: 0.05 m η = 16.2	x: 0.05 m η = 36.9	x: 0.05 m η = 36.2	CUMPLE η = 36.9
N15/N30	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.8	η = 9.9	η = 0.1	x: 6.75 m η = 24.8	x: 6.75 m η = 1.9	x: 6.740 m η = 0.3	x: 6.75 m η = 2.6	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 6.3	x: 6.740 m η < 0.1	x: 6.75 m η = 16.2	x: 6.75 m η = 36.7	x: 6.75 m η = 36.0	CUMPLE η = 36.7
N11/N30	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.2	η = 1.4	η = 0.1	x: 6.75 m η = 15.3	x: 0.05 m η = 0.8	x: 0.05 m η = 0.1	x: 6.75 m η = 1.5	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 6.75 m η = 2.4	x: 0.05 m η < 0.1	x: 6.75 m η = 7.0	x: 6.75 m η = 17.6	x: 6.75 m η = 17.3	CUMPLE η = 17.6
N30/N12	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	η = 0.2	η = 1.4	η = 0.1	x: 0.05 m η = 15.4	x: 6.75 m η = 0.8	x: 6.749 m η = 0.1	x: 0.05 m η = 1.5	N.P.[1]	N.P.[2]	x: 0.05 m η = 2.4	x: 6.749 m η < 0.1	x: 0.05 m η = 7.0	x: 0.05 m η = 17.7	x: 0.05 m η = 17.3	CUMPLE η = 17.7
N80/N14	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.952 m η = 0.6	x: 0.105 m η = 2.4	η = 1.8	x: 0.105 m η = 0.9	x: 2.953 m η = 3.4	η = 0.2	x: 0.105 m η = 0.1	N.P.[4]	x: 2.953 m η = 4.4	x: 0.105 m η < 0.1	x: 2.953 m η = 0.2	x: 2.953 m η = 4.1	x: 2.953 m η = 7.9	x: 2.953 m η = 5.8	CUMPLE η = 7.9
N82/N15	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.83 m η = 0.6	x: 0.103 m η = 2.5	η = 1.8	x: 2.831 m η = 1.4	x: 2.831 m η = 2.0	η = 0.2	x: 0.103 m η = 0.2	x: 0.103 m η = 2.2	x: 2.831 m η = 2.8	x: 0.103 m η < 0.1	x: 2.83 m η = 0.1	x: 2.831 m η = 3.8	x: 2.831 m η = 6.9	x: 2.831 m η = 5.0	CUMPLE η = 6.9
N82/N28	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.952 m η = 1.3	x: 0.105 m η = 5.8	η = 0.1	x: 0.105 m η = 1.3	x: 2.953 m η = 0.7	η = 0.1	x: 0.105 m η = 0.1	N.P.[3]	N.P.[2]	x: 0.105 m η < 0.1	x: 2.952 m η < 0.1	x: 2.953 m η = 2.4	x: 0.105 m η = 7.1	x: 0.105 m η = 7.1	CUMPLE η = 7.1
N83/N15	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.83 m η = 1.5	x: 0.103 m η = 6.1	η < 0.1	x: 2.831 m η = 2.7	x: 2.831 m η = 0.4	η < 0.1	x: 0.103 m η = 0.3	N.P.[4]	N.P.[2]	x: 2.831 m η = 0.1	x: 2.83 m η < 0.1	x: 2.831 m η = 4.2	x: 2.831 m η = 8.7	x: 2.831 m η = 8.7	CUMPLE η = 8.7
N84/N49	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.952 m η = 0.6	x: 0.105 m η = 2.3	η = 1.8	x: 0.105 m η = 0.9	x: 2.953 m η = 3.4	η = 0.2	x: 0.105 m η = 0.1	N.P.[3]	x: 2.953 m η = 4.4	x: 0.105 m η < 0.1	x: 2.953 m η = 0.2	x: 2.953 m η = 4.1	x: 2.953 m η = 7.9	x: 2.953 m η = 5.8	CUMPLE η = 7.9
N86/N14	w / t ≤ (w / t)$_{max}$ Cumple	x: 2.83 m η = 0.6	x: 0.103 m η = 2.5	η = 1.8	x: 2.831 m η = 1.4	x: 2.831 m η = 2.0	η = 0.2	x: 0.103 m η = 0.2	x: 0.103 m η = 2.2	x: 2.831 m η = 2.9	x: 0.103 m η < 0.1	x: 2.83 m η = 0.1	x: 2.831 m η = 3.8	x: 2.831 m η = 6.9	x: 2.831 m η = 5.0	CUMPLE η = 6.9

Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_x: Resistencia a flexión alrededor del eje X
M_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y
V_z: Resistencia a corte en la dirección del eje X
V_y: Resistencia a corte en la dirección del eje Y
M_xTr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión
M_yTr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión
M_xV_z: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X
MT: Resistencia a flexión combinada con tracción
MP: Resistencia a flexión combinada con compresión
TPTHMV: Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(2) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(4) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Nota técnica:

Las barras mostradas corresponden a un subconjunto ilustrativo de las verificaciones realizadas en el modelo estructural. El listado completo, generado por CYPE 3D, incluye la comprobación de todas las barras que

conforman las cerchas, correas, arriostramientos y columnas metálicas, verificando que el **aprovechamiento** no exceda el límite permitido por la AISC 360.

Dado que muchas barras comparten perfiles, longitudes y condiciones similares, la información completa no se incluye en esta memoria por no aportar mayor claridad sobre el desempeño estructural. No obstante, dichos resultados permanecen disponibles en el archivo digital del modelo y pueden ser suministrados si un revisor lo requiere.

9. UNIONES

Las uniones del sistema estructural se diseñan considerando la configuración propia de una **cubierta metálica con cerchas en celosía**, donde predominan las conexiones soldadas en los nudos y las placas de apoyo en los extremos de las cerchas. Los tipos de unión utilizados son:

- **Placas de apoyo para las cerchas**, soldadas o apernadas a la columna según detalle constructivo.
- **Uniones soldadas en los nudos de la cercha**, conforme a la configuración del arriostramiento y al tipo de perfil empleado.
- **Uniones soldadas o con pernos** en los puntos donde el diseño lo requiera, según planos.

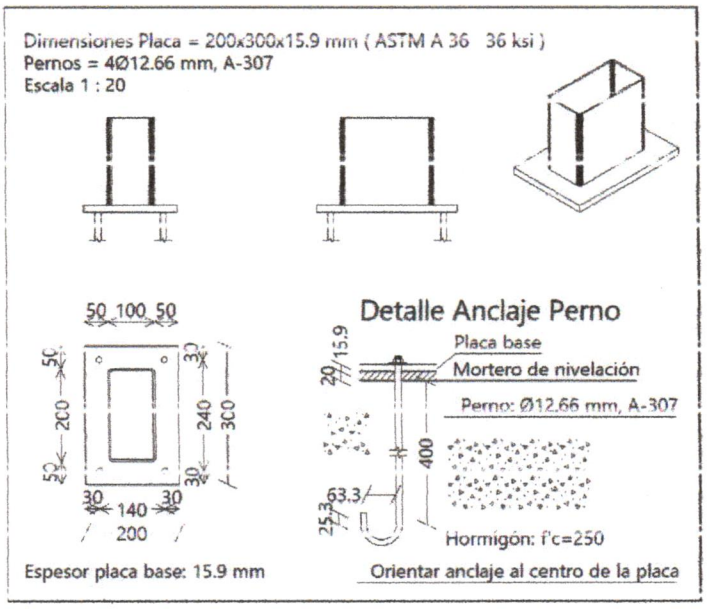
El diseño de estas uniones verifica:

- **Compresión distribuida en la placa base** y transmisión adecuada a columna.
- **Tracción y cortante en pernos de anclaje** cuando la conexión lo exige.
- **Capacidad de la soldadura** para resistir los esfuerzos axiales y de corte propios de la cercha.
- **Compatibilidad geométrica** entre placas, perfiles y ejes de la cercha.
- **Integridad estructural frente a cargas de viento**, que constituyen la demanda predominante en la cubierta.

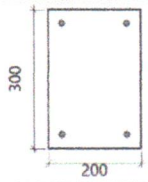
Las uniones se proyectan conforme a los requisitos del **Título F de la NSR-10** y la especificación **AISC 360**, garantizando que cada detalle constructivo transmita adecuadamente los esfuerzos entre cercha, placa base, columna y cimentación.

9.1. Unión Placa base

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometria				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	F_y (kp/cm²)	F_u (kp/cm²)
Placa base		200	300	15.9	4	12.7	A36	2548.4	4077.5

c) Comprobacion

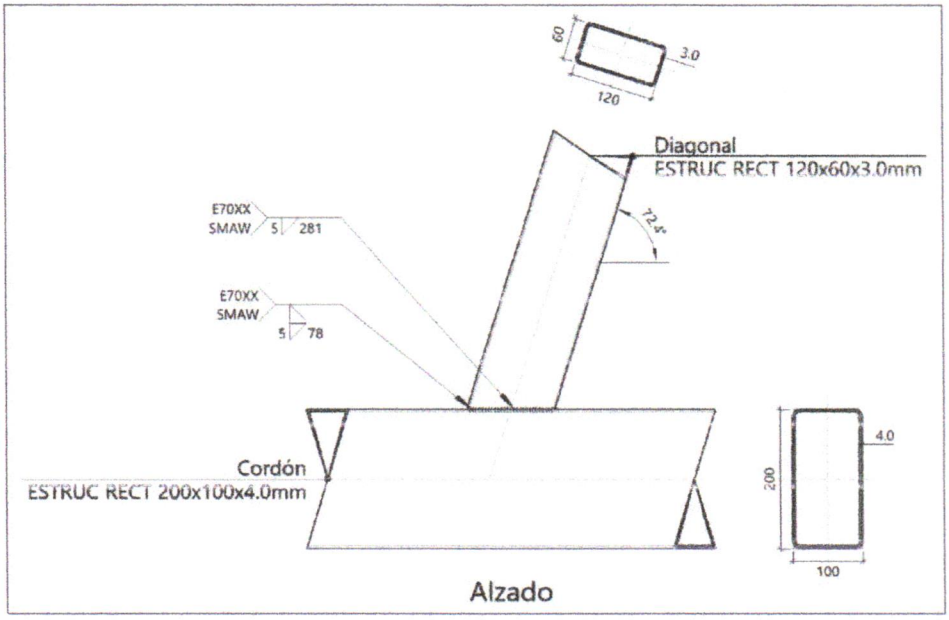
1) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *1.5 diámetros*	Mínimo: 18 mm Calculado: 140 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 18 mm Calculado: 29 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *2 diámetros*	Mínimo: 25 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia*	Mínimo: 18 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 2.518 t Calculado: 1.746 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 1.763 t Calculado: 0.398 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 2.518 t Calculado: 2.315 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 3.526 t Calculado: 2.211 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 2798.17 kp/cm² Calculado: 1891.48 kp/cm²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 11.524 t Calculado: 0.488 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2548.42 kp/cm²	
- Derecha:	Calculado: 1817.45 kp/cm²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1817.92 kp/cm²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 798.86 kp/cm²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 464.22 kp/cm²	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 815.307	Cumple

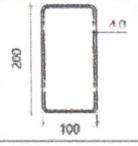
Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Izquierda:	Calculado: 816.052	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2448.92	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4286.21	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 2548.42 kp/cm² Calculado: 0 kp/cm²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.118		

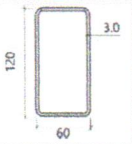
9.2. Unión soldada tipo 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	F_y (kp/cm²)	F_u (kp/cm²)
Cordón	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm		100	200	4	6	A572 50ksi	3516.8	4587.2

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	F_y (kp/cm²)	F_u (kp/cm²)
Diagonal	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm		60	120	3	4.5	A572 50ksi	3516.8	4587.2

c) Comprobación

1) Cordón ESTRUC RECT 200x100x4.0mm

Comprobaciones geométricas						
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites		Estado	Recomendación
			Mínimo	Máximo		
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80	Cumple	--
Límite elástico	kp/cm²	3516.8	--	3669.7	Cumple	--
Espesor	mm	4.0	2.5	25.0	Cumple	--
H/B	--	2.00	0.50	2.00	Cumple	--
B/t	--	25.00	--	35.00	Cumple	--
H/t	--	30.00	--	35.00	Cumple	--

2) Diagonal ESTRUC RECT 120x60x3.0mm

Comprobaciones geométricas						
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites		Estado	Recomendación
			Mínimo	Máximo		
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80	Cumple	--
Límite elástico	kp/cm²	3516.8	--	3669.7	Cumple	--
Espesor	mm	3.0	2.5	25.0	Cumple	--
Ángulo	grados	72.43	30.00	--	Cumple	--
B_b/B	--	0.60	0.25	1.00	Cumple	--
H_b/B_b	--	2.00	0.50	2.00	Cumple	--
B_b/t_b	--	20.00	--	30.10	Cumple	--
H_b/t_b	--	30.00	--	35.00	Cumple	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.543	7.448	7.30
Interacción axil y momentos	--	--	--	10.14

Soldaduras (ANSI/AISC 360-10, CHAPTER J)

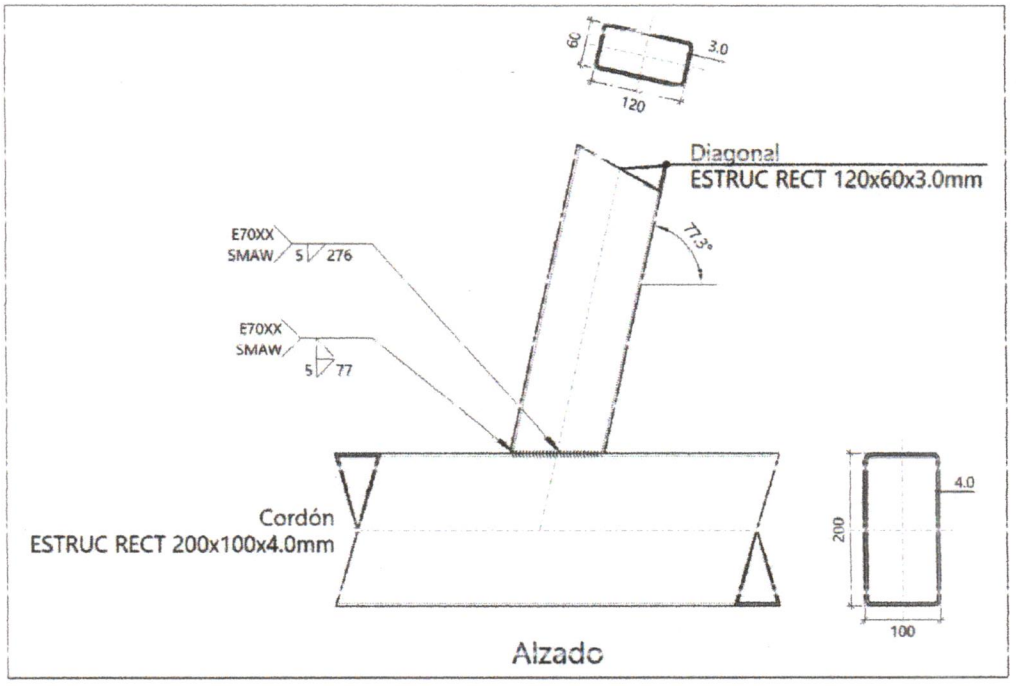
Comprobaciones geométricas						
Descripción	Tipo	P.S.	Longitud efectiva		Lado	Profundidad del surco (mm)
			l_{mm} (mm)	l (mm)	w (mm)	
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	SMAW	40	78	5	3
Soldadura en ángulo	En ángulo	SMAW	40	281	5	--

Comprobaciones geométricas						
Descripción	Tipo	P.S.	Longitud efectiva		Lado	Profundidad del surco (mm)
			l_{min} (mm)	l (mm)	w (mm)	
P.S.: Proceso de soldeo. *l: Longitud efectiva del cordón de soldadura.* *w: Espesor del lado del cordón de soldadura.* *--: La comprobación no procede.*						

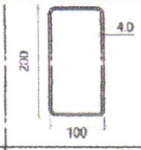
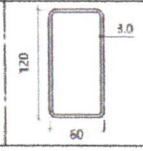
Comprobación de resistencia														
Descripción	Lado (mm)	t (mm)	l (mm)	Electrodo	Metal Base	Cortante (Metal Soldadura)			Tensiones (Metal Base)			Factor Resistencia	
				F_w (MPa)	F_y (MPa)	Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	ϕ Material base	ϕ Soldadura
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												
Soldadura en ángulo	Se adopta el lado de soldadura cuyo espesor de garganta aporta una resistencia igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												

9.3. Unión soldada tipo 2

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles										
Pieza	Descripción	Geometría					Acero			
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	F_y (kp/cm²)	F_u (kp/cm²)	
Cordón	ESTRUC RECT 200x100x4.0mm		100	200	4	6	A572 50ksi	3516.8	4587.2	
Diagonal	ESTRUC RECT 120x60x3.0mm		60	120	3	4.5	A572 50ksi	3516.8	4587.2	

c) Comprobación

1) Cordón ESTRUC RECT 200x100x4.0mm

Comprobaciones geométricas						
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites		Estado	Recomendación
			Mínimo	Máximo		
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80	Cumple	--
Límite elástico	kp/cm²	3516.8	--	3669.7	Cumple	--
Espesor	mm	4.0	2.5	25.0	Cumple	--
H/B	--	2.00	0.50	2.00	Cumple	--
B/t	--	25.00	--	35.00	Cumple	--
H/t	--	30.00	--	35.00	Cumple	--

2) Diagonal ESTRUC RECT 120x60x3.0mm

Comprobaciones geométricas						
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites		Estado	Recomendación
			Mínimo	Máximo		
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80	Cumple	--
Límite elástico	kp/cm²	3516.8	--	3669.7	Cumple	--
Espesor	mm	3.0	2.5	25.0	Cumple	--
Ángulo	grados	77.34	30.00	--	Cumple	--
B_b/B	--	0.60	0.25	1.00	Cumple	--
H_b/B_b	--	2.00	0.50	2.00	Cumple	--
B_b/t_b	--	20.00	--	30.10	Cumple	--
H_b/t_b	--	30.00	--	35.00	Cumple	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.597	7.194	8.30
Interacción axil y momentos	--	--	--	13.71

Soldaduras (ANSI/AISC 360-10, CHAPTER J)

Comprobaciones geométricas						
Descripción	Tipo	P.S.	Longitud efectiva		Lado	Profundidad del surco (mm)
			l_{min} (mm)	l (mm)	w (mm)	
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	SMAW	40	77	5	3
Soldadura en ángulo	En ángulo	SMAW	40	276	5	--

P.S.: Proceso de soldeo.
l: Longitud efectiva del cordón de soldadura.
w: Espesor del lado del cordón de soldadura.
--: La comprobación no procede.

Comprobación de resistencia													
Descripción	Lado (mm)	t (mm)	l (mm)	Electrodo	Metal Base	Cortante (Metal Soldadura)			Tensiones (Metal Base)			Factor Resistencia	
				F_w (MPa)	F_y (MPa)	Caso pésimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	Caso pésimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	ϕ Material base	ϕ Soldadura
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												
Soldadura en ángulo	Se adopta el lado de soldadura cuyo espesor de garganta aporta una resistencia igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												

9.4. Consideraciones sísmicas para cubiertas metálicas

En una cubierta metálica conformada por **cerchas en perfil, correas y arriostramientos metálicos**, la acción sísmica presenta una influencia limitada debido a la **baja masa propia del sistema** y a la ausencia de elementos arquitectónicos susceptibles a deformaciones laterales.

Por esta razón, en este tipo de estructuras:

- No se diseñan pórticos dúctiles ni marcos resistentes a momento.
- No existen entrepisos, muros frágiles, ni niveles sucesivos cuyas derivas deban controlarse.
- La respuesta lateral está gobernada por el **sistema de arriostramientos metálicos**, no por flexión en nudos.
- El viento constituye la acción predominante en las cerchas y correas, afectando en mayor medida su diseño.

La acción sísmica **sí se incorpora**, de acuerdo con el Título A de la NSR-10, con los siguientes propósitos:

- Determinar **esfuerzos globales** en el sistema estructural.
- Verificar la **estabilidad general** frente a acciones horizontales.
- Integrar la acción sísmica en las **combinaciones de carga** normativas.
- Garantizar una demanda sísmica acorde con la **masa reducida** de la estructura.

El diseño final está gobernado principalmente por:

- Cargas gravitacionales
- Acción del viento
- Configuración de arriostramientos
- Geometría de cerchas y correas

La memoria integra el criterio ingenieril y los resultados del análisis estructural conforme a la NSR-10, garantizando economía, funcionalidad y seguridad para la cubierta metálica.

10. CIMENTACIÓN

10.1. Zapatas aisladas

10.1.1. Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N1, N4, N53 y N6	Zapata cuadrada Anchura: 140 cm Canto: 35 cm	Sup X: 7Ø1/2"c/20 Sup Y: 7Ø1/2"c/20 Inf X: 7Ø1/2"c/20 Inf Y: 7Ø1/2"c/20
N3 y N52	Zapata cuadrada Anchura: 160 cm Canto: 40 cm	Sup X: 6Ø5/8"c/27 Sup Y: 6Ø5/8"c/27 Inf X: 6Ø5/8"c/27 Inf Y: 6Ø5/8"c/27
N5, N31 y N32	Zapata cuadrada Anchura: 180 cm Canto: 45 cm	Sup X: 8Ø5/8"c/22 Sup Y: 8Ø5/8"c/22 Inf X: 8Ø5/8"c/22 Inf Y: 8Ø5/8"c/22

10.1.2. Comprobación

Referencia: N1, N4, N53 y N6
-Dimensiones: 140 x 140 x 35
-Armados: Xi:Ø1/2"c/20 Yi:Ø1/2"c/20 Xs:Ø1/2"c/20 Ys:Ø1/2"c/20

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE*		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 1.20 kp/cm² Calculado: 0.14 kp/cm²	Cumple
-Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 1.80 kp/cm² Calculado: 0.13 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 1.50 kp/cm² Calculado: 0.22 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 1.50 kp/cm² Calculado: 0.30 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 2.25 kp/cm² Calculado: 0.25 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 220.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 1512.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.50 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.21 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.91 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.38 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: *Criterio de CYPE*	Máximo: 630 t/m²	
-Situaciones persistentes:	Calculado: 5.35 t/m²	Cumple

Referencia: N1, N4, N53 y N6 -Dimensiones: 140 x 140 x 35 -Armados: Xi:Ø1/2"c/20 Yi:Ø1/2"c/20 Xs:Ø1/2"c/20 Ys:Ø1/2"c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 1.83 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Capítulo C.15.7 (norma NSR-10)*	Mínimo: 21 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:	Mínimo: 44 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Capítulo C.7.12.2.1 (norma NSR-10)*	Mínimo: 0.0018	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.00181	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.00181	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.00181	Cumple
- Armado superior direccion Y:	Calculado: 0.00181	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Criterio de CYPE*	Mínimo: 10 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12.7 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12.7 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Criterio de CYPE*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 41 cm Calculado: 41 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 41 cm Calculado: 41 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple

Referencia: N1, N4, N53 y N6 -Dimensiones: 140 x 140 x 35 -Armados: Xi:Ø1/2"c/20 Yi:Ø1/2"c/20 Xs:Ø1/2"c/20 Ys:Ø1/2"c/20		
Comprobación	Valores	Estado
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 41 cm Calculado: 41 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 41 cm Calculado: 41 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas la comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.03 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 26.37 t - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 26.37 t		
Referencia: N3 y N52 -Dimensiones: 160 x 160 x 40 -Armados: Xi:Ø5/8"c/27 Yi:Ø5/8"c/27 Xs:Ø5/8"c/27 Ys:Ø5/8"c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE*		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 1.20 kp/cm² Calculado: 0.16 kp/cm²	Cumple
-Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 1.80 kp/cm² Calculado: 0.14 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 1.50 kp/cm² Calculado: 0.21 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 1.50 kp/cm² Calculado: 0.29 kp/cm²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 2.25 kp/cm² Calculado: 0.25 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 273.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 1644.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.74 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.28 t·m	Cumple

Referencia: N3 y N52 -Dimensiones: 160 x 160 x 40 -Armados: Xi:Ø5/8"c/27 Yi:Ø5/8"c/27 Xs:Ø5/8"c/27 Ys:Ø5/8"c/27		
Comprobación	valores	Estado
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.16 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.42 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
Criterio de CYPE	Máximo: 630 t/m²	
- Situaciones persistentes:	Calculado: 6.26 t/m²	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 1.77 t/m²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 21 cm	
Capítulo C.15.7 (norma NSR-10)	Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 44 cm	
N3:	Calculado: 44 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
Capítulo C.7.12.2.1 (norma NSR-10)	Mínimo: 0.0018	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
Criterio de CYPE	Mínimo: 10 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 15.875 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 15.875 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
Criterio de CYPE	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 30 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 30 cm Calculado: 57 cm	Cumple

Referencia: N3 y N52 -Dimensiones: 160 x 160 x 40 -Armados: Xi:Ø5/8"c/27 Yi:Ø5/8"c/27 Xs:Ø5/8"c/27 Ys:Ø5/8"c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 30 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 30 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 25 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
Se cumplen todas la comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.03 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 35.05 t - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 35.05 t		

10.2. Pedestales

El diseño de los pedestales de concreto reforzado se realizó conforme a los criterios establecidos en la Norma Sismo Resistente NSR-10, Título C (Concreto estructural), considerando su función como elemento de transición entre la superestructura y la cimentación. Los pedestales fueron diseñados para resistir las solicitaciones de carga axial, flexión y cortante transmitidas por las columnas, garantizando un comportamiento adecuado frente a cargas gravitacionales y sísmicas.

La verificación estructural se efectuó en el Estado Límite Último (E.L.U.), evaluando la capacidad resistente frente a solicitaciones normales mediante las expresiones de interacción axial–flexión (N–M), así como la resistencia a cortante de acuerdo con los modelos establecidos por la norma. La resistencia nominal a flexión se determinó a partir del equilibrio de fuerzas internas en la sección, considerando el bloque equivalente de compresión del concreto y la contribución del acero de refuerzo, mientras que la resistencia a cortante se evaluó considerando el aporte del concreto y del refuerzo transversal, según corresponda.

El armado longitudinal y transversal adoptado cumple con los requisitos de cuantía mínima y máxima, espaciamiento de estribos y disposiciones constructivas exigidas por la NSR-10, garantizando la ductilidad, confinamiento y capacidad resistente del elemento. Los resultados del diseño se resumen en las tablas presentadas, en las cuales se indica el grado de aprovechamiento y el estado final de cumplimiento de cada pedestal.

Armado de pilares

Hormigón: f'c=210

Pilar	Geometría			Armaduras						Aprov	Estado
		Dimensiones	Tramo	Barras				Estribos		(%)	
	Planta	(cm)	(m)	Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción (1)	Separación (cm)		
N1	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N3	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N4	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N5	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N6	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N31	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N32	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N52	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple
N53	N-1.00	30x40									
	Cimentación	-		4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.08	13eØ3/8"	7	85.0	Cumple

Notas:

(1) e – estribo

Calculó,

ABEL HELIT ALVARADO NÚÑEZ
INGENIERO CIVIL-CONSULTOR
ESP. EN ING. DE ESTRUCTURAS
M.P. No 15202151244 BYC

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ *La configuración estructural correspondió a una estructura metálica liviana configurada mediante cerchas en perfiles apoyadas sobre columnas y estabilizada mediante arriostramientos diagonales, clasificada conforme a la NSR-10 (Título F) como un sistema con arriostramiento concéntrico. En este tipo de sistema, la resistencia frente a cargas laterales se desarrolla principalmente a través de esfuerzos axiales en los elementos de arriostramiento, mientras que las conexiones pueden idealizarse como articuladas. Las cerchas transmiten las cargas gravitacionales hacia los apoyos, las correas distribuyen las cargas de cubierta, y las columnas conducen las cargas hacia la cimentación. La estabilidad global del sistema se garantiza mediante la triangulación estructural y la adecuada disposición de los arriostramientos, conforme a los criterios de diseño por resistencia establecidos en el Título F de la NSR-10.*

- ✓ *Debido a la baja masa propia de la estructura, la demanda sísmica es reducida. Aun así, la acción sísmica se integra en el análisis para verificar estabilidad global y combinar adecuadamente las cargas según el Título A de la NSR-10. La cubierta cumple con el enfoque normativo aplicable sin sobredimensionar el sistema estructural.*

- ✓ *El análisis evidencia que las presiones y succiones de viento son las acciones más relevantes para el diseño de cerchas, correas, arriostramientos y conexiones, siendo estas las que definen los esfuerzos máximos y, por tanto, el dimensionamiento principal de los elementos metálicos.*

- ✓ *Las uniones soldadas en los nudos de la cercha y las placas base metálicas sobre columnas y pedestales transmiten adecuadamente los esfuerzos axiales y de corte propios del sistema. Su diseño verifica capacidad en soldaduras, pernos, placa base y contacto con el concreto, cumpliendo los requisitos del Título F y la AISC 360.*

- ✓ *Las uniones han sido verificadas estructuralmente conforme a los criterios del NSR-10 – Título F, empleando las disposiciones de AISC 360 y RCSC para conexiones atornilladas y soldadas, comprobándose que cumplen ampliamente en resistencia, estabilidad local y capacidad de transferencia de cargas, incluso considerando efectos de excentricidad. Por lo anterior, cualquier modificación no controlada en geometría, disposición de pernos, espesores de placas o detalles de soldadura podría comprometer el comportamiento articulado previsto del sistema de cerchas y su desempeño estructural global.*

- ✓ *La elección de un sistema arriostrado metálico evita sobredimensionamientos innecesarios, mantiene la simplicidad constructiva y garantiza un comportamiento estructural seguro frente a cargas gravitacionales, viento y sismo, cumpliendo con los requerimientos normativos aplicables a cubiertas metálicas.*

- ✓ *El conjunto de cerchas, columnas y arriostramientos proporciona una configuración resistente con trayectos claros de transmisión de cargas, asegurando estabilidad frente a acciones laterales y condiciones de servicio normales.*

- ✓ *La estructura cumple con los requisitos de los Títulos A, B, C y F de la NSR-10 para una estructura metálica. En conjunto, el diseño estructural es seguro, estable, eficiente y cumple normativa.*

- ✓ *Se determinaron elementos tipo cercha de acero conformado, con Capacidad Especial de Disipación de Energía (DES). La estructura de apoyo se encuentra en la cota 1.40m. La estructuración indicada planteó el desarrollo de luces de 3.00m y 6.80m.*

- ✓ *Se recomienda llevar a cabo lo dispuesto en los planos estructurales de obra, donde se indican los detalles de armado de las estructuras diseñadas, así mismo las especificaciones técnicas de los materiales.*

- ✓ *Se recomienda disponer de personal idóneo en la construcción de la estructura de apoyo para paneles, tanto en su infraestructura como en su superestructura, para que cumpla con las especificaciones establecidas en los cálculos estructurales.*

- ✓ *Es importante que se lleve a cabo el seguimiento por parte del calculista, así mismo que se dé cumplimiento con lo establecido en el decreto 945 de 2017 y la resolución 017 de 2017.*

Atentamente,

ABEL HELIT ALVARADO NÚÑEZ
INGENIERO CIVIL-CONSULTOR
ESP. EN ING. DE ESTRUCTURAS
M.P. No 15202151244 BYC

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4656171

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que ABEL HELIT ALVARADO NUÑEZ, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 7173698, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-151244 desde el 21 de Febrero de 2008, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 150.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los seis (06) días del mes de Agosto del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

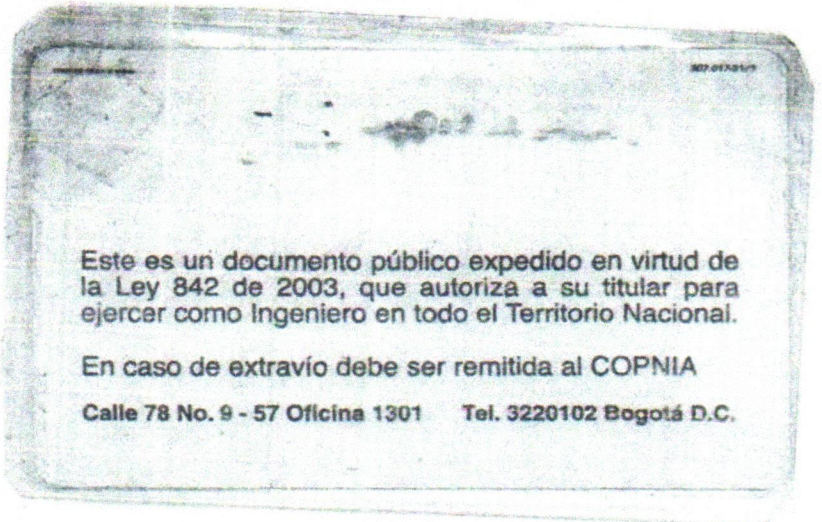
(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA

15202151244BYC
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 21/02/2003
ABEL HELIT
ALVARADO NUÑEZ
C.C. 7173698
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 57 Oficina 1301 Tel. 3220102 Bogotá D.C.



REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
7173698
NUMERO
ALVARADO NUÑEZ
APELLIDOS
ABEL HELIT
NOMBRES
FIRMA



FECHA DE NACIMIENTO 26-NOV-1977
TUNJA
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70 ESTATURA
O+ G.S. RH
M SEXO
25-SEP-1996 TUNJA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
IVAN DUQUE ESCOBAR
INDICE DERECHO
A-0700100-33089642-M-0007173698-20010622 02842 01173B 01 101017965

OFICIO DE AVAL AL DISEÑO ESTRUCTURAL

Señores
ALCALDIA MUNICIPAL DE AGUAZUL
Secretaria de Infraestructura
Ciudad

Asunto: Aval al diseño estructural para estructura de soporte de paneles solares
Referencia: Contrato de Consultoría No. **0827 de 2025**
Objeto: Realizar estudios y diseños para determinar la viabilidad de la construcción de pozo profundo para el suministro de agua en la vereda Turúa - sector Cusiana 2 y en la institución educativa colegio Turúa sede central, así como el estudio y diseño de la reconversión energética para el sistema de bombeo de los pozos profundos del sistema de abastecimiento de la comunidad de las veredas rurales de Aguazul Casanare

Cordial saludo:

En mi calidad de **Ingeniero Civil, especialista en estructuras**, identificado con cédula de ciudadanía No. 80.090.925 y matrícula profesional No. 15202-150317 BYC, profesional presentado en la propuesta del contrato de la referencia, me permito manifestar que he realizado la **revisión técnica del diseño estructural correspondiente al sistema de soporte para la instalación de paneles solares**, elaborado por el profesional Abel Helit Alvarado Núñez, con matrícula profesional No. 15202-151244 BYC.

Una vez revisados los planos estructurales, memoria de cálculo, detalles constructivos y demás documentación técnica suministrada, se verificó que la solución propuesta contempla los elementos estructurales, conexiones, anclajes y condiciones de carga requeridas para garantizar la estabilidad y adecuado funcionamiento del sistema de soporte.

Con base en la revisión efectuada, **AVALO TÉCNICAMENTE** el diseño estructural para el soporte de los paneles solares, considerándolo técnicamente viable para su incorporación como parte de los productos de la presente consultoría, de conformidad con la documentación revisada y la normativa técnica aplicable.

Se deja constancia de que el presente documento corresponde al **aval y revisión técnica del diseño**, sin que ello implique la autoría de los cálculos y documentos de diseño, cuya responsabilidad corresponde al profesional que los elaboró.

El presente aval se expide para los fines contractuales y administrativos pertinentes.

Atentamente,

WILFRAN GUTIERREZ TORRES
Ingeniero Civil / Estructural
Matrícula Profesional No. **15202-150317 BYC**
Profesional presentado en la propuesta
U.T. DISEÑO ENERGETICO AGUAZUL 2025

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4669940

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que WILFRAN GUTIERREZ TORRES, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 80090925, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-150317 desde el 24 de Enero de 2008, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 56.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los trece (13) días del mes de Agosto del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

15202150317BYC

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **24/01/2008**

WILFRAN

GUTIERREZ TORRES

C.C. 80090925

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA

Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO



REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 80.090.925

GUTIERREZ TORRES
APELLIDOS

WILFRAN
NOMBRES

FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 24-SEP-1981

SOGAMOSO
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO

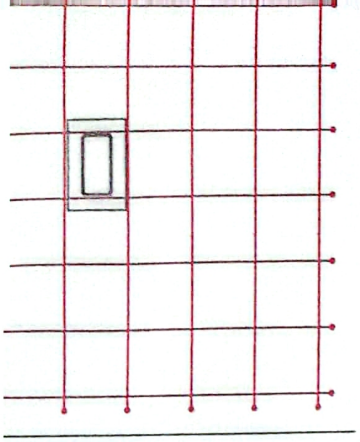
1.65 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

02-DIC-1999 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

A 4600100-00132968-M-0080090925-20081202 0007407166A 1 30880058

PLANOS



180

según NSR-10.

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

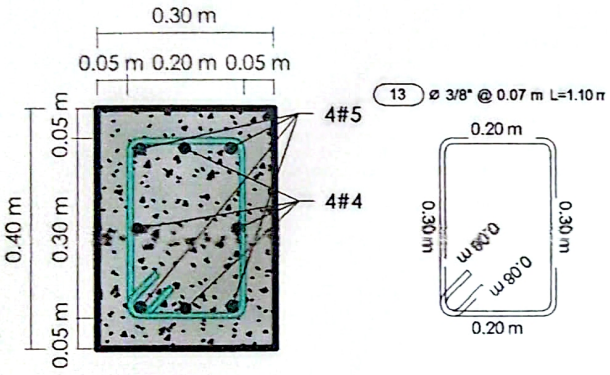
- No fundir concreto sobre suelo saturado o material suelto.
- Curado mínimo del concreto: 7 días.
- Verificar alineación, plomo y nivel en elementos estructurales.
- Evitar modificaciones estructurales sin aprobación del diseñador.
- Todas las dimensiones y refuerzos deben seguir planos estructurales.

SEGURIDAD Y EJECUCIÓN

- Cumplir normas de seguridad industrial.
- Control de verticalidad, nivelación y alineación.
- Protección del acero contra corrosión antes del vaciado.

NOTAS ADICIONALES

- Todas las dimensiones deberán verificarse en obra antes de la ejecución.
- Cualquier discrepancia entre planos deberá ser consultada al diseñador estructural.
- No se permite el uso de materiales deteriorados o fuera de especificación.
- El almacenamiento de materiales debe realizarse en condiciones adecuadas para evitar contaminación o humedad.
- El acero de refuerzo debe colocarse limpio, libre de óxido suelto, grasa o pintura.
- Las juntas de construcción deberán ubicarse según indicaciones del diseñador.
- Se debe garantizar adecuada vibración del concreto durante el vaciado.
- Evitar segregación y exceso de agua en las mezclas de concreto.
- Las excavaciones deben protegerse contra derrumbes y acumulación de agua.
- Toda la obra deberá cumplir con la supervisión técnica conforme a NSR-10.



Detalle de Pedestal

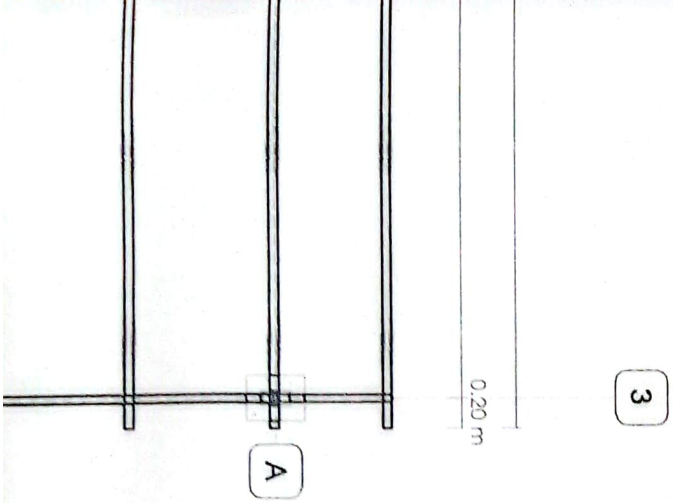
1 : 10

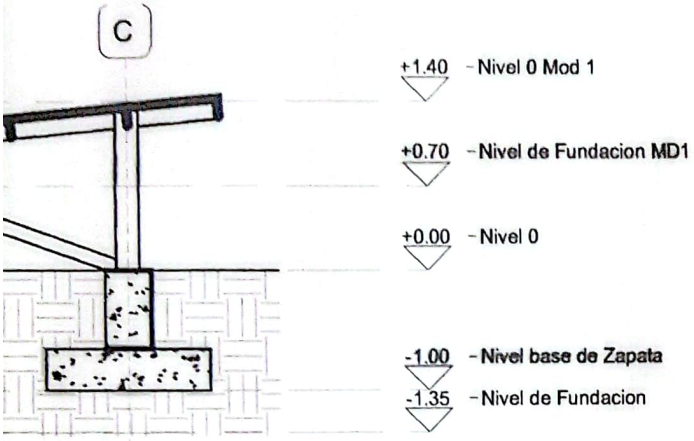
AGUAZUL CASANARE

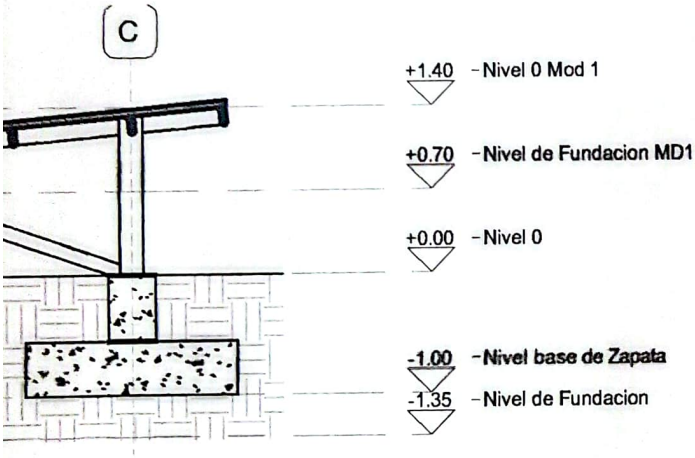
ESCALA:	PLANO N°
Como se indica	EST-01
FECHA:	DE 2
Marzo de 2026	

Powered by CamScanner

según NSR-10.







RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- No fundir concreto sobre suelo saturado o material suelto.
- Curado mínimo del concreto: 7 días.
- Verificar alineación, plomo y nivel en elementos estructurales.
- Evitar modificaciones estructurales sin aprobación del diseñador.
- Todas las dimensiones y refuerzos deben seguir planos estructurales.

SEGURIDAD Y EJECUCIÓN

- Cumplir normas de seguridad industrial.
- Control de verticalidad, nivelación y alineación.
- Protección del acero contra corrosión antes del vaciado.

NOTAS ADICIONALES

- Todas las dimensiones deberán verificarse en obra antes de la ejecución.
- Cualquier discrepancia entre planos deberá ser consultada al diseñador estructural.
- No se permite el uso de materiales deteriorados o fuera de especificación.
- El almacenamiento de materiales debe realizarse en condiciones adecuadas para evitar contaminación o humedad.
- El acero de refuerzo debe colocarse limpio, libre de óxido suelto, grasa o pintura.
- Las juntas de construcción deberán ubicarse según indicaciones del diseñador.
- Se debe garantizar adecuada vibración del concreto durante el vaciado.
- Evitar segregación y exceso de agua en las mezclas de concreto.
- Las excavaciones deben protegerse contra derrumbes y acumulación de agua.
- Toda la obra deberá cumplir con la supervisión técnica conforme a NSR-10.

AGUAZUL CASANARE

ESCALA:
Como se indica

FECHA:
05/01/26

PLANO N°
EST-02

DE 2

Powered by CamScanner