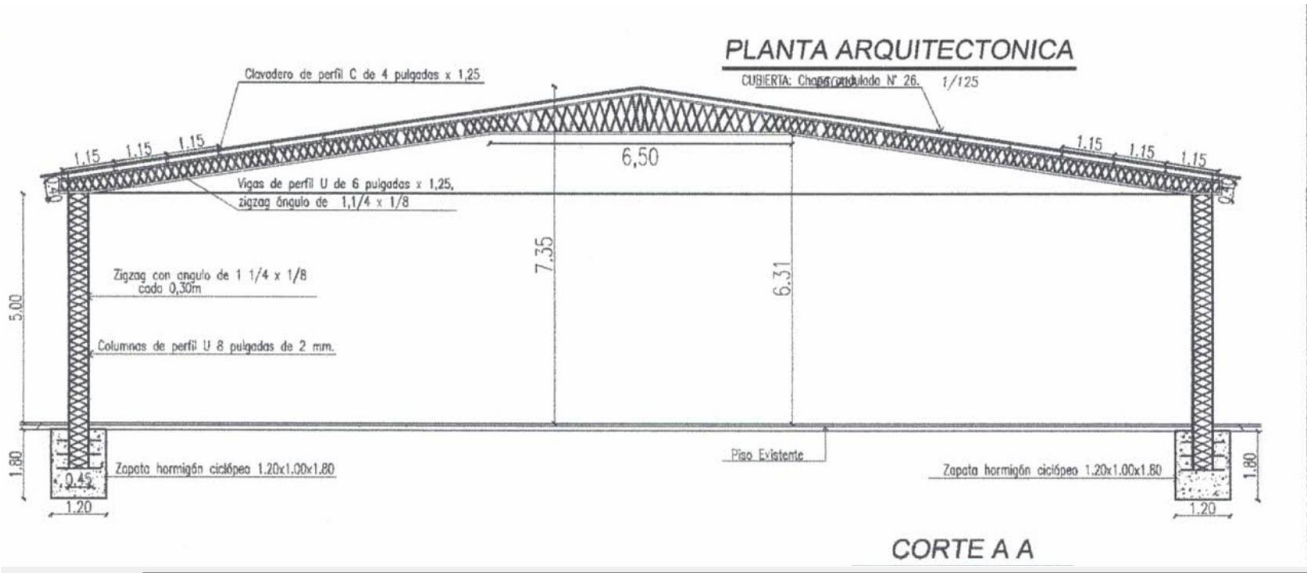
Evaluación de Estructura Metálica Existente

“TINGLADO PARA PISTA DE FORMACION – ESCUELA BASICA N° 209 VICE PRESIDENTE SANCHEZ ”

MUNICIPALIDAD DE SAN COSME Y DAMIAN



Encarnación, Octubre del 2023

1.- General

El presente Trabajo consiste en la Evaluación Estructural de Metálica de la Cubierta de la Pista de Formación, Escuela Básica N° 209 VICEPRESIDENTE SANCHEZ de la Ciudad de San Cosme y Damián.

Se realizara la Evaluación de la Estructura Existente a Pedido de La Municipalidad de San Cosme y Damián debido a la preocupación generada al observar fallas en la estructura construida.

Todos los datos de la Estructura se obtienen de la Dirección Nacional de Contrataciones Púbicas (DNCP) **ID: 362213**

El sistema estructural se compone de:

- Zapatas de Hormigón Ciclópeo - 100 % Ejecutadas. No se hacen verificaciones de las mismas al no tener datos del suelo.
- Pilares Metálicos Tipo Celosía (20x45)cm, Cordones Perfil U 8 Pulg x 2 mm (200 mm x 2mm) y diagonales de perfil Angular (1 ¼ x 1/8) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas.
- Vigas Metálicos Tipo Celosía Sección Variable, Cordones Perfil U 6 Pulg x 1,25 mm (150 mm x 1,25 mm) y diagonales de perfil Angular (1 ¼ x 1/8) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas
- Correas Metálicos, Perfil U 4 Pulg x 1,25 mm (100 mm x 1,25 mm) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas

El modelado de la Estructura se realiza con el Software Cype 3d, la cual permite el cálculo tridimensional de la estructura teniendo en cuenta todos los factores que influyen en la misma.

2.- Normas consideradas

Acero conformado: AISI S100-2016 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-22 (LRFD)

Categoría de uso: General

Viento: Norma Paraguaya de Vientos

2.1.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Acero conformado	AISI/NASPEC-2016 (LRFD) ASCE 7
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-22 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Acciones características

2.2.1.- Situaciones de proyecto

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

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
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

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

E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2016 (LRFD)

E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-22 (LRFD)

3.- Materiales Utilizados

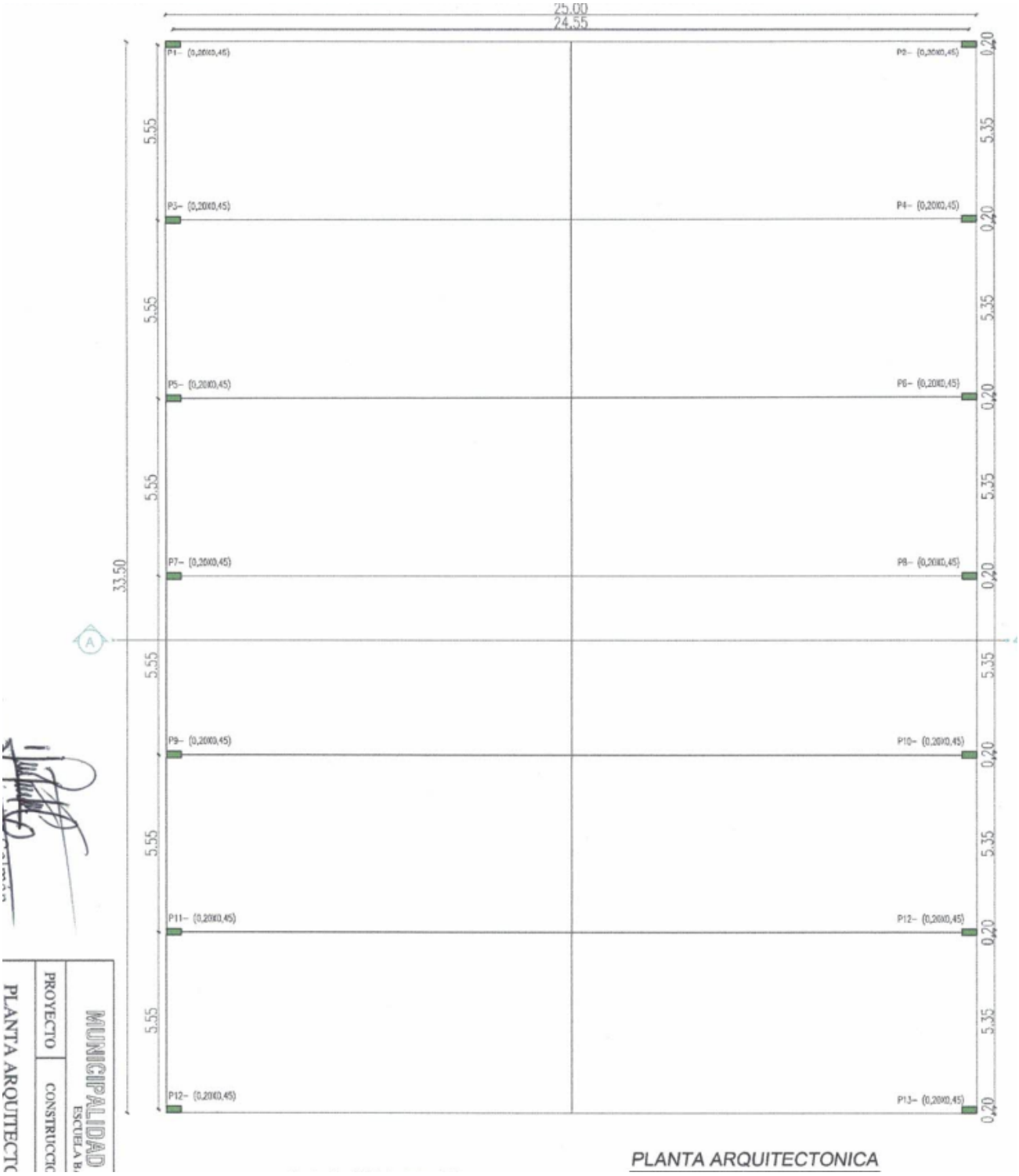
Materiales utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	$\alpha_{\cdot t}$	γ
Tipo	Designación	(kp/cm²)		(kp/cm²)	(kp/cm²)	(m/m°C)	(t/m³)
Acero laminado	A36	2038736.0	0.300	815494.4	2548.4	0.000012	7.850
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2069317.0	0.300	795891.2	2548.4	0.000012	7.850
Hormigón	H-20	239551.5	0.200	99813.1	-	0.000010	2.500

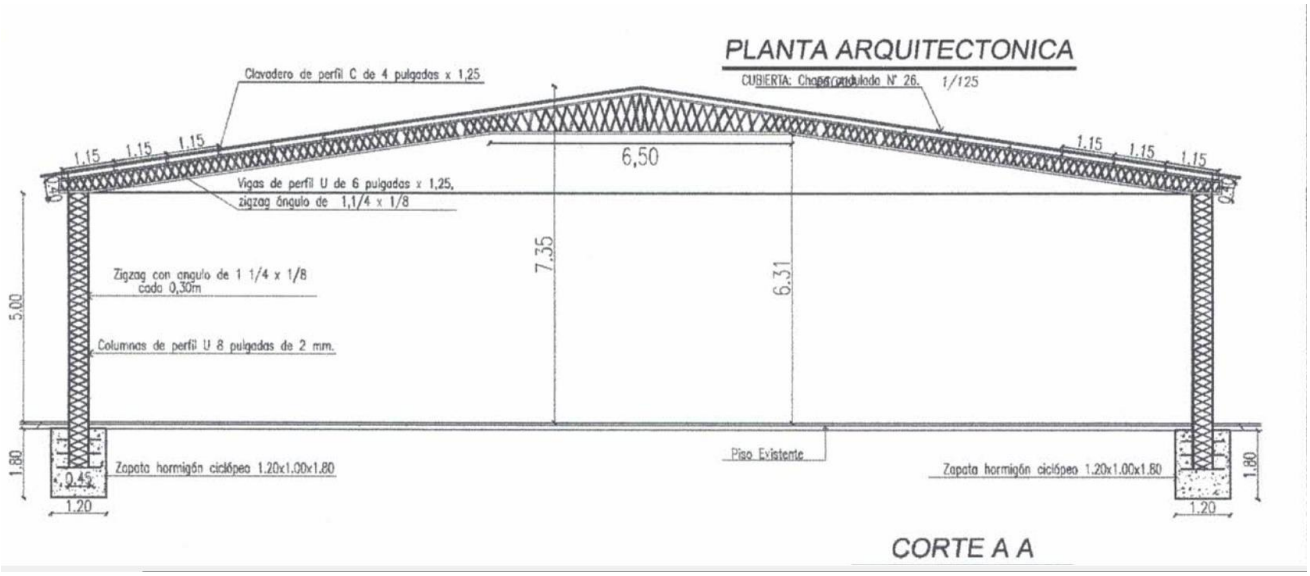
Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de poisson
G: Módulo de elasticidad transversal
f_y: Límite elástico
$\alpha_{\cdot t}$: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

4.- Consideraciones de Cálculo.

a- Cargas de Viento Según Norma Paraguaya de Vientos.
b- Peso de La Cobertura: 10 Kg/m2.
c- Sobrecarga de Cobertura: 25 kg/m2.
d- Velocidad Básica del Viento: 50 m/seg (180 km/hora).
e- Categoría IV
f- Clase B
g- Factor Probabilístico: Grupo 2
h- Tipo de Construcción: Abierta

5.- Verificación de la Estructura.





- Zapatas de Hormigón Ciclópeo - 100 % Ejecutadas. No se hacen verificaciones de las mismas al no tener datos del suelo.
- Pilares Metálicos Tipo Celosía (20x45)cm, Cordones Perfil U 8 Pulg x 2 mm (200 mm x 2mm) y diagonales de perfil Angular (1 ¼ x 1/8) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas.
- Vigas Metálicos Tipo Celosía Sección Variable, Cordones Perfil U 6 Pulg x 1,25 mm (150 mm x 1,25 mm) y diagonales de perfil Angular (1 ¼ x 1/8) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas
- Correas Metálicos, Perfil U 4 Pulg x 1,25 mm (100 mm x 1,25 mm) (Acero Conformado A-36), 100% Ejecutadas

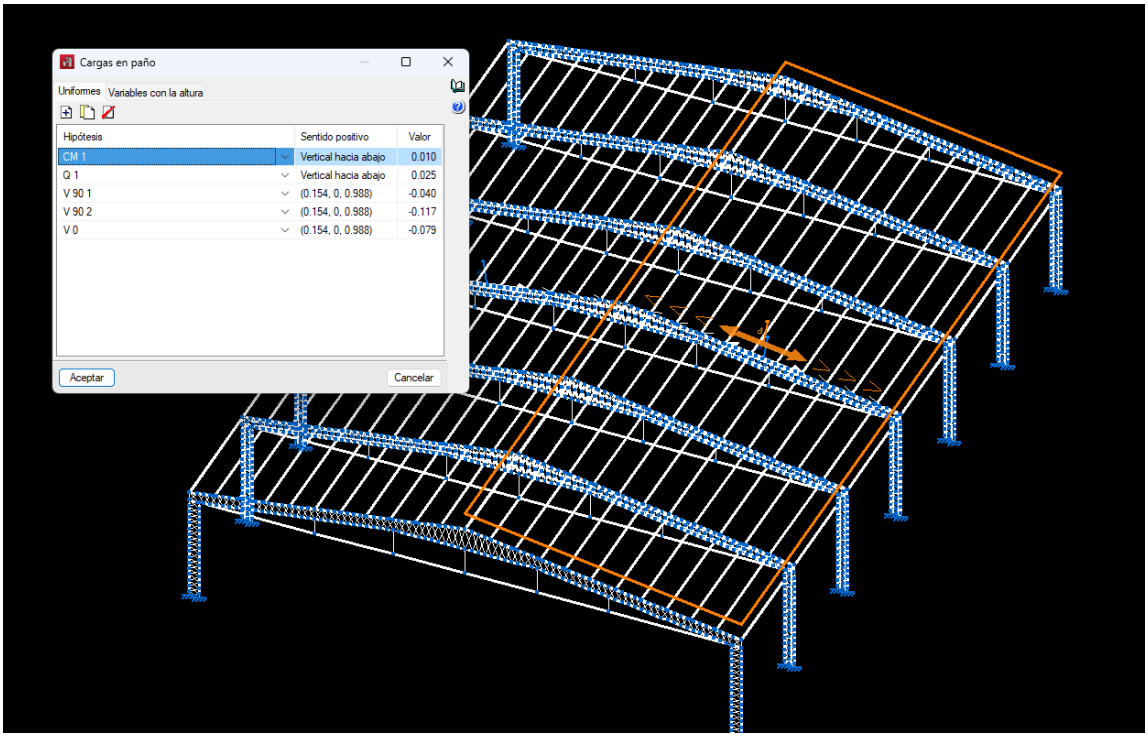
5.1.- Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

Todas las cargas son exportadas del software, Generador de Pórticos en forma Automática.

PP	Peso propio	
Q1	Sobrecarga de uso	0.025 Tn/m2
CM1	Carga Muerta	0,010 Tn/m2
V 90° 1	Viento 90° 1	0,117 Tn/m2
V 90° 2	Viento 90° 2	0,040 Tn/m2
V 0°	Viento 0°	0,079 Tn/m2

- Cargas en la Cubierta.



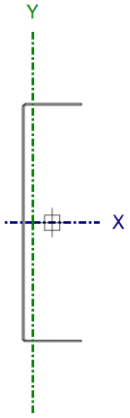
-

6.- Resultados

- 6.1 Comprobación E.L.U

- Cordón de Pilar

Perfil: U 200x50x2.0
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N548	N549	0.300	5.87	316.25	11.75	0.08	-15.81	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.300	0.300	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-16 (2016))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_y	M_yV_x	MT	MP	TPTrMV	
N548/N549	x: 0 m w / t > (w / t)Máx. Error(1)	x: 0.3 m η = 109.6	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 0.3 m η = 67.4	x: 0.3 m η = 485.7	η = 22.8	η = 7.8	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 0.3 m η = 45.9	x: 0.3 m η > 1000.0	x: 0.3 m η = 487.7	N.P.(5)	x: 0.3 m η > 1000.0	**ERROR**

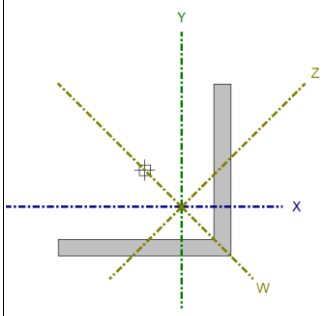
Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_x: Resistencia a flexión alrededor del eje X
M_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y
V_x: Resistencia a corte en la dirección del eje X
V_y: Resistencia a corte en la dirección 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_y: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_x: 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
TPTrMV: 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) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay torsión.
(3) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(4) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Errores:
(1) La sección no cumple los requisitos geométricos. Modifique la sección y vuelva a calcular.

- Diagonales y Montantes del Pilar

Perfil: L 1.1/4 x 1/8"
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_{xy}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)	α(5) (grados)
N544	N527	0.541	1.93	1.67	1.67	0.92	0.06	6.77	-6.77	-45.0

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*
(4) *Producto de inercia*
(5) *Es el ángulo que forma el eje principal de inercia W respecto al eje X, positivo en sentido antihorario.*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.541	0.541	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

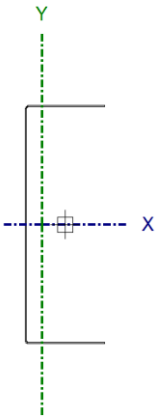
Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-22 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N544/N527	N.P.(1)	λ ≤ 200.0 Cumple	x: 0 m η = 38.3	x: 0 m η = 568.3	x: 0 m η = 526.5	η = 14.2	x: 0 m η = 23.9	x: 0 m η > 1000.0	**NO CUMPLE η > 1000.0**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*

- Cordones de Vigas

Perfil: U 150x50x1.25
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N678	N677	0.300	3.07	101.42	7.01	0.02	-14.46	0.00

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.300	0.300	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

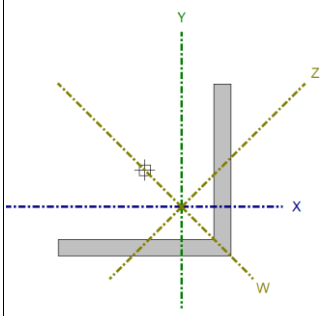
Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-16 (2016))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_y	M_yV_x	MT	MP	TPTrMV	
N678/N677	w / t ≤ (w / t)Máx. Cumple	x: 0.3 m η = 191.4	N.P.(1)	η = 14.0	x: 0.3 m η = 346.1	x: 0 m η > 1000.0	x: 0 m η = 15.6	η = 7.3	x: 0.3 m η = 365.9	x: 0 m η > 1000.0	x: 0.3 m η > 1000.0	x: 0 m η > 1000.0	x: 0 m η > 1000.0	N.P.(2)	x: 0 m η > 1000.0	**NO CUMPLE η > 1000.0**

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_x: 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_y: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_x: 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
TPTrMV: 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) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
(2) *No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

- Diagonales y Montantes de Vigas

Perfil: L 1.1/4 x 1/8"
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_{xy}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)	α(5) (grados)
N683	N674	0.529	1.93	1.67	1.67	0.92	0.06	6.77	-6.77	-45.0

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*
(4) *Producto de inercia*
(5) *Es el ángulo que forma el eje principal de inercia W respecto al eje X, positivo en sentido antihorario.*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.529	0.529	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

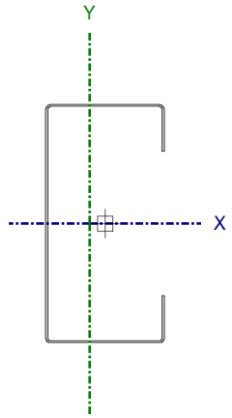
Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-22 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N683/N674	x: 0.529 m η = 44.8	N.P.(1)	N.P.(1)	x: 0 m η = 912.8	x: 0.529 m η = 613.9	η = 2.0	x: 0 m η = 36.0	x: 0 m η > 1000.0	**NO CUMPLE** **η > 1000.0**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*

- Correas

Perfil: C 100x50x20x1.25
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N1709	N1711	5.550	2.90	46.51	11.22	0.02	-6.31	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	5.550	5.550	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-16 (2016))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_y	M_yV_x	MT	MP	TPTrMV	
N1709/N1711	x: 1.041 m w / t ≤ (w / t)Máx. Cumple	η = 0.2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 2.428 m η = 217.0	x: 5.55 m η = 69.9	x: 5.55 m η = 3.8	x: 5.55 m η = 34.5	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 2.428 m η = 471.0	x: 5.55 m η = 49.0	x: 2.428 m η = 261.4	N.P.(5)	x: 2.428 m η = 665.1	**NO CUMPLE** **η = 665.1**

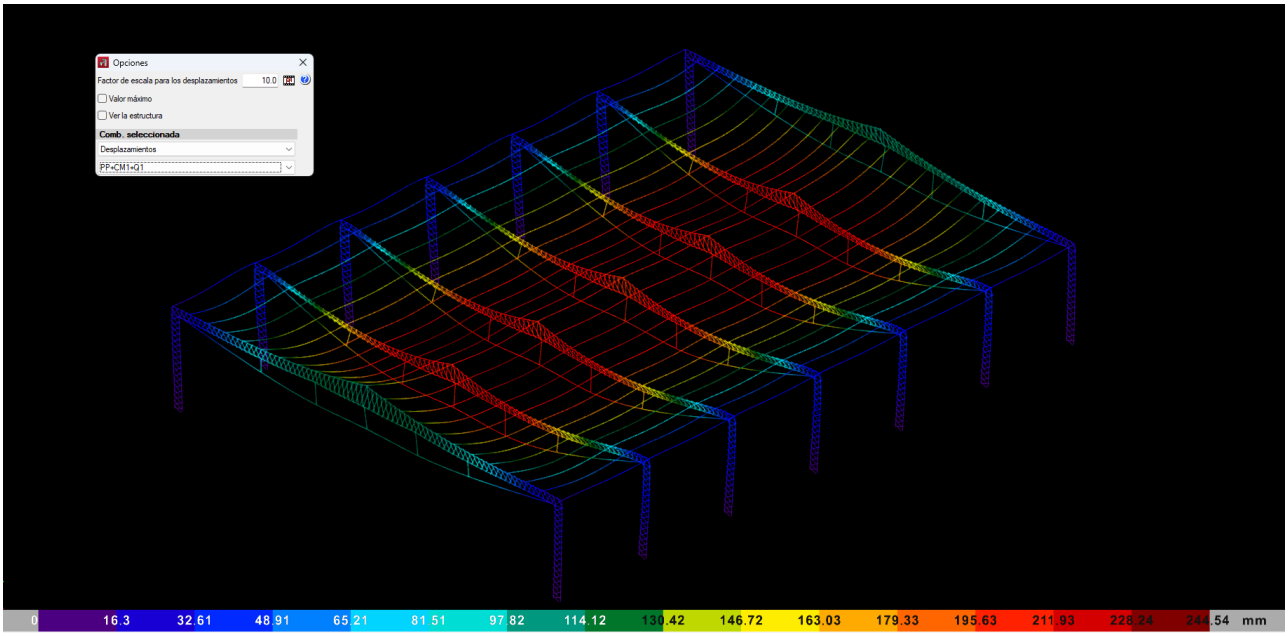
Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_x: Resistencia a flexión alrededor del eje X
M_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y
V_x: Resistencia a corte en la dirección del eje X
V_y: Resistencia a corte en la dirección 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_y: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_x: 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
TPTrMV: 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) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay torsión.
(3) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(4) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

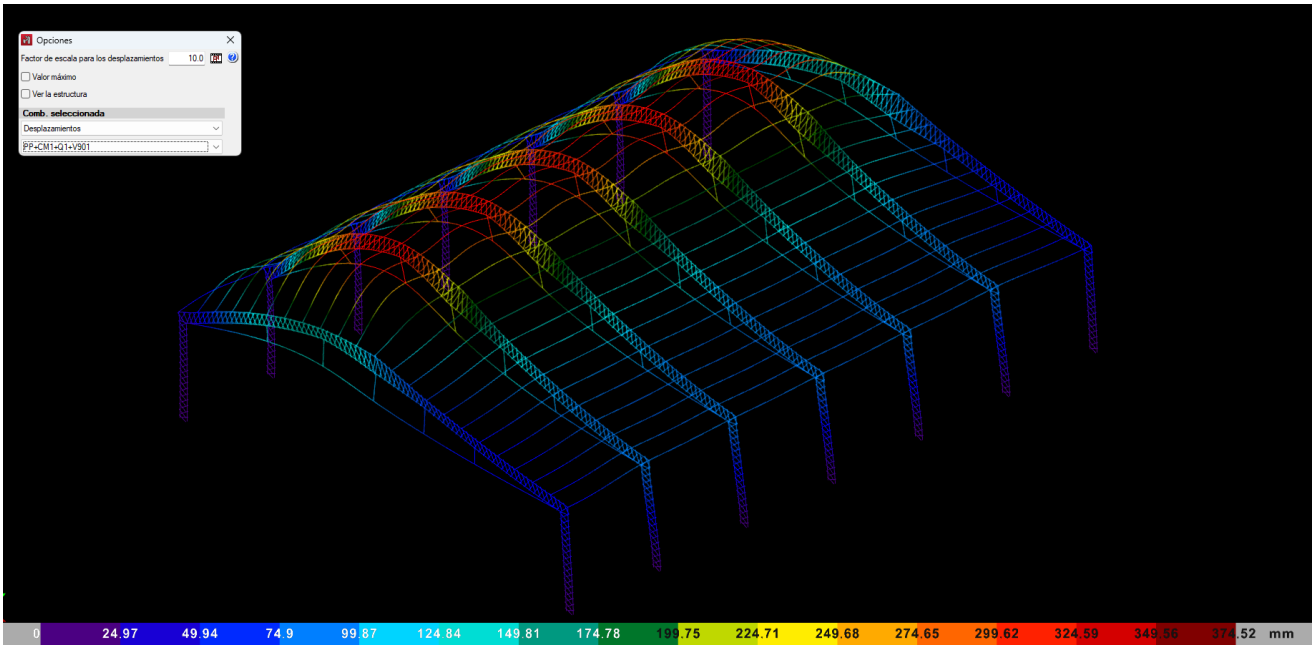
Se Puede verificar que el 100% de la Estructura metálica no cumplen con los requisitos mínimos de los Estados Limites Últimos.

Superando estos ampliamente las resistencias de los materiales utilizados.

- **6.2 Deformaciones**
- Estado 1 PP+Q+Q1



- Estado 2 PP+CM1+Q1+Viento 90º



Se dan deformaciones **Excesivas fuera de los rangos permitidos con** las solicitaciones que actúan sobre la estructura de Techo.

7.- CONCLUSIONES.

Los materiales utilizados para la construcción del presente proyecto, ***NO CUMPLEN CON LOS REQUISITOS MÍNIMOS*** de Resistencia de materiales ni de secciones de los elementos estructurales, para soportar las solicitaciones mínimas que se exigen en la norma de Cálculo de Estructuras Metálicas.

Como se trata de una obra publica ubicada en una Escuela, se recomienda realizar los estudios pertinentes para la Readecuación de la Estructura para que esta cumpla con las exigencias de los códigos de Construcción y Normas de Seguridad.

RENE VICENTE AYALA MAIDANA

Firmado digitalmente por RENE VICENTE AYALA MAIDANA
DN: CN=RENE VICENTE AYALA MAIDANA, O=PERSONA FISICA, C=PY, G=RENE VICENTE, SN=AYALA MAIDANA, SERIALNUMBER=CI4112472, OU=FIRMA F2
Razón: Estoy de acuerdo con partes específicas de este documento
Ubicación:
Fecha: 2023.10.26 09:31:42-03'00'
Foxit PDF Reader Versión: 12.1.2

Ing. Civil. René Vicente Ayala Maidana

Reg. M.O.P.C N° 1.886

Fin Informe