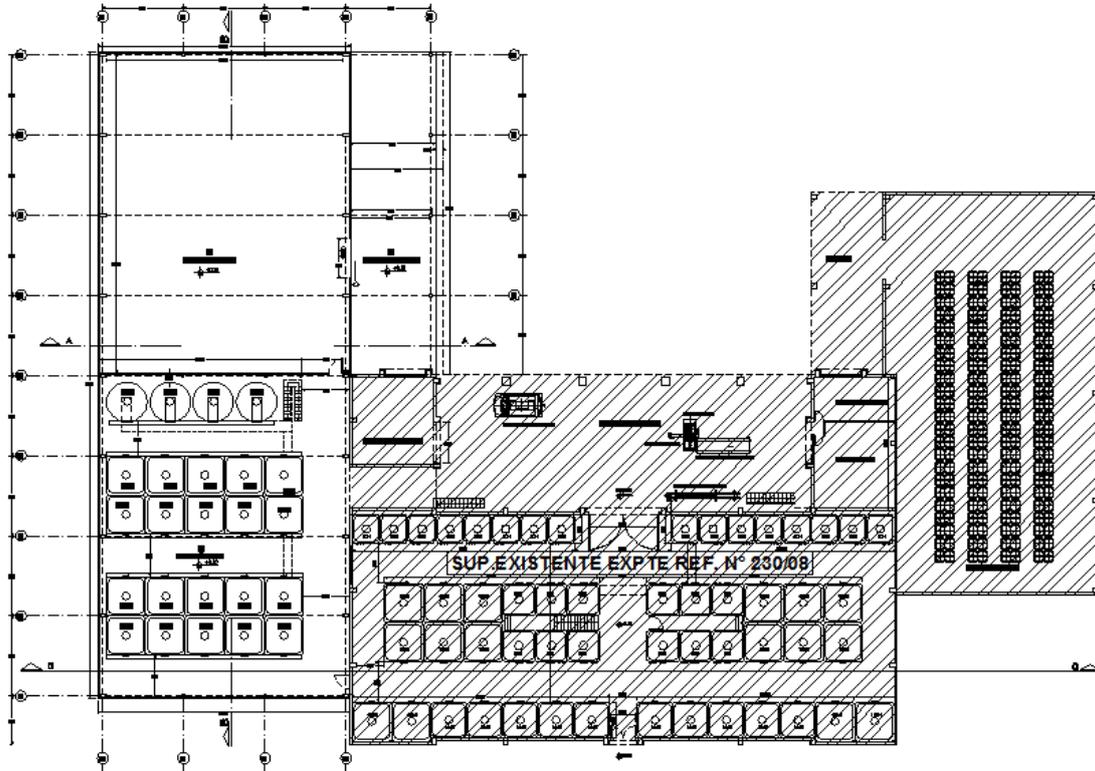
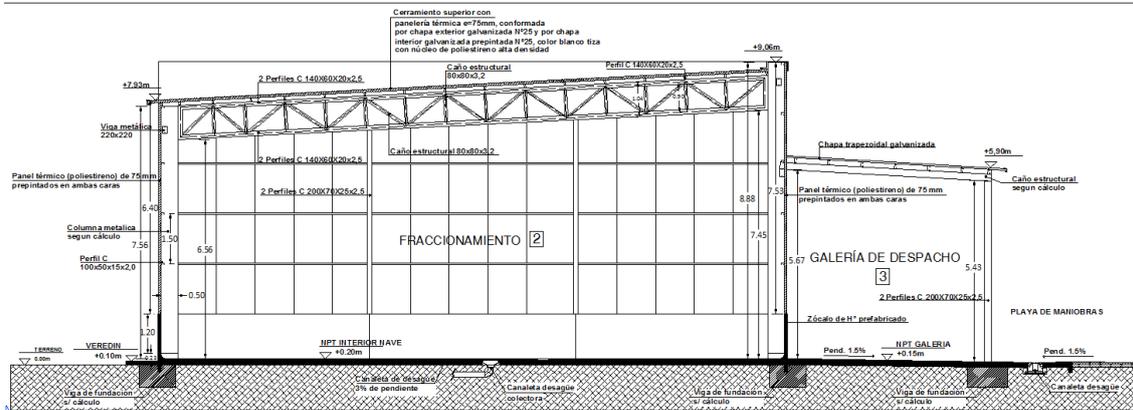


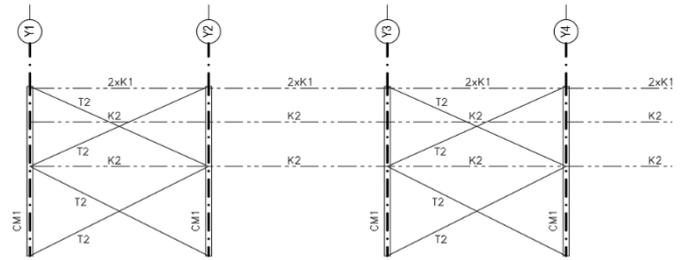
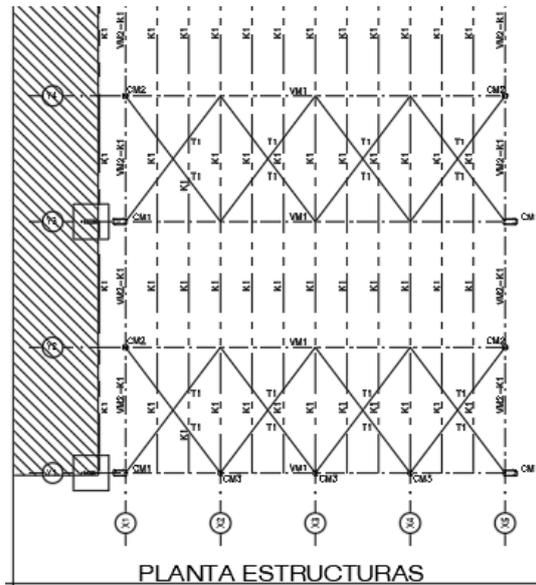
UNIDAD 4: ESTRUCTURAS RETICULADAS - DISEÑO DE VIGA RETICULADA (NAVE - BODEGA):



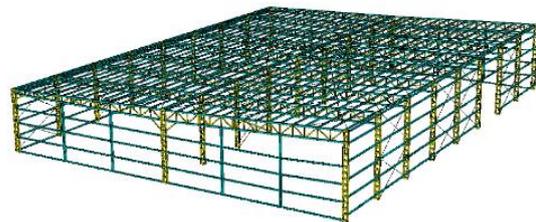
PLANTA BAJA
 ESC. 1:125



CORTE A-A



PLANO X8



1- MATERIALES:

Acero: F-24 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

2- GEOMETRIA:

Long. viga principal. = 15 m

Sep. Planos Estructurales = 6 m

Sep. entre correas = 1 m

Consideraciones apoyo correas por ser la cubierta inclinada.

3- ANÁLISIS DE CARGAS:

Análisis de Cargas: Cubierta de Chapa doble		
Chapa BWG N° 25		10.00 kg/m ²
Correas		10.0 kg/m ²
	D =	20.0 kg/m ²
Acción de la Nieve (Luján de Cuyo)	S =	30.0 kg/m ²
Sobrecarga útiles en cubiertas	Lr =	57.6 kg/m ²
Acción del Viento:	W(+) =	80.0 kg/m ²
	W(-) =	-100.0 kg/m ²
Montaje	Lr =	100.0 kg
Combinaciones de Cargas (CIRSOC 301-2005)		
C1 = 1.4 D =		28.0 kg/m ²
C2 = 1.2 D + 0.5 Lr =		52.8 kg/m ²
C3 = 1.2 D + 0.5 S =		39.0 kg/m ²
C4 = 1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 W(-) =		36.2 kg/m ²
C5 = 1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 W(+) =		180.2 kg/m ²
C6 = 1.2 D + 1.6 S + 0.8 W(-) =		-8.0 kg/m ²
C7 = 1.2 D + 1.6 S + 0.8 W(+) =		136.0 kg/m ²
C8 = 1.2 D + 1.6 W(-) + 0.5 Lr =		-107.2 kg/m ²
C9 = 1.2 D + 1.6 W(+) + 0.5 Lr =		180.8 kg/m ²
C10 = 1.2 D + 1.6 W(-) + 0.5 S =		-121.0 kg/m ²
C11 = 1.2 D + 1.6 W(+) + 0.5 S =		167.0 kg/m ²
C12 = 0.9 D + 1.6 W(-) =		-142.0 kg/m ²
C13 = 0.9 D + 1.6 W(+) =		146.0 kg/m ²
	Cmax =	180.8 kg/m²
	Cmin =	-142.0 kg/m²



4- PREDIMENSIONADO:

Se puede predimensionar la altura de la viga: $L / 5 \geq h \geq L / 15$, se adopta $h = L / 15 = 15 \text{ m} / 15 = 1 \text{ m}$

5- CARGAS SOBRE EL RETICULADO:

Cuando la separación de correas es equidistante y las cargas (reacciones de correas) son todas iguales, se puede considerar como una carga distribuida.

$$q_u = Q_u \cdot \text{Ancho Tributario} = 180.8 \text{ kg/m}^2 \cdot 6 \text{ m} \approx 1085 \text{ kg/m}$$

6- DETERMINACIÓN DE REACCIONES:

Se debe realizar el **DCL**

$$R_{vig} = q_u \cdot L / 2 = 1085 \text{ kg/m} \cdot 15 \text{ m} / 2 = 8137.5 \text{ kg}$$

7- SOLICITACIONES (Realizar Diagramas de Solicitaciones):

$$M = (q_u \cdot L^2) / 8 = (1085 \text{ kg/m} \cdot 15 \text{ m}^2) / 8 = 30515.63 \text{ kg m}$$

$$V = q_u \cdot L / 2 = 1085 \text{ kg/m} \cdot 15 \text{ m} / 2 = 8137.5 \text{ kg}$$

8- ESFUERZOS EN CORDONES Y DIAGONALES:

$$C_u = T_u = M / h = 30515.63 \text{ kg m} / 1 \text{ m} = 30515.63 \text{ kg}$$

Se debe verificar el cordón más desfavorable, es decir el cordón comprimido.

$$D_u = V / \sin \alpha = 8137.5 \text{ kg} / \sin 45^\circ = 9563.4 \text{ kg} \quad (\text{ver qué ángulo se considera en la geometría})$$

Se debe verificar la diagonal más desfavorable, es decir la diagonal comprimida.

9- DISEÑO DE CORDONES POR CONDICIÓN DE RESISTENCIA:

$$P_d = \phi \cdot P_n > P_u \quad P_n = P_u / \phi = 30515.63 \text{ kg} / 0.85 = 35900.74 \text{ kg}$$

$$F_{cr} = P_n / A_g \quad ; \quad P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad \text{se propone un } \lambda = 100, \text{ la tensión } F_{cr} = 144 \text{ MPa} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{g\text{req}} = P_n / F_{cr} = 35900.74 \text{ kg} / 1440 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{24.93 \text{ cm}^2}$$

Si no hay perfiles que cumplan con esa sección necesaria, se pueden considerar las siguientes opciones:

1. Adoptar un λ menor, con lo que se determina una F_{cr} mayor y por ende menor A_g .
2. Adoptar el mayor perfil comercialmente disponible y verificar.
3. Armar un perfil, determinar sus propiedades geométricas (I_x , I_y , r_x , r_y), aplicando el teorema de los ejes paralelos (Teorema de Steiner).

10- DISEÑO DE CORDONES POR CONDICIÓN DE RIGIDEZ:

Esquema estructural: (A-A)

Longitudes de pandeo

$L_{pp} = 1 \text{ m}$ (en el plano del reticulado: entre montantes)

$L_{pfp} = 3 \text{ m}$ (fuera del plano del reticulado: entre triangulaciones)

$$r_{minnec} = L_{pp} / \lambda = k \cdot H / \lambda = 1.0 \cdot 100 \text{ cm} / 100 = 1 \text{ cm}$$

$$r_{maxnec} = L_{pfp} / \lambda = k \cdot H / \lambda = 1.0 \cdot 300 \text{ cm} / 100 = 3 \text{ cm}$$

Vamos a optar por la 3ra. Opción, indicada anteriormente:

Se adopta PCF 2 x (200x80x20x3.2) mm:

$$Ag_1 = 11.98 \text{ cm}^2$$

$$Ag = 2 \cdot Ag_1 = \mathbf{23.96 \text{ cm}^2}$$

$$I_{x1} = 773.57 \text{ cm}^4$$

$$I_{y1} = 103.38 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 2 \cdot I_{x1} = 1547.14 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \cdot (I_{y1} + Ag_1 \cdot d_1^2)$$

$$I_y = 2 \cdot (103.38 \text{ cm}^4 + 11.98 \text{ cm}^2 \cdot (8 \text{ cm} - 2.41 \text{ cm})^2) = 955.46 \text{ cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{I_x / Ag} = \sqrt{1547.14 \text{ cm}^4 / 23.96 \text{ cm}^2} = \mathbf{8.04 \text{ cm}}$$

$$r_y = \sqrt{I_y / Ag} = \sqrt{955.46 \text{ cm}^4 / 23.96 \text{ cm}^2} = \mathbf{6.41 \text{ cm}}$$

Para evitar la deformación por pandeo fuera del plano, se puede considerar a los dos perfiles C (sección cajón), colocados en posición horizontal, es decir rotados 90°.

Verificamos:

$$\lambda_p = L_{pp} / r_{min} = k \cdot H / r_{min} = 1.0 \cdot 100 \text{ cm} / 6.41 \text{ cm} = 15.60 < 200 \quad \text{[VERIFICA]}$$

$$F_{cr} = 237 \text{ MPa} = 2370 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_{pfp} = L_{pfp} / r_{min} = k \cdot H / r_{min} = 1.0 \cdot 300 \text{ cm} / 8.04 \text{ cm} = 37.31 < 200 \quad \text{[VERIFICA]}$$

$$F_{cr} = 223 \text{ MPa} = 2230 \text{ kg/cm}^2$$

11- VERIFICACIÓN POR RESISTENCIA:

Consideramos la menor tensión crítica:

$$P_n = F_{cr} \cdot Ag = 2230 \text{ kg/cm}^2 \cdot 23.96 \text{ cm}^2 = 53430.80 \text{ kg}$$

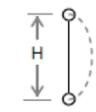
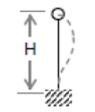
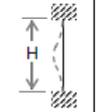
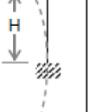
$$P_d = \phi \cdot P_n = 0.85 \cdot 53430.80 \text{ kg} = 45416.20 \text{ kg} > 30515.63 \text{ kg} \quad \text{[VERIFICA]}$$

El cordón traccionado, si se lo materializa con la misma sección que el considerado para el cordón superior, verificaría para el esfuerzo de tracción.

$$T_d = \phi \cdot P_n = \phi \cdot Ag \cdot F_y = 0.9 \cdot 23.96 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 = 51753.60 \text{ kg} > 30515.63 \text{ kg} \quad \text{[VERIFICA]}$$

En caso de que no verificar la C.R. a Compresión, la opción 4 sería aumentar la altura del reticulado (se modificarían las condiciones de Proyecto Arquitectónico), y así bajar el esfuerzo en el cordón comprimido (disminuiría).

Es por ello que se insiste en la importancia del Diseño Estructural junto con el Diseño Arquitectónico, predimensionando las secciones mínimas de los distintos elementos estructurales, para que se cumplan la Condición de Rigidez y la Condición de Resistencia.

Coeficiente "k" para determinar (Lp)			
articulada articulada	articulada empotrada	empotrada empotrada	empotrada libre
			
1.00	0.80	0.65	2.10

Verificación Adicional:

Se debería tener en cuenta y verificar, la condición de carga negativa por succión del viento, es decir que la carga tendría sentido de abajo hacia arriba, produciendo la inversión de los esfuerzos en el reticulado, es decir, el cordón superior estaría traccionado y el cordón inferior comprimido.

Al no tener arriostrado transversalmente dicho cordón, se tendría una $L_{pfp} = 15 \text{ m}!!$. No se tendría un perfil que se oponga a dicha deformación.

Para contrarrestar esta problemática, se suele colocar en correspondencia con las rigidizaciones horizontales, tornapuntas soldadas desde el cordón inferior del reticulado a la correa correspondiente ubicada en la misma vertical, de esta forma se acorta la L_{pfp} , a 3 m como se hizo anteriormente.

La precaución que se debe tener, es que la correa utilizada para soldar las tornapuntas, actúa como un puntal y se debería verificar a compresión (pandeo), dando como resultado secciones de correas mayores (comúnmente se diseñan como perfiles dobles).

12- DISEÑO DE DIAGONALES POR CONDICIÓN DE RESISTENCIA:

$$P_d = \phi \cdot P_n > P_u \quad P_n = P_u / \phi = 9563.4 \text{ kg} / 0.85 = 11251.06 \text{ kg}$$

$$F_{cr} = P_n / A_g \quad ; \quad P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad \text{se propone un } \lambda = 100, \text{ la tensión } F_{cr} = 144 \text{ MPa} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{grec} = P_n / F_{cr} = 11251.06 \text{ kg} / 1440 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{7.81 \text{ cm}^2}$$

13- DISEÑO DE DIAGONALES POR CONDICIÓN DE RIGIDEZ:

Esquema estructural: (A-A)

Longitud de pandeo

$$L_{pp} = \sqrt{1 \text{ m}^2 + 1 \text{ m}^2} = 1.41 \text{ m} \quad (\text{en el plano del reticulado})$$

$$r_{minrec} = L_{pp} / \lambda = k \cdot H / \lambda = 1.0 \cdot 141 \text{ cm} / 100 = 1.41 \text{ cm}$$

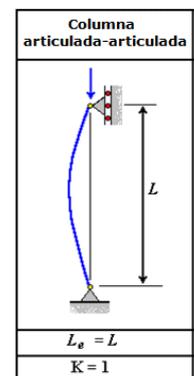
Se adopta CER (80x80x3.2) mm: $A_g = 9.57 \text{ cm}^2$
 $r_x = r_y = 3.11 \text{ cm}$

Verificamos:

$$\lambda_p = L_{pp} / r_{min} = k \cdot H / r_{min} = 1.0 \cdot 141 \text{ cm} / 3.11 \text{ cm} = 45.33 < 150$$

$$F_{cr} = 215 \text{ MPa} = 2150 \text{ kg/cm}^2$$

[VERIFICA]



14- VERIFICACIÓN POR RESISTENCIA:

Consideramos la menor tensión crítica:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 2150 \text{ kg/cm}^2 \cdot 9.57 \text{ cm}^2 = 20575.5 \text{ kg}$$

$$P_d = \phi \cdot P_n = 0.85 \cdot 20575.5 \text{ kg} = 17489.18 \text{ kg} > 9563.4 \text{ kg} \quad \mathbf{[VERIFICA]}$$

La diagonal traccionada, si se materializa con el mismo caño estructural que el considerado para la diagonal comprimida, verificaría para el esfuerzo de tracción.

$$T_d = \phi \cdot P_n = \phi \cdot A_g \cdot F_y = 0.9 \cdot 9.57 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 = 20671.2 \text{ kg} > 9563.4 \text{ kg} \quad \mathbf{[VERIFICA]}$$

Constructivamente, los montantes se materializan con el mismo caño cuadrado, diseñado para las diagonales.

Se deja para el alumno, realizar:

- Detalle a escala de la sección transversal diseñada del reticulado.
- Detalle de un nudo del reticulado.
- Diseñar la columna de acero y/u hormigón armado como apoyo de dichas vigas reticuladas.