

DNC
TP6

Cátedra: **ESTRUCTURAS – NIVEL 1**

Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO

Trabajo Práctico N°6: Esfuerzos Simples en Estructuras Reticulares

Curso 2024

Elaboró: Ing.Pinasco-Ing.Granada

Revisión:4

Fecha: abril 2024

Objetivo

Comprensión de la forma de transferir esfuerzos de las estructuras reticulares.

Profundización del manejo de análisis de cargas, para la obtención de las fuerzas actuantes sobre los elementos estructurales.

Aplicación del método de los nudos y de procedimientos geométricos (Ritter, Cullman, etc.), para hallar esfuerzos directos en reticulados.

Utilización de conceptos de trigonometría.



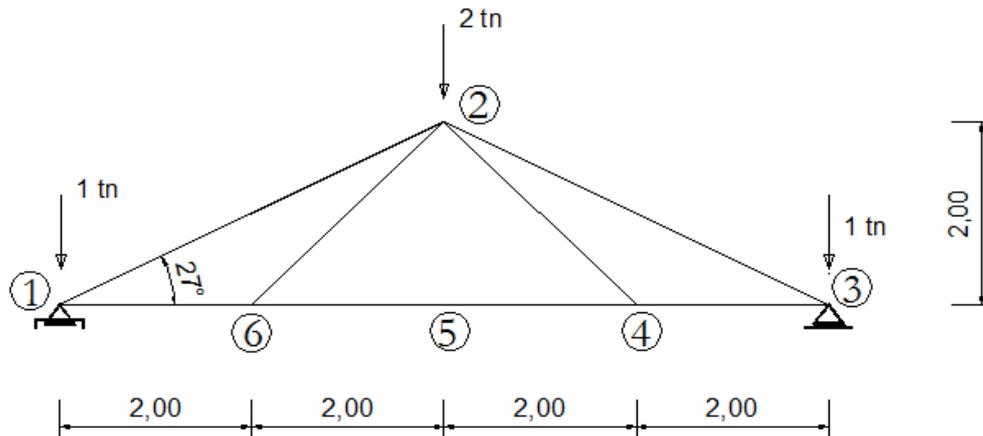
Copertura Palazzo del Ghiaccio – Comune Di Folgaria – Trento - Italia



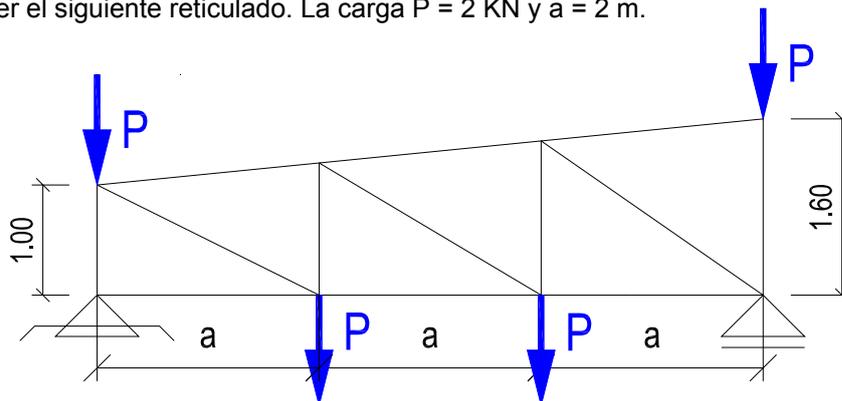
Viaducto
La Polvorilla
Tren a las Nubes
Salta-4200 msnm

Ejercicio N°1:

Dado el siguiente reticulado metálico, calcular tres nudos. .

**Ejercicio N°2 (opcional):**

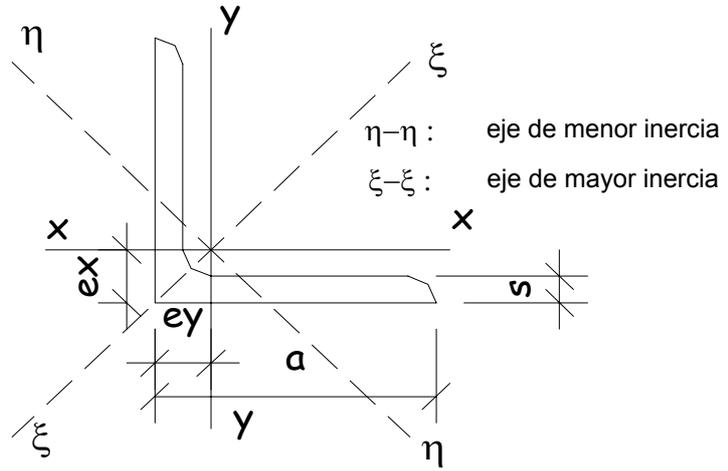
Resolver el siguiente reticulado. La carga $P = 2 \text{ KN}$ y $a = 2 \text{ m}$.

**Ejercicio N°3:****Questionario.**

- En el reticulado del ejercicio N°1, aparece la carga sobre los nudos exteriores como " $P/2$ ", a qué se debe esta consideración?
- Por qué en el método de los nudos, sólo se pueden tener como máximo dos incógnitas?. Por qué no se considera la tercer ecuación de la estática ($\sum M = 0$)?.
- Hacer una distribución racional de estructuras reticuladas para cubrir una planta de una nave industrial de 15 m x 30 m. Esquematizar.
- Qué otros métodos conoce para hallar los esfuerzos en barras del ejemplo del ejercicio N°1. Calcular por Ritter las barras en el corte A-A indicado y verificar los resultados obtenidos por el método de los nudos. (OPCIONAL)

Perfil ángulo alas iguales

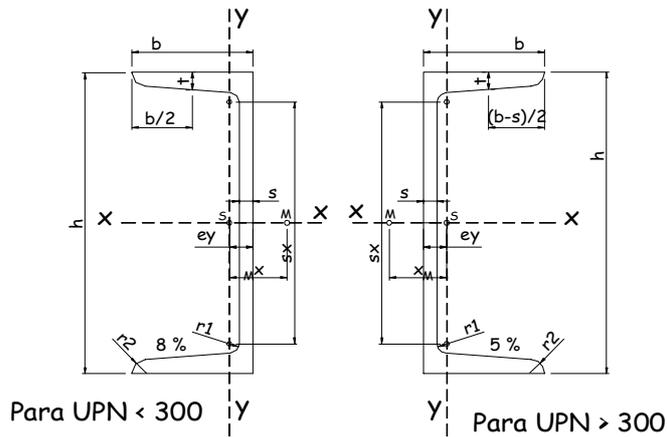
- F= Sección
- G= Peso
- U= Superficie exterior por metro de perfil
- J= Momento de inercia
- W= Momento resistente
- i= Radio de giro



| Denominación | Dimensiones | | | F | G | Eje flexión x-x=y-y | | | |
|----------------|-------------|------|-------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|
| | a | s | ex=ey | | | J _x =J _y | W _x =W _y | i _x =i _y | i _{min} |
| | mm | mm | cm | | | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm |
| 5/8" x 1/8" | 15.9 | 3.2 | 0.51 | 0.91 | 0.70 | 0.2 | 0.18 | 0.46 | 0.3 |
| 3/4" x 1/8" | 19.1 | 3.2 | 0.58 | 1.11 | 0.90 | 0.37 | 0.28 | 0.58 | 0.36 |
| 7/8" x 1/8" | 22.2 | 3.2 | 0.66 | 1.31 | 1.00 | 0.58 | 0.37 | 0.66 | 0.42 |
| 1" x 1/8" | 25.4 | 3.2 | 0.75 | 1.51 | 1.20 | 0.91 | 0.51 | 0.77 | 0.48 |
| 1" x 3/16" | 25.4 | 4.8 | 0.81 | 2.19 | 1.80 | 1.25 | 0.72 | 0.75 | 0.48 |
| 1" x 1/4" | 25.4 | 6.4 | 0.86 | 2.83 | 2.20 | 1.66 | 0.98 | 0.73 | 0.48 |
| 1 1/8" x 1/8" | 27 | 3.2 | 0.77 | 1.65 | 1.30 | 1.06 | 0.55 | 0.8 | 0.51 |
| 1 1/4" x 1/8" | 31.7 | 3.2 | 0.91 | 1.92 | 1.50 | 1.83 | 0.8 | 0.98 | 0.61 |
| 1 1/4" x 3/16" | 31.7 | 4.8 | 0.97 | 2.8 | 2.20 | 2.54 | 1.16 | 0.96 | 0.61 |
| 1 1/4" x 1/4" | 31.7 | 6.4 | 1.01 | 3.61 | 2.80 | 3.32 | 1.47 | 0.93 | 0.61 |
| 1 1/2" x 1/8" | 38.1 | 3.2 | 1.07 | 2.32 | 1.80 | 3.25 | 1.18 | 1.18 | 0.71 |
| 1 1/2" x 3/16" | 38.1 | 4.8 | 1.13 | 3.4 | 2.70 | 4.58 | 1.7 | 1.16 | 0.72 |
| 1 1/2" x 1/4" | 38.1 | 6.4 | 1.18 | 4.44 | 3.40 | 5.78 | 2.19 | 1.14 | 0.72 |
| 1 3/4" x 1/8" | 44.4 | 3.2 | 1.23 | 2.73 | 2.10 | 5.24 | 1.62 | 1.39 | 0.84 |
| 1 3/4" x 3/16" | 44.4 | 4.8 | 1.29 | 4 | 3.10 | 7.45 | 2.36 | 1.36 | 0.85 |
| 1 3/4" x 1/4" | 44.4 | 6.4 | 1.34 | 5.4 | 4.20 | 9.67 | 3.06 | 1.34 | 0.85 |
| 2" x 1/8" | 50.8 | 3.2 | 1.39 | 3.13 | 2.40 | 7.91 | 2.14 | 1.59 | 0.96 |
| 2" x 3/16" | 50.8 | 4.8 | 1.45 | 4.61 | 3.60 | 11.33 | 3.12 | 1.57 | 0.97 |
| 2" x 1/4" | 50.8 | 6.4 | 1.5 | 6.05 | 4.70 | 14.48 | 4.04 | 1.55 | 0.97 |
| 2" x 5/16" | 50.8 | 6.4 | 1.5 | 6.05 | 4.70 | 17.19 | 4.83 | 1.52 | 0.97 |
| 2" x 3/8" | 50.8 | 6.4 | 1.5 | 6.05 | 4.70 | 19.87 | 5.68 | 1.5 | 0.97 |
| 2 1/4" x 1/8" | 57.1 | 3.2 | 1.48 | 3.61 | 2.84 | 10.88 | 2.58 | 1.73 | 1.06 |
| 2 1/4" x 3/16" | 57.1 | 4.8 | 1.6 | 5.21 | 4.10 | 16.23 | 3.93 | 1.78 | 1.07 |
| 2 1/4" x 1/4" | 57.1 | 6.4 | 1.68 | 6.85 | 5.40 | 21.23 | 5.24 | 1.75 | 1.08 |
| 2 1/2" x 3/16" | 63.5 | 4.8 | 1.76 | 5.82 | 4.60 | 22.77 | 4.96 | 1.98 | 1.2 |
| 2 1/2" x 1/4" | 63.5 | 6.4 | 1.82 | 7.66 | 6.10 | 29.26 | 6.45 | 1.95 | 1.21 |
| 2 1/2" x 5/16" | 63.5 | 7.9 | 1.86 | 9.57 | 7.52 | 35.3 | 7.77 | 1.92 | 1.21 |
| 2 1/2" x 3/8" | 63.5 | 9.5 | 1.92 | 11.34 | 8.91 | 41.14 | 9.19 | 1.9 | 1.21 |
| 3" x 1/4" | 76.2 | 6.4 | 2.14 | 9.27 | 7.30 | 51.6 | 9.46 | 2.36 | 1.44 |
| 3" x 5/16" | 76.2 | 7.9 | 2.2 | 11.47 | 9.10 | 62.8 | 11.58 | 2.34 | 1.44 |
| 3" x 3/8" | 76.2 | 9.5 | 2.26 | 13.6 | 10.70 | 73.2 | 13.65 | 2.32 | 1.44 |
| 3" x 1/2" | 76.2 | 12.7 | 2.34 | 17.8 | 13.97 | 90.15 | 17.14 | 2.25 | 1.45 |
| 3 1/2" x 1/4" | 88.9 | 6.4 | 2.46 | 10.89 | 8.60 | 83.6 | 13.01 | 2.77 | 1.69 |
| 3 1/2" x 5/16" | 88.9 | 7.9 | 2.51 | 13.49 | 10.70 | 101.9 | 15.99 | 2.74 | 1.69 |
| 3 1/2" x 3/8" | 88.9 | 9.5 | 2.57 | 16.02 | 12.60 | 119.4 | 18.85 | 2.71 | 1.7 |
| 3 1/2" x 1/2" | 88.9 | 12.7 | 2.66 | 21.12 | 16.58 | 149.65 | 23.98 | 2.66 | 1.7 |
| 4" x 1/4" | 101.6 | 6.4 | 2.76 | 12.51 | 9.80 | 124.8 | 18.02 | 3.17 | 1.93 |
| 4" x 5/16" | 101.6 | 7.9 | 2.84 | 15.5 | 12.20 | 154.6 | 21.1 | 3.15 | 1.94 |
| 4" x 3/8" | 101.6 | 9.5 | 2.9 | 18.44 | 14.60 | 181.3 | 24.9 | 3.12 | 1.95 |
| 4" x 7/16" | 101.6 | 11.1 | 2.92 | 21.57 | 16.93 | 205.97 | 28.28 | 3.11 | 1.95 |
| 4" x 1/2" | 101.6 | 12.7 | 3 | 24.19 | 19.00 | 231.4 | 32.3 | 3.1 | 1.95 |
| 5" x 3/8" | 127 | 9.5 | 3.46 | 23.44 | 18.40 | 355.91 | 38.51 | 3.9 | 2.43 |
| 5" x 7/16" | 127 | 11.1 | 3.53 | 27.17 | 21.33 | 409.46 | 44.63 | 3.88 | 2.43 |
| 5" x 1/2" | 127 | 12.7 | 3.59 | 30.86 | 24.22 | 461.04 | 50.62 | 3.87 | 2.43 |
| 6" x 3/8" | 152.4 | 9.5 | 4.06 | 28.25 | 22.18 | 620.29 | 55.68 | 4.69 | 2.91 |
| 6" x 7/16" | 152.4 | 11.1 | 4.13 | 32.79 | 25.74 | 715.82 | 64.68 | 4.67 | 2.91 |
| 6" x 1/2" | 152.4 | 12.7 | 4.2 | 37.27 | 29.26 | 808.39 | 73.5 | 4.66 | 2.92 |

Perfil Normal "U" - UPN

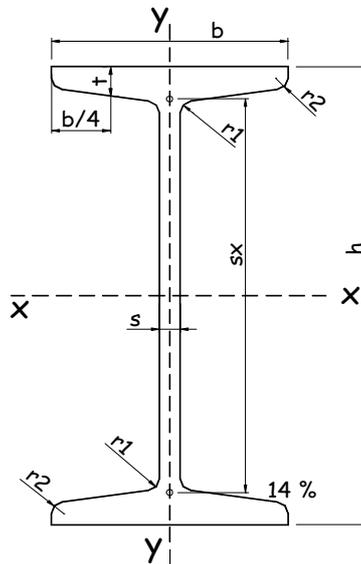
- F= Sección
- G= Peso
- J= Momento de inercia
- U= Superficie exterior por metro de perfil
- W= Momento resistente
- i= Radio de giro
- S_x= Momento estático de media sección del perfil
- J_x/S_x - Separación entre los centros de tracción y compresión
- s_x= centros de tracción y compresión
- X_m= Distancia del centro del esfuerzo cortante al eje y-y



| Designación | Dimensiones [mm] | | | | | F cm ² | G Kg./m | U m ² /m | Eje flexión x-x | | | Eje flexión y-y | | | S _x cm ³ | s _x cm | e _y Distancia del eje y-y cm | X _m cm |
|-------------|------------------|-----|-----|------|-----|----------------------|------------|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------|
| | h | b | s | t | r | | | | J _x | W _x | i _x | J _y | W _y | i _y | | | | |
| | | | | | | | | | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm | | | | |
| 30x15 | 30 | 15 | 4 | 4.5 | 2 | 2.2 | 1.74 | 0.103 | 2.53 | 1.69 | 1.1 | 0.4 | 0.39 | 0.4 | - | - | 0.52 | 0.7 |
| 30 | 30 | 33 | 5 | 7 | 3.5 | 5.4 | 4.27 | 0.174 | 6.39 | 4.26 | 1.1 | 5.3 | 2.68 | 1 | - | - | 1.31 | 2.2 |
| 40x20 | 40 | 20 | 5 | 5.5 | 2.5 | 3.7 | 2.78 | 0.142 | 7.58 | 3.79 | 1.4 | 1.1 | 0.86 | 0.6 | - | - | 0.67 | 1 |
| 40 | 40 | 35 | 5 | 7 | 3.5 | 6.2 | 4.87 | 0.199 | 14.1 | 7.1 | 1.5 | 6.7 | 3.08 | 1 | - | - | 1.33 | 2.3 |
| 50x25 | 50 | 25 | 5 | 6 | 3 | 4.9 | 3.86 | 0.181 | 16.8 | 6.7 | 1.9 | 2.5 | 1.48 | 0.7 | - | - | 0.81 | 1.3 |
| 50 | 50 | 38 | 5 | 7 | 3.5 | 7.1 | 5.59 | 0.232 | 26.4 | 10.6 | 1.9 | 9.1 | 3.75 | 1.1 | - | - | 1.37 | 2.5 |
| 60 | 60 | 30 | 6 | 6 | 3 | 4.5 | 5.07 | 0.215 | 31.6 | 10.5 | 2.2 | 4.5 | 2.16 | 0.8 | - | - | 0.91 | 1.5 |
| 65 | 65 | 42 | 5.5 | 7.5 | 4 | 9 | 7.09 | 0.273 | 57.5 | 17.7 | 2.5 | 14 | 5.07 | 1.3 | - | - | 1.42 | 2.6 |
| 80 | 80 | 45 | 6 | 8 | 4 | 11 | 8.64 | 0.312 | 106 | 26.5 | 3.1 | 19 | 6.36 | 1.3 | 16 | 6.7 | 1.45 | 2.7 |
| 100 | 100 | 50 | 6 | 8.5 | 4.5 | 14 | 10.6 | 0.372 | 206 | 41.2 | 3.9 | 29 | 8.49 | 1.5 | 0 | 8.4 | 1.55 | 2.9 |
| 120 | 120 | 55 | 7 | 9 | 4.5 | 17 | 13.4 | 0.434 | 364 | 60.7 | 4.6 | 43 | 11.1 | 1.6 | 36 | 10 | 1.6 | 3 |
| 140 | 140 | 60 | 7 | 10 | 5 | 20 | 16 | 0.489 | 605 | 86.4 | 5.5 | 63 | 14.8 | 1.8 | 51 | 12 | 1.75 | 3.4 |
| 160 | 160 | 65 | 7.5 | 10.5 | 5.5 | 24 | 18.8 | 0.546 | 925 | 116 | 6.2 | 85 | 18.3 | 1.9 | 69 | 13 | 1.84 | 3.6 |
| 180 | 180 | 70 | 8 | 11 | 5.5 | 28 | 22 | 0.611 | 1,350 | 150 | 7 | 114 | 22.4 | 2 | 90 | 15 | 1.92 | 3.8 |
| 200 | 200 | 75 | 8.5 | 11.5 | 6 | 32 | 25.3 | 0.661 | 1,910 | 191 | 7.7 | 148 | 27 | 2.1 | 114 | 17 | 2.01 | 3.9 |
| 220 | 220 | 80 | 9 | 12.5 | 6.5 | 37 | 29.4 | 0.718 | 2,690 | 245 | 8.5 | 197 | 33.6 | 2.3 | 146 | 19 | 2.14 | 4.2 |
| 240 | 240 | 85 | 9.5 | 13 | 6.5 | 42 | 33.2 | 0.775 | 3,600 | 300 | 9.2 | 248 | 39.6 | 2.4 | 179 | 20 | 2.23 | 4.4 |
| 260 | 260 | 90 | 10 | 14 | 7 | 48 | 37.9 | 0.834 | 4,820 | 371 | 10 | 317 | 47.7 | 2.6 | 221 | 22 | 2.36 | 4.7 |
| 280 | 280 | 95 | 10 | 15 | 7.5 | 53 | 41.8 | 0.89 | 6,280 | 448 | 11 | 399 | 57.2 | 2.7 | 266 | 24 | 2.53 | 5 |
| 300 | 300 | 100 | 10 | 16 | 8 | 59 | 46.2 | 0.95 | 8,030 | 535 | 12 | 495 | 67.8 | 2.9 | 316 | 25 | 2.7 | 5.4 |
| 320 | 320 | 100 | 14 | 17.5 | 8.8 | 76 | 59.5 | 0.982 | 10,870 | 679 | 12 | 597 | 80.6 | 2.8 | 413 | 26 | 2.6 | 4.8 |
| 350 | 350 | 100 | 14 | 16 | 8 | 77 | 60.6 | 1.047 | 12,840 | 734 | 13 | 570 | 75 | 2.7 | 459 | 29 | 2.4 | 4.5 |
| 380 | 380 | 102 | 14 | 16 | 8 | 80 | 63.1 | 1.11 | 15,760 | 829 | 14 | 615 | 78.7 | 2.8 | 507 | 31 | 2.38 | 4.6 |
| 400 | 400 | 110 | 14 | 18 | 9 | 92 | 71.8 | 1.182 | 20,350 | 1,020 | 15 | 846 | 102 | 3 | 618 | 33 | 2.65 | 5.1 |

Perfil Normal doble "T" - IPN

- F= Sección
- G= Peso
- J= Momento de inercia
- U= Superficie exterior por metro de perfil
- W= Momento resistente
- i= Radio de giro
- S_x= Momento estático de media sección del perfil
- J_x/S_x - Separación entre los centros de tracción y compresión
- s_x=



| Designación | Dimensiones [mm] | | | | | F cm ² | G Kg./m | U m ² /m | Eje flexión x-x | | | Eje flexión y-y | | | S _x cm ³ | s _x cm |
|-------------|------------------|-----|------------------|------|----------------|----------------------|------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------|
| | h | b | s=r ₁ | t | r ₂ | | | | J _x cm ⁴ | W _x cm ³ | i _x cm | J _y cm ⁴ | W _y cm ³ | i _y =i _{1 min} cm | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.57 | 5.94 | 0.304 | 77.8 | 19.5 | 3.2 | 6.29 | 3 | 0.91 | 11.4 | 6.84 |
| 100 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.34 | 0.37 | 171 | 34.2 | 4.01 | 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 | 8.57 |
| 120 | 120 | 58 | 5.1 | 7.7 | 3.1 | 14.2 | 11.1 | 0.439 | 328 | 54.7 | 4.81 | 22 | 7.41 | 1.23 | 31.8 | 10.3 |
| 140 | 140 | 66 | 5.7 | 8.6 | 3.4 | 18.2 | 14.3 | 0.502 | 573 | 81.9 | 5.61 | 35 | 10.7 | 1.4 | 47.4 | 12 |
| 160 | 160 | 74 | 6.3 | 9.5 | 3.8 | 22.8 | 17.9 | 0.575 | 935 | 117 | 6.4 | 55 | 14.8 | 1.55 | 68 | 13.7 |
| 180 | 180 | 82 | 6.9 | 10.4 | 4.1 | 27.9 | 21.9 | 0.64 | 1450 | 161 | 7.2 | 81 | 19.8 | 1.71 | 93.4 | 15.5 |
| 200 | 200 | 90 | 7.5 | 11.3 | 4.5 | 33.4 | 26.2 | 0.709 | 2140 | 214 | 8 | 117 | 26 | 1.87 | 125 | 17.2 |
| 220 | 220 | 98 | 8.1 | 12.2 | 4.9 | 39.5 | 31.1 | 0.775 | 3060 | 278 | 8.8 | 162 | 33.1 | 2.02 | 162 | 18.9 |
| 240 | 240 | 106 | 8.7 | 13.1 | 5.2 | 46.1 | 36.2 | 0.844 | 4250 | 354 | 9.59 | 221 | 41.7 | 2.2 | 206 | 20.6 |
| 260 | 260 | 113 | 9.4 | 14.1 | 5.6 | 53.3 | 41.9 | 0.906 | 5740 | 442 | 10.4 | 288 | 51 | 2.32 | 257 | 22.3 |
| 280 | 280 | 119 | 10.1 | 15.2 | 6.1 | 61 | 47.9 | 0.966 | 7590 | 542 | 11.1 | 364 | 61.2 | 2.45 | 316 | 24 |
| 300 | 300 | 125 | 10.8 | 16.2 | 6.5 | 69 | 54.2 | 1.03 | 9800 | 653 | 11.9 | 451 | 72.2 | 2.56 | 381 | 25.7 |
| 320 | 320 | 131 | 11.5 | 17.3 | 6.9 | 77.7 | 61 | 1.09 | 12510 | 782 | 12.7 | 555 | 84.7 | 2.67 | 457 | 27.4 |
| 340 | 340 | 137 | 12.2 | 18.3 | 7.3 | 86.7 | 68 | 1.15 | 15700 | 923 | 13.5 | 674 | 98.4 | 2.8 | 540 | 29.1 |
| 360 | 360 | 143 | 13 | 19.5 | 7.8 | 97 | 76.1 | 1.21 | 19610 | 1090 | 14.2 | 818 | 114 | 2.9 | 638 | 30.7 |
| 380 | 380 | 149 | 13.7 | 20.5 | 8.2 | 107 | 84 | 1.27 | 24010 | 1260 | 15 | 975 | 131 | 3.02 | 741 | 32.4 |
| 400 | 400 | 155 | 14.4 | 21.6 | 8.6 | 118 | 92.4 | 1.33 | 29210 | 1460 | 15.7 | 1160 | 149 | 3.13 | 857 | 34.1 |
| 425 | 425 | 163 | 15.3 | 23 | 9.2 | 132 | 104 | 1.41 | 36970 | 1740 | 16.7 | 1440 | 176 | 3.3 | 1020 | 36.2 |
| 450 | 450 | 170 | 16.2 | 24.3 | 9.7 | 147 | 115 | 1.48 | 45850 | 2040 | 17.7 | 1730 | 203 | 3.43 | 1200 | 38.3 |
| 475 | 475 | 178 | 17.1 | 25.6 | 10.3 | 163 | 128 | 1.55 | 56480 | 2380 | 18.6 | 2090 | 235 | 3.6 | 1400 | 40.4 |
| 500 | 500 | 185 | 18 | 27 | 10.8 | 179 | 141 | 1.63 | 68740 | 2750 | 19.6 | 2480 | 268 | 3.72 | 1620 | 42.4 |
| 550 | 550 | 200 | 19 | 30 | 11.9 | 212 | 166 | 1.8 | 99180 | 3610 | 21.6 | 3490 | 349 | 4.02 | 2120 | 46.8 |
| 600 | 600 | 215 | 21.6 | 32.4 | 13 | 254 | 199 | 1.92 | 139000 | 4630 | 23.4 | 4670 | 434 | 4.3 | 2730 | 50.9 |

COEFICIENTES DE PANDEO PARA ACERO

| $\lambda=L/i$ | Coeficiente de Pandeo ϕ para Acero St37 | | | | | | | | | | $\lambda=L/i$ |
|---------------|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 20 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 20 |
| 30 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.11 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.13 | 30 |
| 40 | 1.14 | 1.14 | 1.15 | 1.16 | 1.16 | 1.17 | 1.18 | 1.19 | 1.19 | 1.20 | 40 |
| 50 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.26 | 1.27 | 1.28 | 1.29 | 50 |
| 60 | 1.30 | 1.31 | 1.32 | 1.33 | 1.34 | 1.35 | 1.36 | 1.37 | 1.39 | 1.40 | 60 |
| 70 | 1.41 | 1.42 | 1.44 | 1.45 | 1.46 | 1.48 | 1.49 | 1.50 | 1.52 | 1.53 | 70 |
| 80 | 1.55 | 1.56 | 1.58 | 1.59 | 1.61 | 1.62 | 1.64 | 1.66 | 1.68 | 1.69 | 80 |
| 90 | 1.71 | 1.73 | 1.74 | 1.76 | 1.78 | 1.80 | 1.82 | 1.84 | 1.86 | 1.88 | 90 |
| 100 | 1.90 | 1.92 | 1.94 | 1.96 | 1.98 | 2.00 | 2.02 | 2.05 | 2.07 | 2.09 | 100 |
| 110 | 2.11 | 2.14 | 2.16 | 2.18 | 2.21 | 2.23 | 2.27 | 2.31 | 2.35 | 2.39 | 110 |
| 120 | 2.43 | 2.47 | 2.51 | 2.55 | 2.60 | 2.64 | 2.68 | 2.72 | 2.77 | 2.81 | 120 |
| 130 | 2.85 | 2.90 | 2.94 | 2.99 | 3.03 | 3.08 | 3.12 | 3.17 | 3.22 | 3.26 | 130 |
| 140 | 3.31 | 3.36 | 3.41 | 3.45 | 3.50 | 3.55 | 3.60 | 3.65 | 3.70 | 3.75 | 140 |
| 150 | 3.80 | 3.85 | 3.90 | 3.95 | 4.00 | 4.06 | 4.11 | 4.16 | 4.22 | 4.27 | 150 |
| 160 | 4.32 | 4.38 | 4.43 | 4.49 | 4.54 | 4.60 | 4.65 | 4.71 | 4.77 | 4.82 | 160 |
| 170 | 4.88 | 4.94 | 5.00 | 5.05 | 5.11 | 5.17 | 5.23 | 5.29 | 5.35 | 5.41 | 170 |
| 180 | 5.47 | 5.53 | 5.59 | 5.66 | 5.72 | 5.78 | 5.84 | 5.91 | 5.97 | 6.03 | 180 |
| 190 | 6.10 | 6.16 | 6.23 | 6.29 | 6.36 | 6.42 | 6.49 | 6.55 | 6.62 | 6.69 | 190 |
| 200 | 6.75 | 6.82 | 6.89 | 6.96 | 7.03 | 7.10 | 7.17 | 7.24 | 7.31 | 7.38 | 200 |
| 210 | 7.45 | 7.52 | 7.59 | 7.66 | 7.73 | 7.81 | 7.88 | 7.95 | 8.03 | 8.10 | 210 |
| 220 | 8.17 | 8.25 | 8.32 | 8.40 | 8.47 | 8.55 | 8.63 | 8.70 | 8.78 | 8.80 | 220 |
| 230 | 8.93 | 9.01 | 9.09 | 9.17 | 9.25 | 9.33 | 9.41 | 9.49 | 9.57 | 9.65 | 230 |
| 240 | 9.73 | 9.81 | 9.89 | 9.97 | 10.05 | 10.14 | 10.22 | 10.30 | 10.39 | 10.47 | 240 |
| 250 | 10.55 | | | | | | | | | | 250 |

| $\lambda=L/i$ | Coeficiente de Pandeo ϕ para Acero St52 | | | | | | | | | | $\lambda=L/i$ |
|---------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 20 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 20 |
| 30 | 1.11 | 1.12 | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.15 | 1.15 | 1.16 | 1.17 | 1.18 | 30 |
| 40 | 1.19 | 1.19 | 1.20 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.26 | 1.27 | 40 |
| 50 | 1.28 | 1.30 | 1.31 | 1.32 | 1.33 | 1.35 | 1.36 | 1.37 | 1.39 | 1.40 | 50 |
| 60 | 1.41 | 1.43 | 1.44 | 1.46 | 1.48 | 1.49 | 1.51 | 1.53 | 1.54 | 1.56 | 60 |
| 70 | 1.58 | 1.60 | 1.62 | 1.64 | 1.66 | 1.68 | 1.70 | 1.72 | 1.74 | 1.77 | 70 |
| 80 | 1.79 | 1.81 | 1.83 | 1.86 | 1.88 | 1.91 | 1.93 | 1.95 | 1.98 | 2.01 | 80 |
| 90 | 2.05 | 2.10 | 2.14 | 2.19 | 2.24 | 2.29 | 2.33 | 2.38 | 2.43 | 2.48 | 90 |
| 100 | 2.53 | 2.58 | 2.64 | 2.69 | 2.74 | 2.79 | 2.85 | 2.90 | 2.95 | 3.01 | 100 |
| 110 | 3.06 | 3.12 | 3.18 | 3.23 | 3.29 | 3.35 | 3.41 | 3.47 | 3.53 | 3.59 | 110 |
| 120 | 3.65 | 3.71 | 3.77 | 3.83 | 3.89 | 3.96 | 4.02 | 4.09 | 4.15 | 4.22 | 120 |
| 130 | 4.29 | 4.35 | 4.41 | 4.48 | 4.55 | 4.62 | 4.69 | 4.75 | 4.82 | 4.89 | 130 |
| 140 | 4.96 | 5.04 | 5.11 | 5.18 | 5.25 | 5.33 | 5.40 | 5.47 | 5.55 | 5.62 | 140 |
| 150 | 5.70 | 5.78 | 5.85 | 5.93 | 6.01 | 6.09 | 6.16 | 6.24 | 6.32 | 6.40 | 150 |
| 160 | 6.48 | 6.57 | 6.65 | 6.73 | 6.81 | 6.90 | 6.98 | 7.06 | 7.15 | 7.23 | 160 |
| 170 | 7.32 | 7.41 | 7.49 | 7.58 | 7.67 | 7.76 | 7.85 | 7.94 | 8.03 | 8.12 | 170 |
| 180 | 8.21 | 8.30 | 8.39 | 8.48 | 8.58 | 8.67 | 8.76 | 8.86 | 8.95 | 9.05 | 180 |
| 190 | 9.14 | 9.24 | 9.34 | 9.44 | 9.53 | 9.63 | 9.73 | 9.83 | 9.93 | 10.03 | 190 |
| 200 | 10.13 | 10.23 | 10.34 | 10.44 | 10.54 | 10.65 | 10.75 | 10.85 | 10.96 | 11.06 | 200 |
| 210 | 11.17 | 11.28 | 11.38 | 11.49 | 11.60 | 11.71 | 11.82 | 11.93 | 12.04 | 12.15 | 210 |
| 220 | 12.26 | 12.37 | 12.48 | 12.60 | 12.71 | 12.82 | 12.94 | 13.05 | 13.17 | 13.28 | 220 |
| 230 | 13.40 | 13.52 | 13.63 | 13.75 | 13.87 | 13.99 | 14.11 | 14.23 | 14.35 | 14.47 | 230 |
| 240 | 14.59 | 14.71 | 14.83 | 14.96 | 15.08 | 15.20 | 15.33 | 15.45 | 15.58 | 15.71 | 240 |
| 250 | 15.83 | | | | | | | | | | 250 |

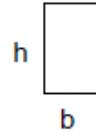
PIEZAS RECTANGULARES DE MADERA

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$J_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

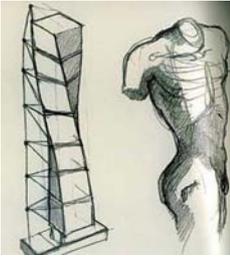
$$W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$$



| Designación | Dimensiones | | | | Sección cm ² | Momentos de inercia | | Módulos resistentes | |
|-------------|-------------|----|------|------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Pulgadas | | cm. | | | Jx cm ⁴ | Jy cm ⁴ | Wx cm ³ | Wy cm ³ |
| | b | D | B | d | | | | | |
| Alfajías | 1 | 3 | 2,5 | 7,6 | 19,3 | 93 | 10 | 24 | 8 |
| Listones | 1 | 6 | 2,5 | 15,2 | 38,6 | 732 | 20 | 96 | 15 |
| Tablas | 1 | 12 | 2,5 | 30,5 | 77,2 | 5911 | 39 | 387 | 31 |
| " | 1 1/2 | 12 | 3,8 | 30,5 | 115,9 | 8985 | 139 | 589 | 73 |
| Tablones | 2 | 12 | 5,1 | 30,5 | 156 | 12058 | 337 | 790 | 132 |
| Tirantes | 2 | 3 | 5,1 | 7,6 | 38,7 | 186 | 84 | 49 | 32 |
| " | 2 | 4 | 5,1 | 10,2 | 52 | 451 | 112 | 84 | 44 |
| " | 2 | 6 | 5,1 | 15,2 | 77,5 | 1493 | 168 | 196 | 65 |
| " | 3 | 3 | 7,6 | 7,6 | 57,7 | 278 | 278 | 73 | 73 |
| " | 3 | 4 | 7,6 | 10,2 | 77,5 | 672 | 373 | 131 | 98 |
| " | 3 | 5 | 7,6 | 12,7 | 96,5 | 1297 | 464 | 204 | 122 |
| " | 3 | 6 | 7,6 | 15,2 | 115,5 | 2224 | 556 | 292 | 146 |
| " | 3 | 9 | 7,6 | 22,9 | 174 | 7606 | 837 | 664 | 220 |
| " | 3 | 12 | 7,6 | 30,5 | 231,8 | 17969 | 1115 | 1178 | 293 |
| " | 4 | 4 | 10,2 | 10,2 | 104 | 902 | 902 | 176 | 176 |
| " | 4 | 6 | 10,2 | 15,2 | 155 | 2985 | 1344 | 392 | 263 |
| " | 4 | 9 | 10,2 | 22,9 | 233,6 | 10208 | 2025 | 891 | 397 |
| " | 4 | 12 | 10,2 | 30,5 | 311,1 | 24117 | 2697 | 1581 | 528 |
| Vigas | 6 | 6 | 15,2 | 15,2 | 231 | 4448 | 4448 | 585 | 585 |
| " | 6 | 8 | 15,2 | 20,3 | 308,6 | 10600 | 5940 | 1045 | 782 |
| " | 6 | 9 | 15,2 | 22,9 | 348,1 | 15211 | 6701 | 1328 | 881 |
| " | 6 | 12 | 15,2 | 30,5 | 463,6 | 35939 | 8925 | 2356 | 1174 |
| " | 8 | 8 | 20,3 | 20,3 | 412,1 | 14152 | 14152 | 1394 | 1394 |
| " | 10 | 10 | 25,4 | 25,4 | 645,2 | 34686 | 34686 | 2731 | 2731 |
| " | 12 | 12 | 30,5 | 30,5 | 930,2 | 72113 | 72113 | 4728 | 4728 |

COEFICIENTES DE PANDEO PARA MADERA

| $\lambda=L/i$ | Coeficiente de Pandeo ω para madera | | | | | | | | | |
|---------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.06 |
| 10 | 1.07 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.15 |
| 20 | 1.15 | 1.16 | 1.17 | 1.18 | 1.19 | 1.20 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.24 |
| 30 | 1.25 | 1.26 | 1.27 | 1.28 | 1.29 | 1.30 | 1.32 | 1.33 | 1.34 | 1.35 |
| 40 | 1.36 | 1.38 | 1.39 | 1.40 | 1.42 | 1.43 | 1.44 | 1.46 | 1.47 | 1.49 |
| 50 | 1.50 | 1.52 | 1.53 | 1.55 | 1.56 | 1.58 | 1.60 | 1.61 | 1.63 | 1.65 |
| 60 | 1.67 | 1.69 | 1.70 | 1.72 | 1.74 | 1.76 | 1.79 | 1.81 | 1.83 | 1.85 |
| 70 | 1.87 | 1.90 | 1.92 | 1.95 | 1.97 | 2.00 | 2.03 | 2.05 | 2.08 | 2.11 |
| 80 | 2.14 | 2.17 | 2.21 | 2.24 | 2.27 | 2.31 | 2.34 | 2.38 | 2.42 | 2.46 |
| 90 | 2.50 | 2.54 | 2.58 | 2.63 | 2.68 | 2.73 | 2.78 | 2.83 | 2.88 | 2.94 |
| 100 | 3.00 | 3.07 | 3.14 | 3.21 | 3.28 | 3.35 | 3.43 | 3.50 | 3.57 | 3.65 |
| 110 | 3.73 | 3.81 | 3.89 | 3.97 | 4.05 | 4.13 | 4.21 | 4.29 | 4.38 | 4.46 |
| 120 | 4.55 | 4.64 | 4.73 | 4.82 | 4.91 | 5.00 | 5.09 | 5.19 | 5.28 | 5.38 |
| 130 | 5.48 | 5.57 | 5.67 | 5.77 | 5.88 | 5.98 | 6.08 | 6.19 | 6.29 | 6.40 |
| 140 | 6.51 | 6.62 | 6.73 | 6.84 | 6.95 | 7.07 | 7.18 | 7.30 | 7.41 | 7.53 |
| 150 | 7.65 | | | | | | | | | |



| | | | |
|---|---|-------------|-------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO | | | |
| DNC GE6 | Cátedra: ESTRUCTURAS – NIVEL 1 | | |
| | Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO | | |
| | Guía de Estudio 6: Resolución de un Reticulado | | |
| Curso 2013 | Elaboró: Ing. Walter Morales | Revisión: 0 | Fecha: Marzo 2013 |

El presente texto se enfoca en la resolución de un reticulado por el método de los nudos.

Como sabemos, este método de cálculo es analítico, y plantea en los “**nudos donde se desconoce como máximo 2 (dos) incógnitas**”, la sumatoria de fuerzas horizontales y verticales.

Comenzaremos con el análisis de una estructura real, luego la modelizaremos, o sea, la dibujaremos de una forma que pueda ser interpretada para su estudio por cualquier entendido en el tema. Esta modelización es lo que conocemos como “esquema estructural”.

Por último se dimensionarán los elementos más solicitados.

ESTRUCTURA REAL

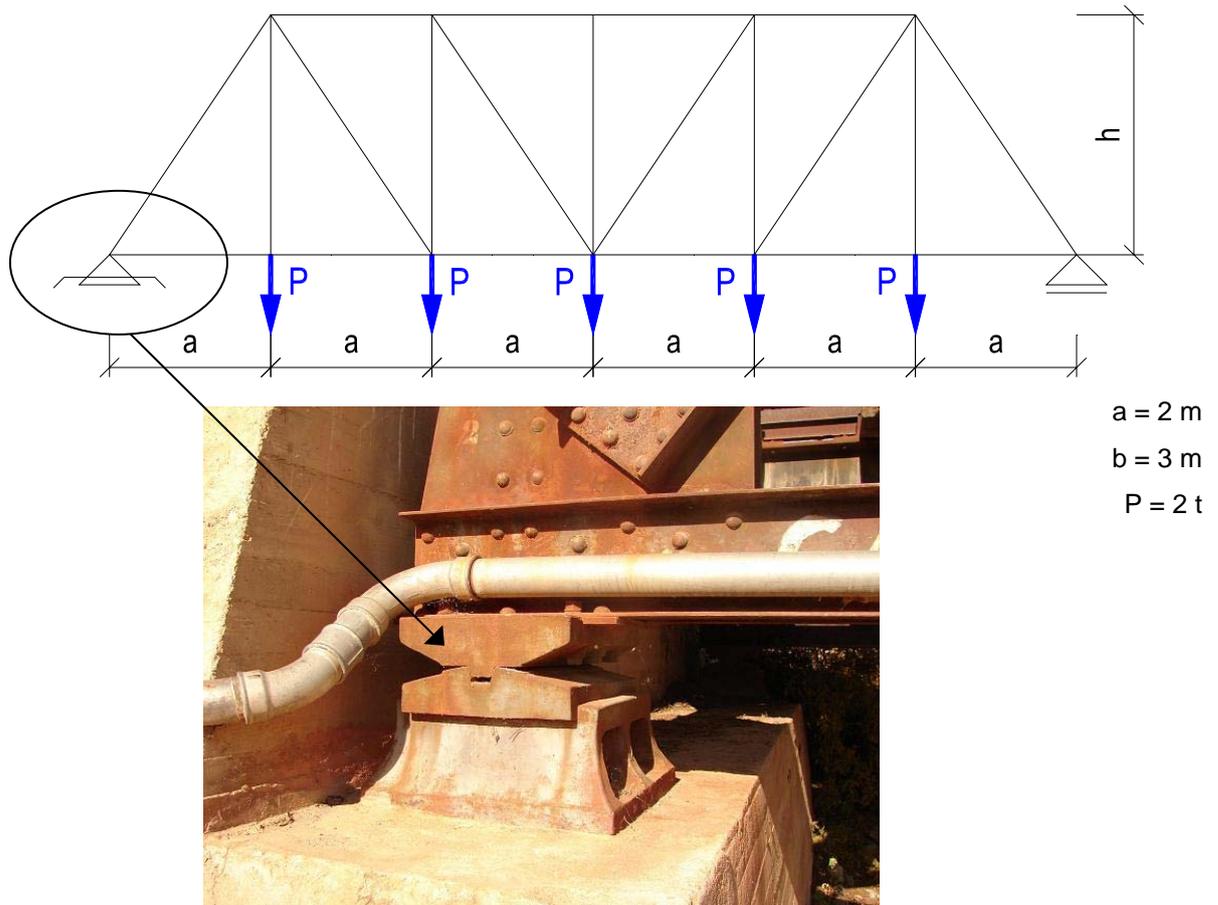


Esta imagen (Febrero 2009), corresponde al último puente de acceso a la ciudad de Chilecito (La Rioja), del ex FFCC Gral. Belgrano, que fue construido en el año 1905. El mismo, unía la ciudad de Dean Funes (Santa Fé), con Chilecito, y era utilizado principalmente para el transporte de oro y demás minerales que se extraían de la mina “La Mejicana”, en el cerro Famatina (del vocablo indígena “wamatinag”, madre productora de metales).

El puente que observamos es metálico de 30 m de luz, de perfiles importados de Alemania (la empresa constructora era de Leipzig), donde el cordón inferior de cada reticulado es el que sostiene a los durmientes y éstos a los rieles. El cordón superior y el inferior son vinculados con montantes (elementos verticales) y diagonales. También podemos observar entre un reticulado y otro, la vinculación es con montantes horizontales y cruces tipo “San Andrés”. El tipo de vinculación con el suelo o terreno, como en la mayoría de los puentes, es isostática.

ESQUEMA ESTÁTICO

En este párrafo queremos resaltar como pasamos de una estructura real, de secciones y geometría definidas, a ese conjunto de líneas, cargas y apoyos, que conocemos usualmente como “**esquema estático**”.



El apoyo doble se corresponde con el materializado en la estructura real.

Nota: la elección de las dimensiones “a” y “h”, como el de la carga “P”, fueron modificadas para poner de manifiesto el procedimiento, y no entrar en detalles de cómo se obtienen las cargas ferroviarias, para lo cual debemos recurrir al Reglamento de Ferrocarriles Argentinos.

RESOLUCIÓN

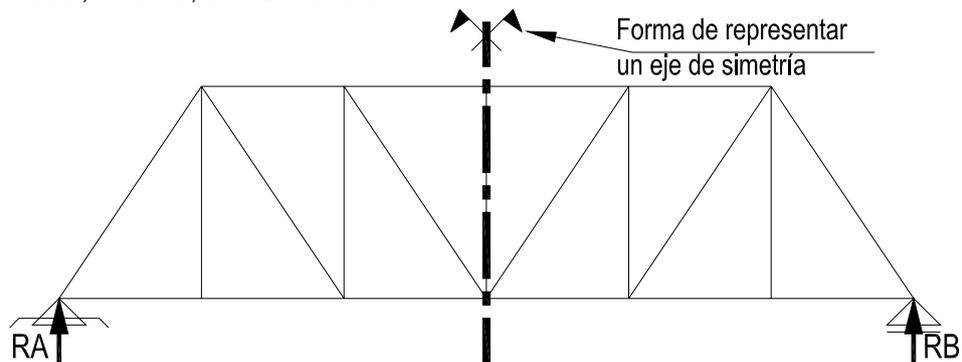
1er Paso “Reacciones”

Es lo primero que debemos realizar para abordar la solución del reticulado.

Tenemos dos caminos:

- Ecuaciones de la estática $\Sigma F_x - \Sigma F_y$ y ΣM (válidas para cualquier estructura).
- Aplicando simetría, sólo cuando la estructura es simétrica, las cargas son simétricas y los apoyos son simétricos (válido para pocas estructuras).

Pero si observamos nuestro reticulado, nos encontramos con una estructura que cumple los requisitos de b, es decir, es “simétrica”.



Entonces si hay simetría, ubicado el eje de simetría, todo lo que se encuentra a la derecha es igual a lo que está a la izquierda. Si el eje fuera horizontal, sería igual lo de arriba del eje con lo de abajo. Ahora bien; si hay simetría $R_A = R_B$.

$$R_A = R_B = \frac{Q_{TOTAL}}{2} = \frac{n \cdot P}{2} = \frac{5 \cdot 2 t}{2} = 5 t$$

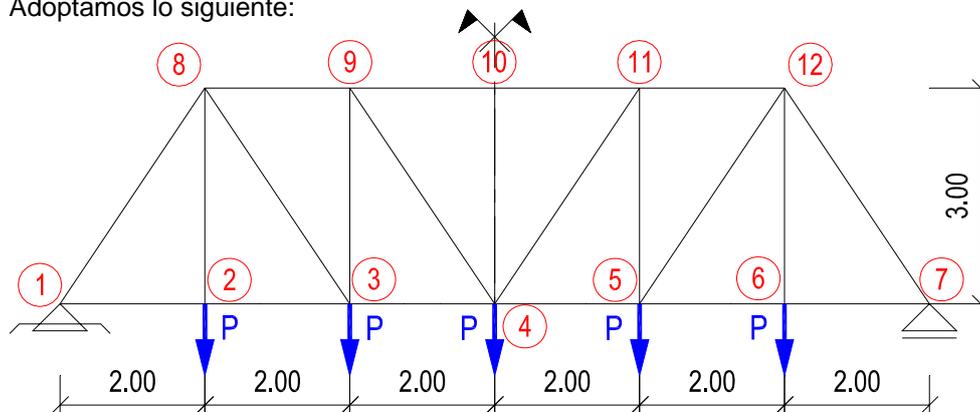
Las reacciones serán toda la carga sobre la estructura (Q_{total}), dividida por 2 (dos), ya que la mitad de toda la carga debe ir a cada lado por "simetría".

2do Paso "Esfuerzos en barras"

Determinación de los esfuerzos en las barras por el método de los nudos.

Debemos entonces numerar los nudos, que son los encuentros de barras. La numeración que se da a continuación no es la única y cada proyectista elige su forma de hacerlo.

Adoptamos lo siguiente:



Elegida la numeración, queda inmediatamente definidas las barras, por ejemplo la barra que va del nudo 4 al nudo 9, será la barra 4-9.

Aprovechando esta forma de nombrar las barras, tenemos que el esfuerzo que pasa por esa barra lo designaremos como "S", y en el caso de la barra 4-9 como esfuerzo S4-9.

Nota: la nomenclatura no es única y depende de la bibliografía empleada o el gusto del proyectista.

Este esfuerzo será de tracción o de compresión, porque los reticulados son estructuras que trabajan a esfuerzos simples (tracción o compresión). Este hecho sólo se puede dar si las cargas actuantes (en nuestro caso P), están aplicadas en algún nudo. Si las cargas estuvieran aplicadas en los tramos de las barras, ya no se generarían esfuerzos simples en el reticulado.

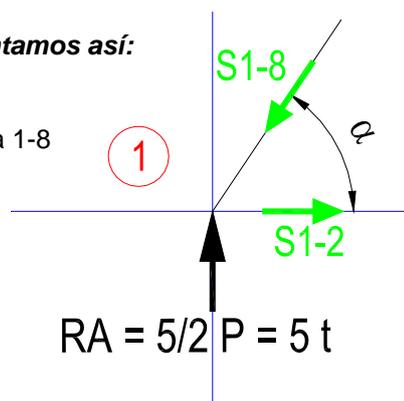
Como adelantamos en la introducción, éste método de cálculo lo debemos plantear en aquellos nudos donde a lo sumo halla 2 (dos) incógnitas o esfuerzos "S" desconocidos.

Observando nuestra numeración y geometría del reticulado, comenzaremos por el nudo 1 o por el nudo 7.

Tenemos el nudo 1 y lo representamos así:

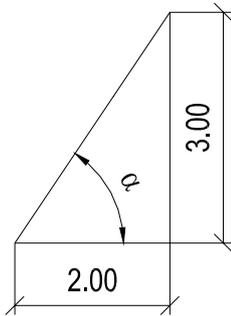
Siendo S1-8 el esfuerzo en la barra 1-8

Y S1-2 el esfuerzo en la barra 1-2



La dirección de los esfuerzos es arbitraria, y cuando resolvamos las ecuaciones de fuerzas, nos daremos cuenta si la elección del sentido es la correcta.

Necesitamos un dato a saber, el valor de α , pero conocemos su tangente, o sea:



$$\text{Tg } \alpha = 3 / 2 = 1.5, \text{ por lo tanto } \alpha = \arctg 1.5 = 56.31^\circ$$

Ahora simplemente planteamos:

$$\begin{aligned} \Sigma F_H &= 0 \\ \Sigma F_V &= 0 \end{aligned}$$

igual a "0", ya que el nudo debe estar en equilibrio.

Entonces: $\Sigma F_H = S_{1-2} - S_{1-8} \cdot \cos \alpha = 0$

$$\Sigma F_V = R_A - S_{1-8} \cdot \text{sen } \alpha = 0 \Rightarrow S_{1-8} = \frac{R_A}{\text{sen } \alpha} = \frac{5 \text{ t}}{0.832} = 6.01 \text{ t}$$

Y reemplazando el valor de S1-8 en la ΣF_H obtenemos:

$$S_{1-2} = S_{1-8} \cdot \cos \alpha = 6.01 \text{ t} \times 0.555 = 3.33 \text{ t}$$

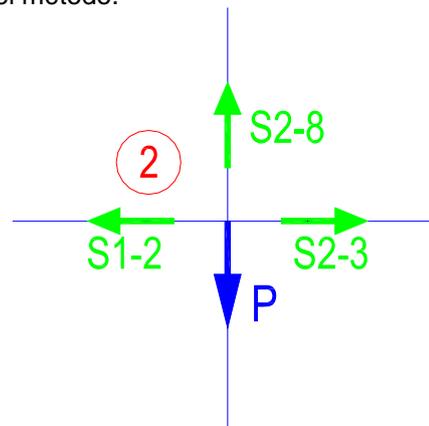
Como los valores de los esfuerzos son positivos, quiere decir que los sentidos adoptados eran correctos.

Ahora seguiremos con el nudo 2, con el nudo 8 no podemos, porque no conocemos ni S2-8, S3-8 y S8-9, es decir 3 (tres) incógnitas, y no es aplicable el método.

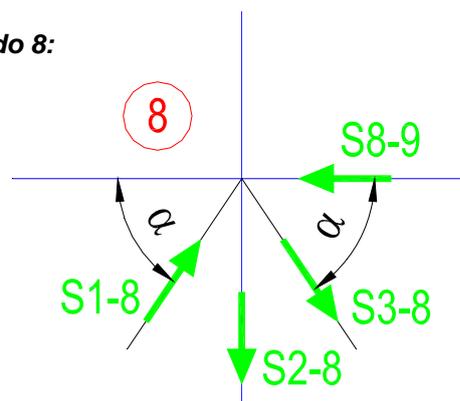
Tenemos el nudo 2 y lo representamos así:

$$\Sigma F_H = -S_{1-2} + S_{2-3} = 0 \Rightarrow S_{2-3} = S_{1-2} = 3.33 \text{ t}$$

$$\Sigma F_V = S_{2-8} - P = 0 \Rightarrow S_{2-8} = P = 2 \text{ t}$$



Siguiendo con el nudo 8:



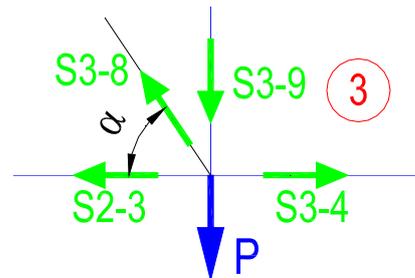
$$\Sigma F_H = S_{1-8} \cdot \cos \alpha - S_{8-9} + S_{3-8} \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow S_{8-9} = S_{1-8} \cdot \cos \alpha + S_{3-8} \cdot \cos \alpha$$

$$\Sigma F_V = S_{1-8} \cdot \text{sen } \alpha - S_{2-8} - S_{3-8} \cdot \text{sen } \alpha = 0 \Rightarrow S_{3-8} = S_{1-8} - \frac{S_{2-8}}{\text{sen } \alpha} = 6.01 \text{ t} - \frac{2 \text{ t}}{0.832} = 3.61 \text{ t}$$

con lo cual

$$S_{8-9} = S_{1-8} \cdot \cos \alpha + S_{3-8} \cdot \cos \alpha = 6.01 \text{ t} \times 0.555 + 3.61 \text{ t} \times 0.555 = 5.33 \text{ t}$$

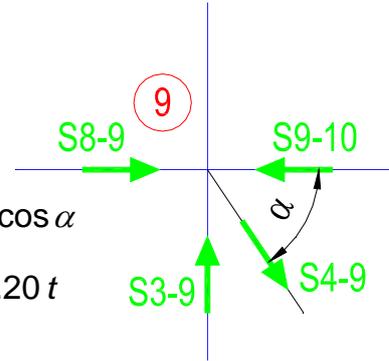
Ahora el nudo 3:



$$\Sigma F_H = -S_{2-3} - S_{3-8} \cdot \cos \alpha + S_{3-4} = 0 \Rightarrow S_{3-4} = S_{3-8} \cdot \cos \alpha + S_{2-3} = 3.61 t \times 0.555 + 3.33 t = 5.33 t$$

$$\Sigma F_V = S_{3-8} \cdot \sin \alpha - S_{3-9} - P = 0 \Rightarrow S_{3-9} = S_{3-8} \cdot \sin \alpha - P = 3.61 t \times 0.832 - 2 t = 1.00 t$$

Ahora el nudo 9:



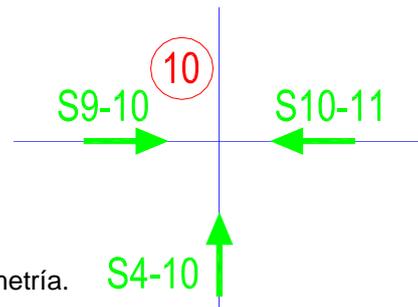
$$\Sigma F_H = S_{8-9} - S_{9-10} + S_{4-9} \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow S_{9-10} = S_{8-9} + S_{4-9} \cdot \cos \alpha$$

$$\Sigma F_V = S_{3-9} - S_{4-9} \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow S_{4-9} = \frac{S_{3-9}}{\sin \alpha} = \frac{1 t}{0.832} = 1.20 t$$

con lo cual

$$S_{9-10} = S_{8-9} + S_{4-9} \cdot \cos \alpha = 5.33 t + 1.20 t \times 0.555 = 6.00 t$$

Ahora el nudo 10:



$$\Sigma F_H = S_{9-10} - S_{10-11} = 0 \Rightarrow S_{9-10} = 6.00 t$$

$$\Sigma F_V = S_{4-10} = 0 \Rightarrow S_{4-10} = 0$$

Notemos que este nudo está sobre el eje de simetría.

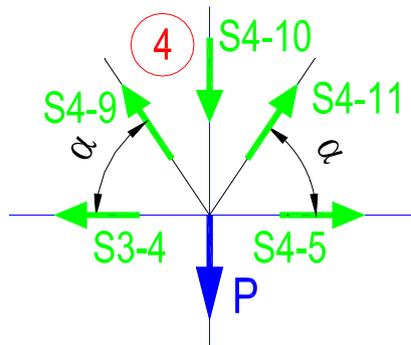
Por lo tanto, como lo habíamos adelantado, todo lo que está a la izquierda es igual a lo que está a la derecha.

El esfuerzo S_{4-10} necesariamente tiene que ser nulo porque no hay otro esfuerzo, ni tampoco fuerza exterior aplicada en el sentido vertical.

Por último el nudo 4:

Plantaremos el sistema de ecuaciones y dejaremos al alumno verificar que $S_{4-9} = S_{4-11}$ y $S_{3-4} = S_{4-5}$.

Recordemos que $S_{4-10} = 0$, con lo cual podría no haber estado en el esquema.



$$\Sigma F_H = -S_{3-4} - S_{4-9} \cdot \cos \alpha + S_{4-5} - S_{4-11} \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\Sigma F_V = S_{4-9} \cdot \sin \alpha - \underbrace{S_{4-10}}_{=0} + S_{4-11} \cdot \sin \alpha - P = 0$$

3er Paso “Tabla de resultados”

Construiremos un cuadro de resultados.

Este cuadro nos es útil para identificar qué barras están más solicitadas para poder dimensionarlas.

A través de esta tabla identificaremos el tipo de elemento, el valor del esfuerzo y su “signo”. Éste último dato es importante a la hora de dimensionar una pieza, ya que si estamos frente a un esfuerzo de tracción (+) o de compresión (-), el dimensionado es abordado de forma diferente.

Una posible tabla sería:

| Designación | Tipo | Valor esfuerzo [t] | signo | Longitud del elemento [m] |
|-------------|-----------------|--------------------|-------|---------------------------|
| S1-2 | Cordón inferior | 3.33 | + | 2.00 |
| S2-3 | Cordón inferior | 3.33 | + | 2.00 |
| S3-4 | Cordón inferior | 5.33 | + | 2.00 |
| S1-8 | Cordón superior | 6.01 | - | 3.61 |
| S8-9 | Cordón superior | 5.33 | - | 2.00 |
| S9-10 | Cordón superior | 6.00 | - | 2.00 |
| S2-8 | Montante | 2.00 | + | 3.00 |
| S3-9 | Montante | 1.00 | - | 3.00 |
| S4-10 | Montante | 0.00 | | 3.00 |
| S3-8 | Diagonal | 3.61 | + | 3.61 |
| S4-9 | Diagonal | 1.20 | + | 3.61 |

Nota: la longitud de la diagonal surge de $\sqrt{2^2 + 3^2} = 3.61 m$

Los elementos sombreados serán los que dimensionaremos.

4to Paso “Dimensionado”

Cuando se dimensiona cualquier estructura, se trata de homogeneizar las secciones, es decir, utilizar pocas secciones, aunque en algunos puntos esté sobredimensionado.

Es así, que nos quedaremos con los mayores esfuerzos para dimensionar cada elemento, y en función del resultado, se adoptarán las mismas secciones para esa familia de elementos o tipos estructurales.

También es cierto que no siempre se dispone de toda la gama de perfiles, ya que uno cuando va a adquirir algún perfil en una distribuidora de acero u otro comercio afín, nos encontramos que se dispone de pocas designaciones (tipos de perfiles), y en el caso de querer obtener uno en especial, hay que mandarlo a pedir, con el consecuente aumento del costo y pérdida de tiempo.

Entonces el profesional que va a dimensionar una estructura, en este caso metálica, debe conocer el mercado y la disponibilidad de la sección de acero elegida.

Para simplificar nuestro cálculo, dentro de todos los perfiles comerciales, nos quedaremos con los denominados UPN y dimensionaremos cada elemento en consecuencia.

Para el cordón superior tenemos:

Datos:

Perfil: UPN, Esfuerzo: 6.01 t de compresión, Longitud de la barra: 3.61 m = 361 cm, condiciones de apoyo articulado-articulado, $\sigma_{adm} = 1.40 \text{ t/cm}^2$.

Como estamos dimensionando, debemos arrancar con algún perfil, razón por la cual recomendamos comenzar por el perfil UPN de la mitad de la tabla.

El perfil UPN de mitad de tabla es el UPN160 aprox.

De tabla nos interesa: $F = 24 \text{ cm}^2$ (Sección) y el $i_{\min} = i_y = 1.9 \text{ cm}$ "radio de giro mínimo".

Ahora los pasos a seguir para comprobar el pandeo por compresión son:

- Calcular la tensión con la siguiente expresión:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{N}{A}$$

Cuyos términos tienen el siguiente significado:

N: Esfuerzo de compresión.

A: Área de la sección.

ω : Coeficiente de pandeo

"término que depende de la longitud de pandeo de la pieza y del radio de giro".

- Verificar que:

$$\sigma \leq \sigma_{adm}$$

Entonces se tiene: $N = 6.01 \text{ t}$, $A = 24 \text{ cm}^2$

Para el coeficiente de pandeo ω , debemos conocer primero la esbeltez λ .

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} = \frac{\text{longitud de pandeo}}{\text{radio de giro}} = \frac{361 \text{ cm}}{1.90 \text{ cm}} = 190$$

Con este valor de esbeltez, de la tabla de $\omega-\lambda$ se obtiene $\omega = 6.97$.

$$\text{Ahora } \sigma = \omega \cdot \frac{N}{A} = 6.97 \times \frac{6.01 \text{ t}}{24 \text{ cm}^2} = 1.74 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} > \sigma_{adm} = 1.40 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \quad \therefore \text{ no verifica}$$

Como el perfil adoptado no verifica, tomaremos uno por encima, por ejemplo el **UPN200** y procedemos de la misma manera, o sea:

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} = \frac{\text{longitud de pandeo}}{\text{radio de giro}} = \frac{361 \text{ cm}}{2.10 \text{ cm}} = 172 \quad \text{"el } i_y \text{ del UPN200 es } 2.10 \text{ cm"}$$

El $A = 32 \text{ cm}^2$ y el coeficiente $\omega = 5.71$.

$$\text{Ahora } \sigma = \omega \cdot \frac{N}{A} = 5.71 \times \frac{6.01 \text{ t}}{32 \text{ cm}^2} = 1.07 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} < \sigma_{adm} = 1.40 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \quad \therefore \text{ verifica}$$

Para el cordón inferior tenemos:

Datos:

Perfil: UPN, Esfuerzo: 5.33 t de tracción, Longitud de la barra: 200 cm, $\sigma_{adm} = 1.40 \text{ t/cm}^2$. Módulo de elasticidad $E = 2100 \text{ t/cm}^2 = 21000000 \text{ t/m}^2$

Ahora los pasos a seguir para comprobar la tracción son:

Debemos verificar que: $\sigma = \frac{N}{A} \leq \sigma_{adm}$ expresión también válida para compresión siempre que $\lambda \leq 20$ (piezas de poca esbeltez).

Además debemos tener en cuenta el alargamiento máximo de la pieza sometida a tracción:

$$\Delta L = \frac{N * L_0}{E * A} \leq \Delta L_{\max} \text{ con:}$$

L_0 : Longitud inicial de la pieza.

N : Esfuerzo de tracción.

E : Módulo elástico.

A : Sección transversal.

$\Delta L = L_{\text{final}} - L_0$

Si comenzamos con el UPN160 será:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{5.33 \text{ t}}{24 \text{ cm}^2} = 0.22 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{adm}} \text{ pero estamos muy por debajo de la admisible, con}$$

lo cual tomaremos un perfil más chico, por ejemplo UPN50 y ahora:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{5.33 \text{ t}}{7.10 \text{ cm}^2} = 0.75 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{adm}} \text{ este valor es más aceptable.}$$

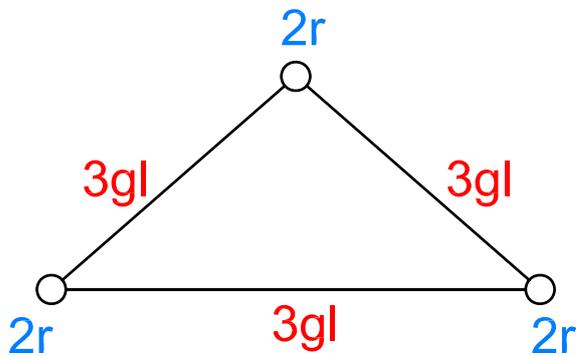
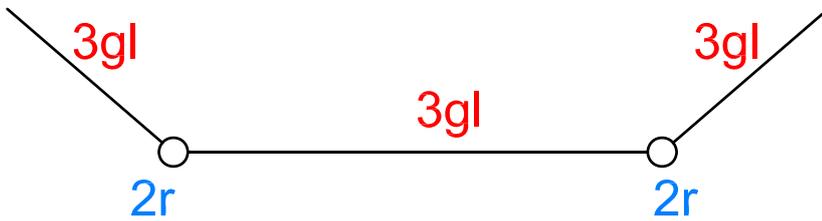
Para el alargamiento se tiene:

$$\Delta L = \frac{N * L_0}{E * A} = \frac{5.33 \text{ t} \times 200 \text{ cm}}{2100 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 7.10 \text{ cm}^2} = 0.07 \text{ cm} \leq \Delta L_{\max} = L / 350 = 200 \text{ cm} / 350 = 0.57 \text{ cm}$$

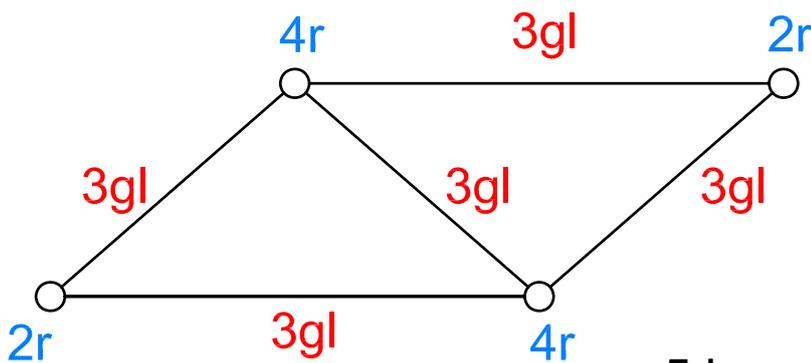
El factor 350 que aparece depende de las características de la pieza a verificar y se obtiene de manuales.

Para los montantes y diagonales se procede de la misma manera.

RETICULADOS



$$9gl - 6rest = 3gl \Rightarrow 1 \text{ CHAPA}$$



$$5 \text{ barras} \times 3gl = 15gl$$

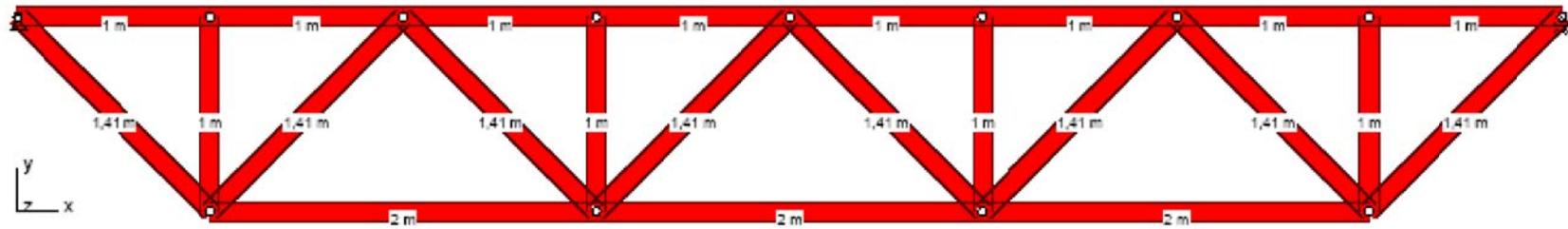
$$\text{restricciones} = 12gl$$

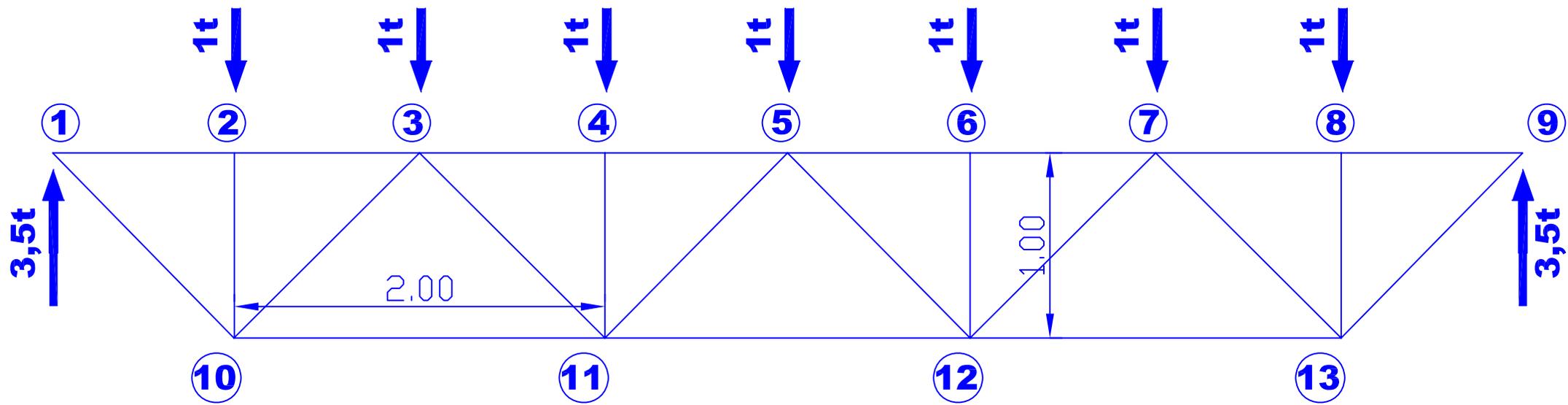
$$3gl \Rightarrow 1 \text{ CHAPA}$$

CONCLUSION: Formando triangulos
siempre queda 1 chapa con 3gl

CERCHA WARREN SUP.

Cercha Warren Superior





HIPOTESIS SIMPLIFICATIVAS:

- a) Las barras serán de eje recto**
- b) Los nudos se suponen articulados**
- c) Las cargas son concentradas y actúan sobre los nudos**
- d) Los ejes de las barras concurren a un único punto nodal**

PROCEDIMIENTO A SEGUIR

- 1- Analisis de cargas.**
- 2- Cálculo de reacciones.**
- 3- Numeración de nudos y barras.**
- 4- Elección del método analítico:**
 - a) Método de los nudos.**
 - b) Método de Ritter o momentos.**

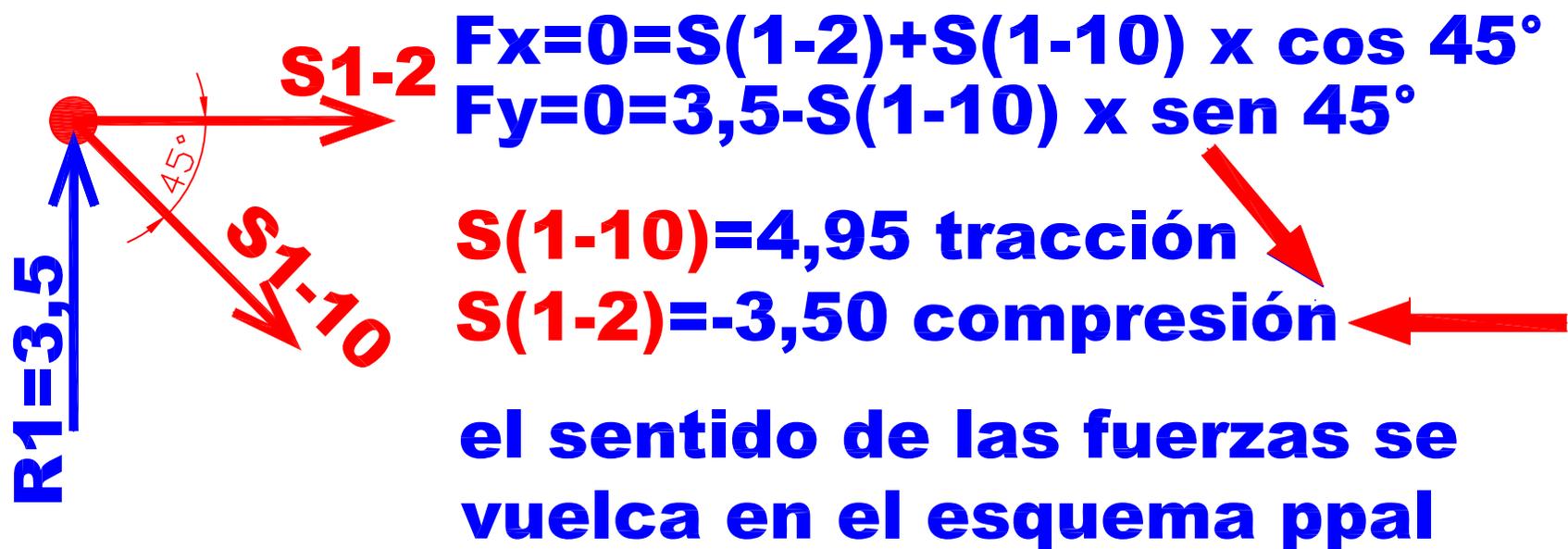
METODO DE LOS NUDOS

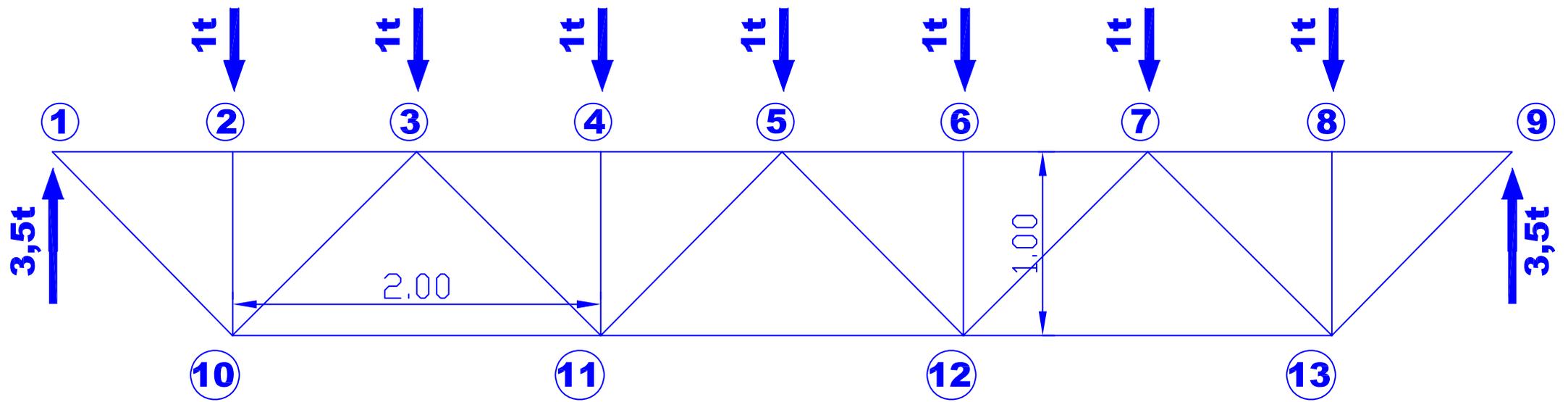
* máximo 2 incognitas por nudo

* ecuaciones suma de $F_x=0$ y $F_y=0$

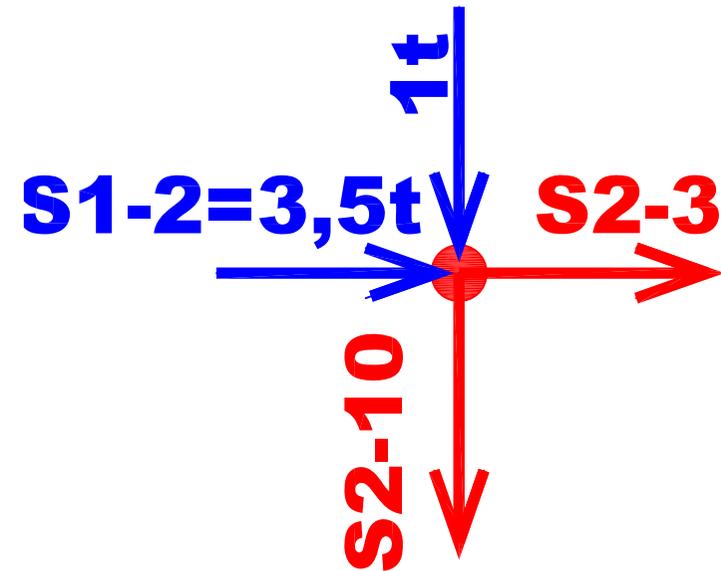
Suponemos las fuerzas incognitas **saliendo del nudo**, si dan **positivas** la barra esta **traccionada** y si dan **negativas** la barra esta **comprimida**.

NUDO 1





NUDO 2



$$F_x=0=3,5+(S2-3)=0 \Rightarrow S(23)=-3,5$$

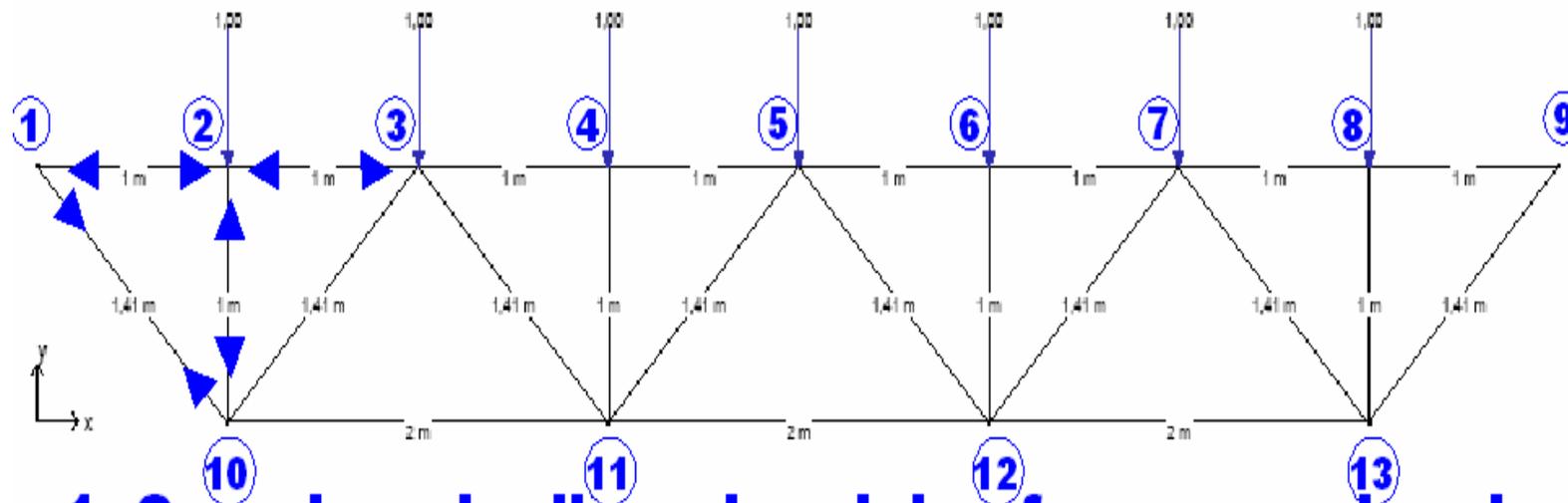
signo (-) \Rightarrow compresión 

$$F_y=0=-1-S(2-10)=0 \Rightarrow S2-10=-1$$

signo (-) \Rightarrow compresión 

el sentido de las fuerzas se
vuelca en el esquema ppal

Deberíamos continuar con el NUDO 10 en el que hay solo 2 incognitas: $S(3-10)$ y $S(10-11)$ y así sucesivamente hasta resolver los esfuerzos en todas las barras.

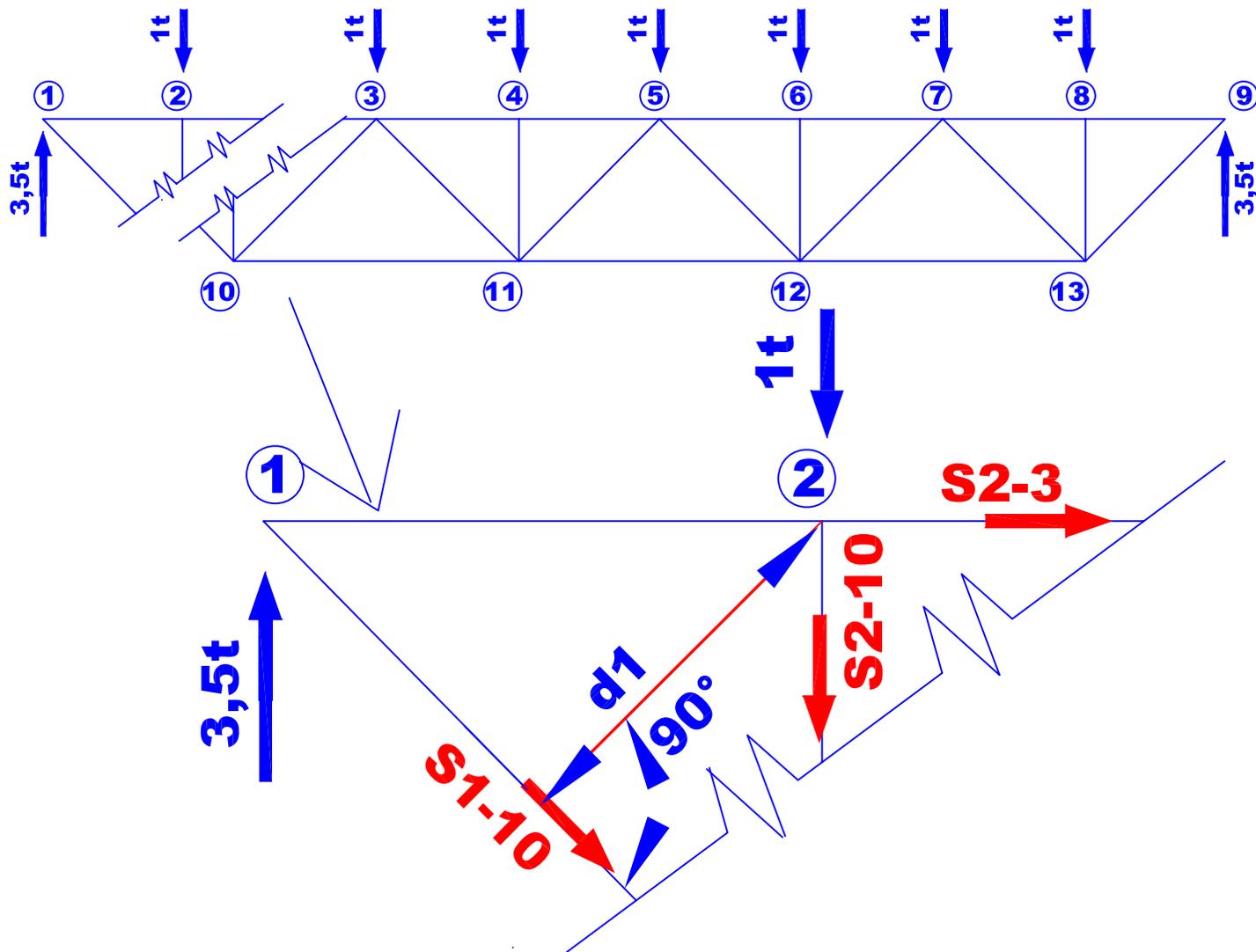


- 1- Se coloca la direccion del esfuerzo en el nudo**
- 2- Para ir al nudo siguiente en la misma barra se invierte el sentido para que haya equilibrio.**
- 3- Los esfuerzos colocados indican la reaccion de la barra contra la accion del nudo.**

PEj.: En el cordon Sup. los nudos tienden acercarse comprimiendo las barras, que reaccionan.

METODO DE RITTER (momentos)

- * cortar la estructura por las barras cuyos esfuerzos queremos conocer**
- * cortar 3 barras como máximo (S1-2/S2-3/S2-10)**
- * suponer el sentido de las fuerzas en las barras cortadas**
- * las 3 barras no pueden ser concurrentes**
- * elegimos un nudo donde concurren 2 de las barras cortadas y planteamos equilibrio de momentos, solamente de las fuerzas ext. activas y reactivas que estan a la izq. del corte y de los esfuerzos de las barras cortadas**
- * nos queda en cada ecuación 1 sola incognita**
- * planteamos mas ecuaciones de momento donde concurren 2 de las barras cortadas**



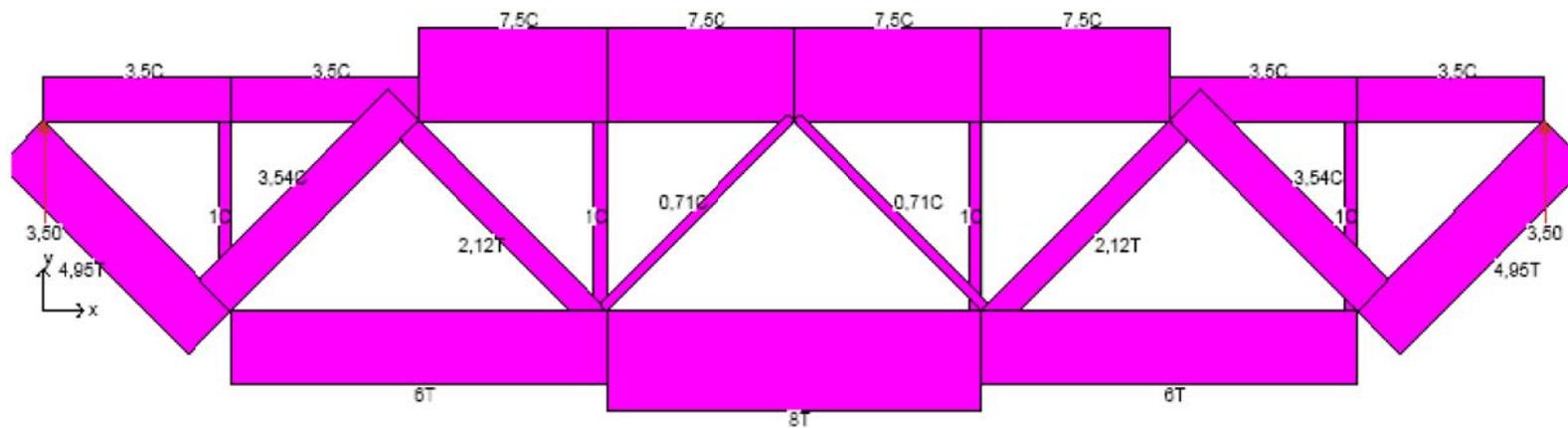
sumatoria de M en $\textcircled{1} = 0 = 1 \times 1 + S(2-10) \times 1 = 0$
 $S(2-10) = -1 \Rightarrow$ compresión \uparrow

sumatoria de M en $\textcircled{2} = 0 = 3,5 \times 1 - S(1-10) \times d_1 = 0$
 $S(1-10) = 4,95 \Rightarrow$ tracción \searrow

sumatoria de M en $\textcircled{10} = 0 = 3,5 \times 1 + S(2-3) \times 1 = 0$
 $S(2-3) = -3,5 \Rightarrow$ compresión \leftarrow

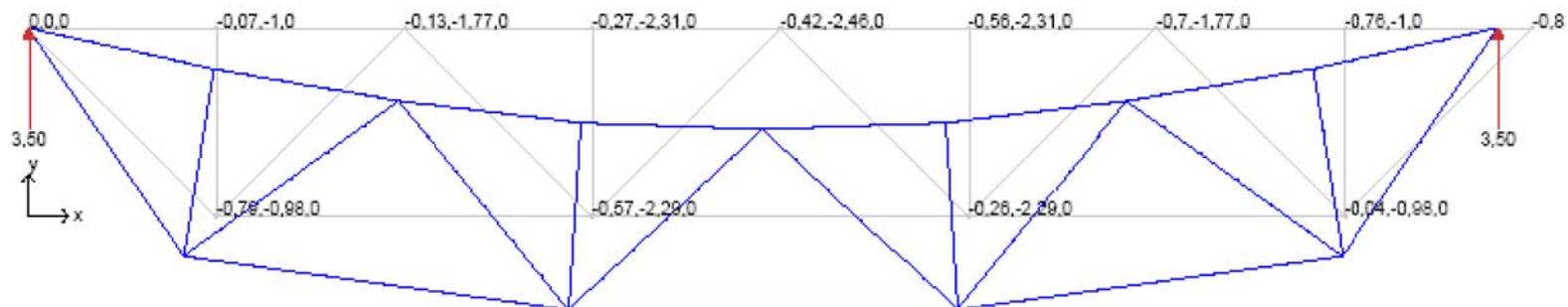
***VENTAJAS: podemos conocer esfuerzos de las barras seleccionadas independientemente del resto de la estructura**

***al igual que el "metodo de los nudos" si suponemos los esfuerzos de las barras cortadas saliendo del nudo, si el resultado es (+) => tracción y (-) => compresión**



CONCLUSION:

Podemos apreciar que los esfuerzos de las 3 barras calculadas son coincidentes por ambos metodos y con los diagramas obtenidos por cálculo con software

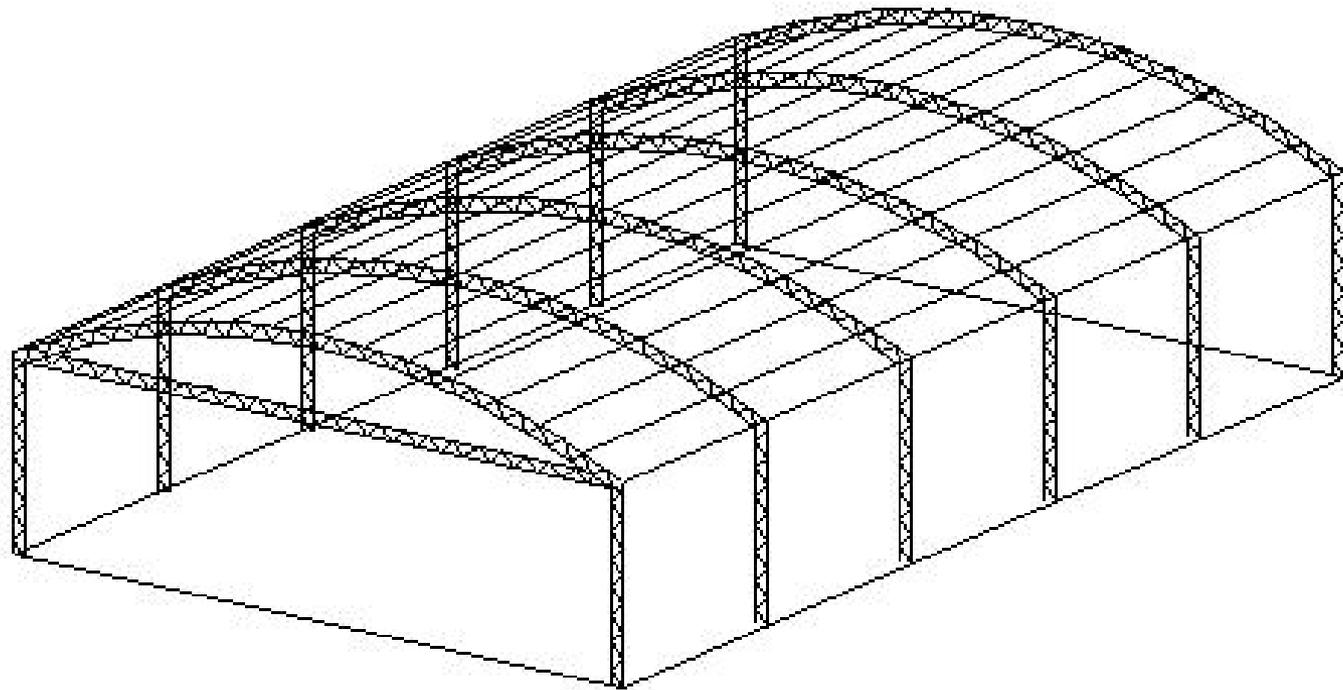


**ESTRUCTURAS
PLANAS**



**PROBLEMAS
ESPACIALES**

ESQUEMA ESTRUCTURAL



EJEMPLO



EJEMPLO(Incorrecto)



DIFERENTES NOMBRES

CABRIADAS

CERCHAS

ARMADURAS

RETICULADOS

CELOSIAS

COMPARACION

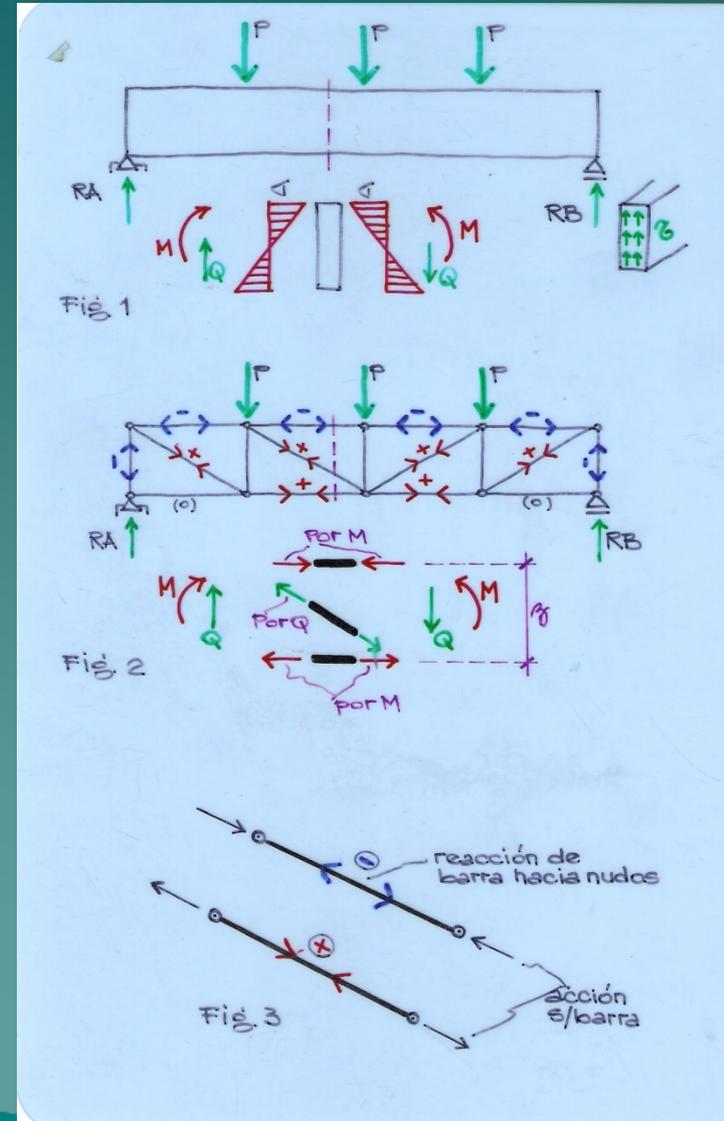
MACIZAS... Mecanismos
resistentes
de Macizas y
Caladas



VERSUS



CALADAS



DISTINTOS TIPOS

OPCIONES PARA
UNA MISMA
SOLUCION

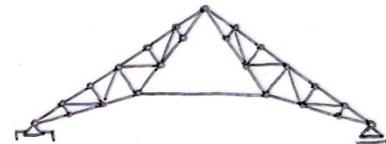
TIPOS DE RETICULADOS PLANOS.-
Fig. 4



COMUN A DOS
AGUAS



INGLESA



POLONCEAU



FRATT



WARREN

ESTRUCTURAS PLANAS

- ◆ PROBLEMAS ESPACIALES.
- ◆ SOLUCIONES EN EL PLANO.

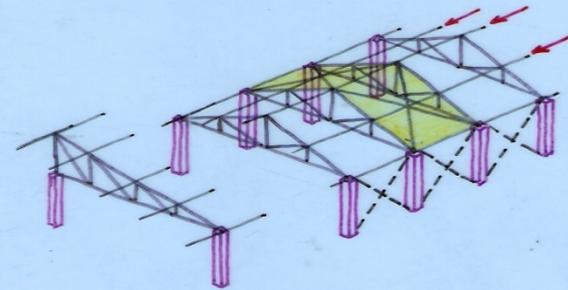


Fig. 8

(10)

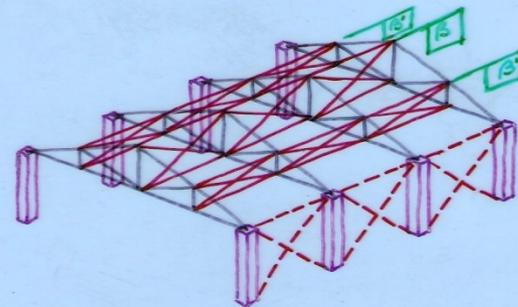
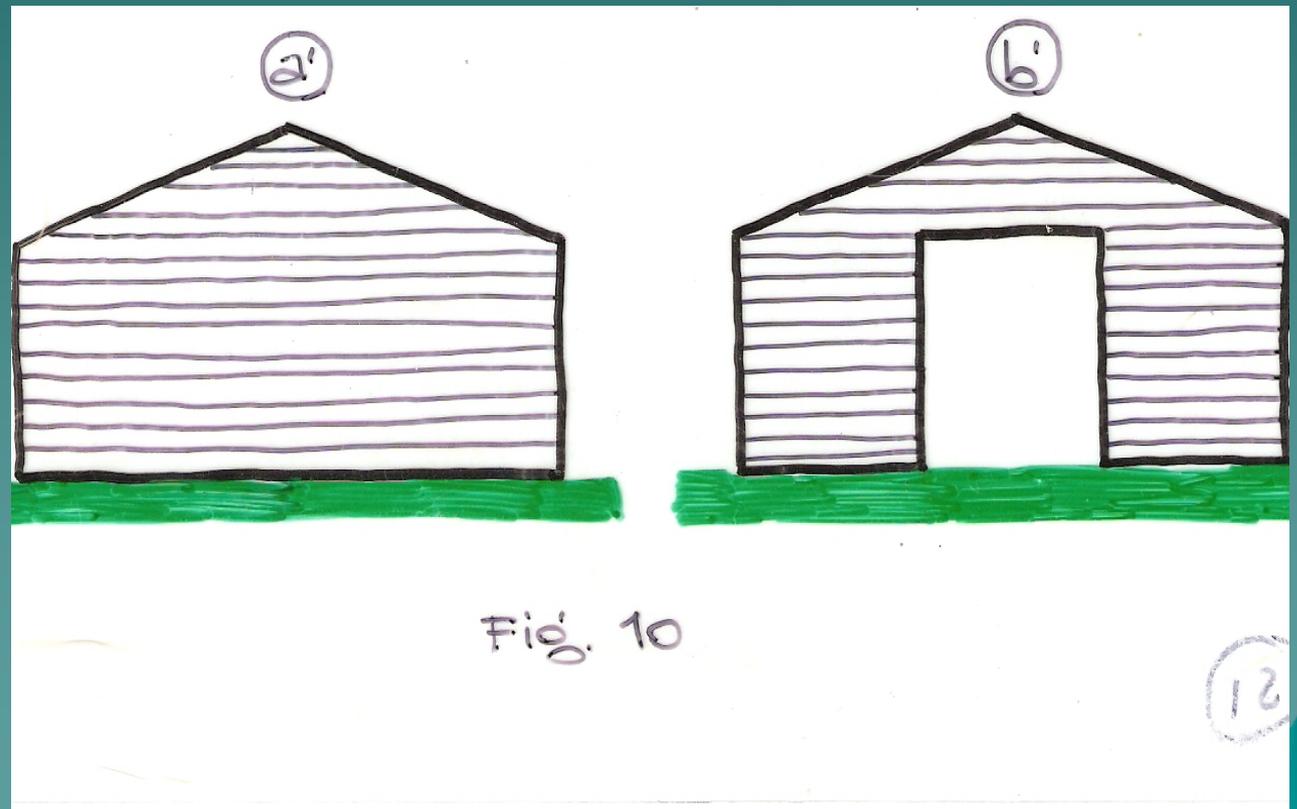


Fig. 9

(11)

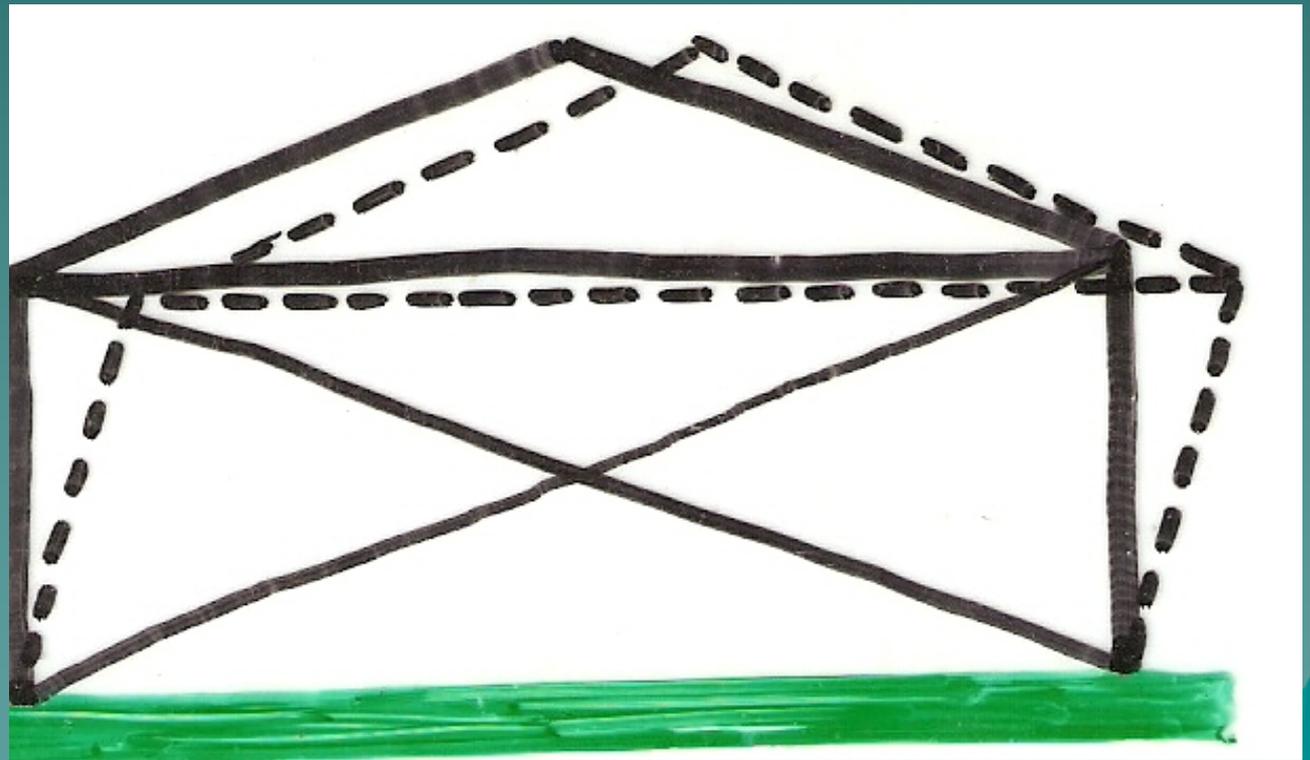
FONDO Y FRENTE

CERRAMIENTOS



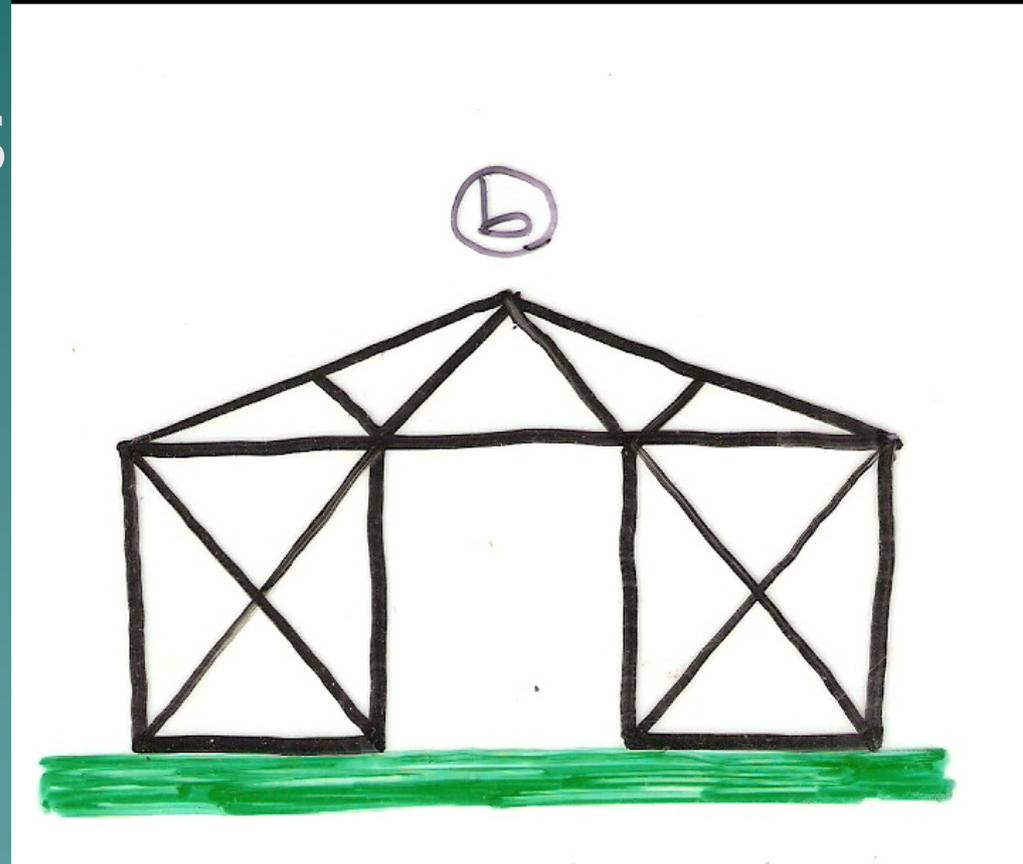
TENSORES

- ◆ EVITAN DEFORMACIONES



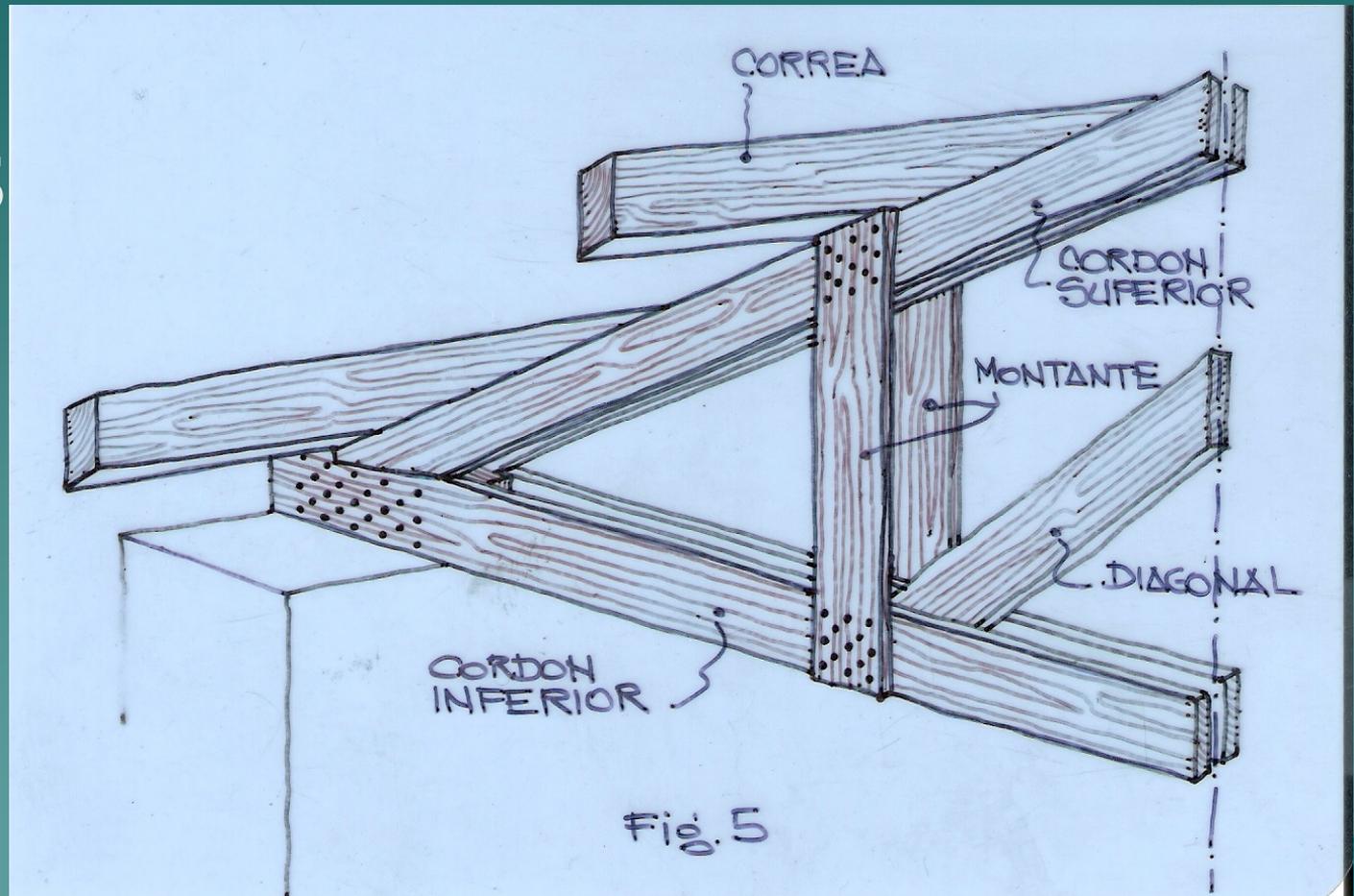
FRENTE CON PORTON

- ◆ RIGIDIZACION
CON DIAGONALES



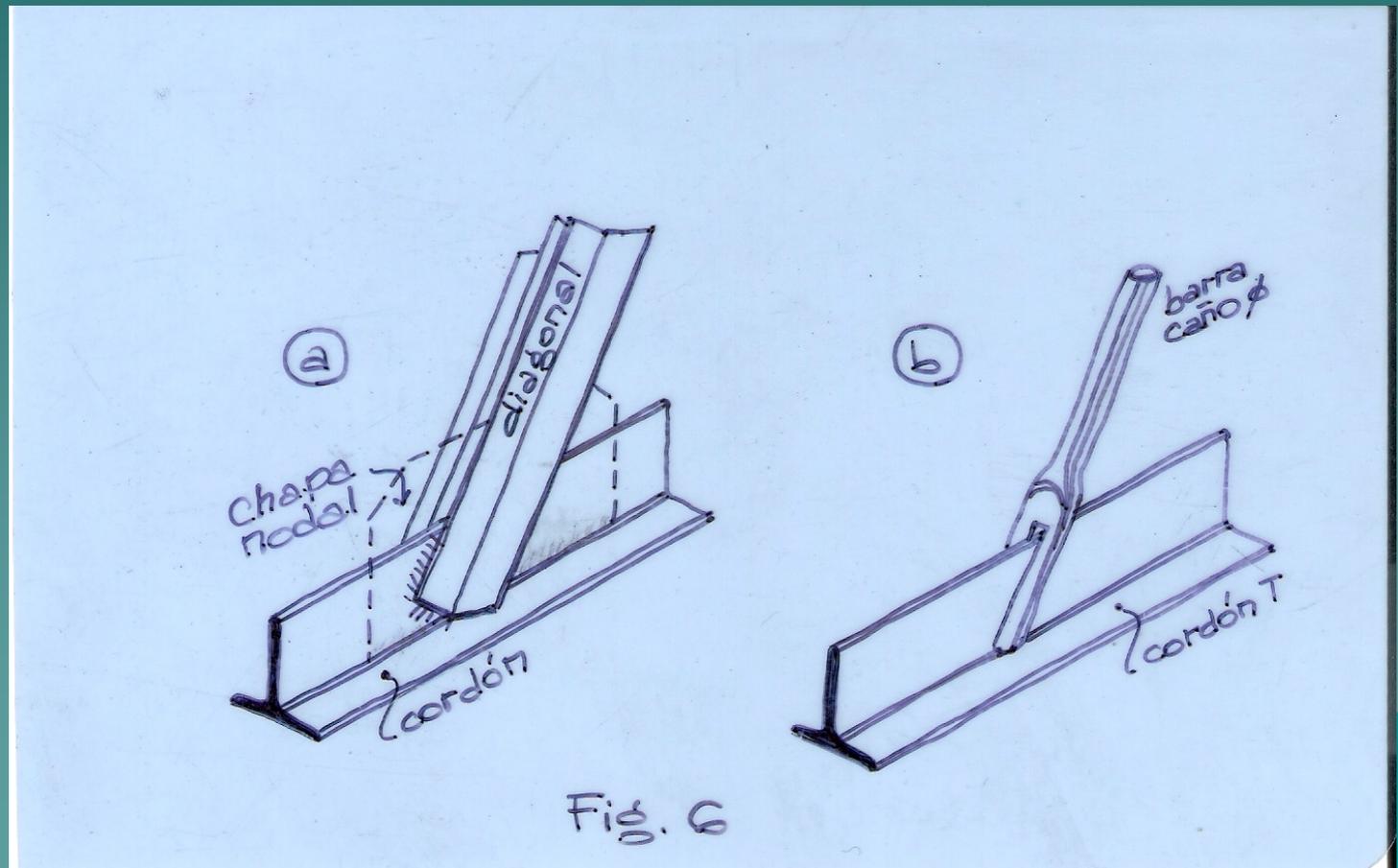
NUDOS DE MADERA

◆ SIN CHAPAS



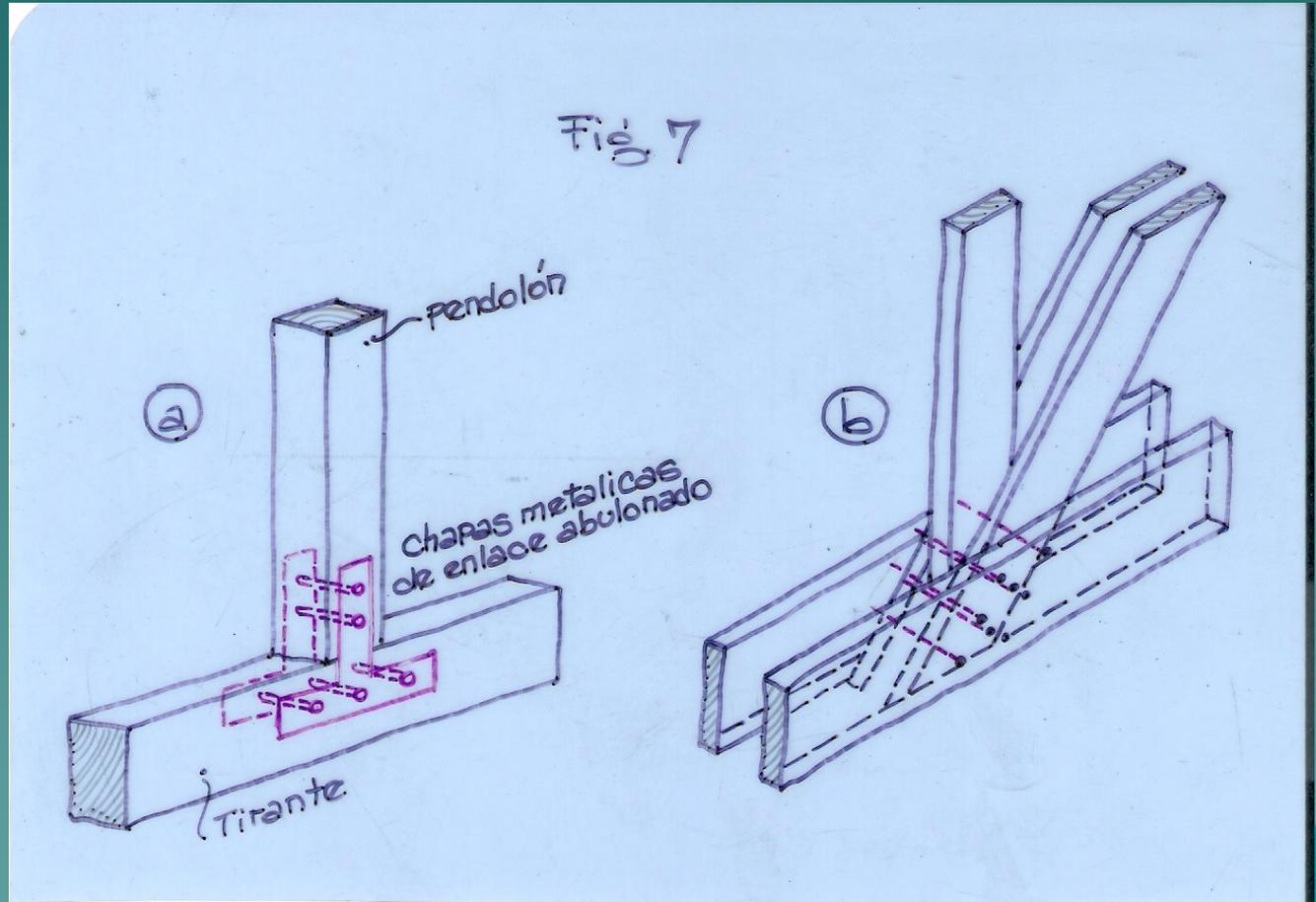
NUDOS METALICOS

◆ SOLDADOS



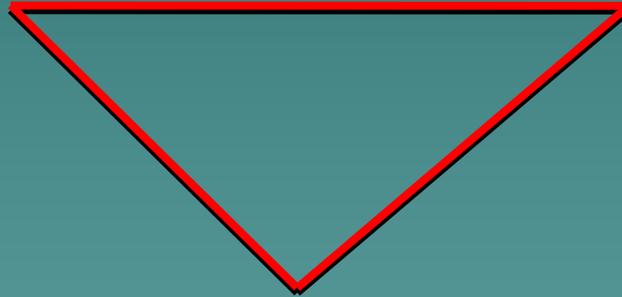
CON REFUERZOS METALICOS

OTRA
FORMA



UNIDAD DE DISEÑO

- ◆ En el plano será el triangulo



EN EL ESPACIO

◆ UNIDAD:
TETRAEDRO.

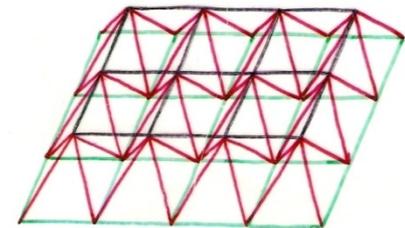
DENOMINACION:
ESTEREOESTRUCTURAS

TETRAEDRO
(Unidad Espacial)



(a)

GRILLA A DOS NAPAS



(b)

Fig. 11

ESTEREOESTRUCTURAS

No solo se usan para cubrir grandes luces con eficiencia, sino que para construcciones de poca envergadura en cuanto a necesidad estructural, tienen un valor estético importante.



Montaje

El mismo puede ser realizado en el piso para luego izarla y posicionarla en su lugar definitivo. Es importante contar con las grúas adecuadas.



ESTEREO ARQUITECTURA

Así lo denominamos cuando no hay una necesidad estructural concreta o la misma se combina con detalles arquitectónicos



▪

ESTEREO MIXTA

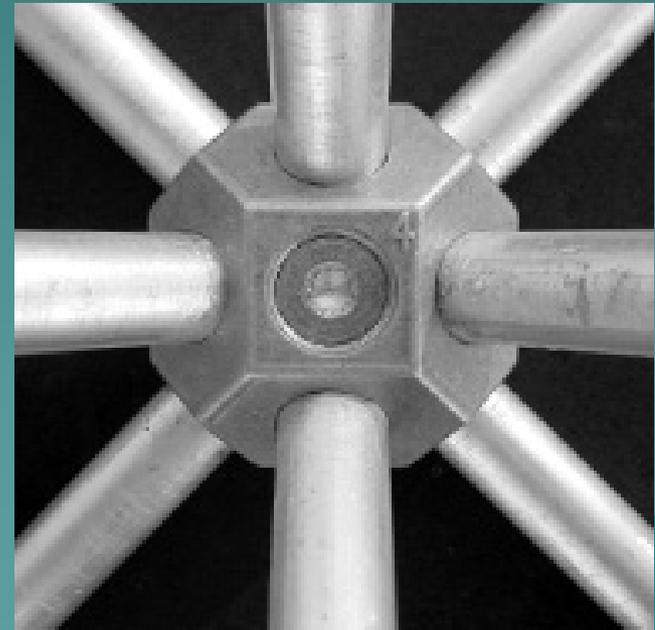
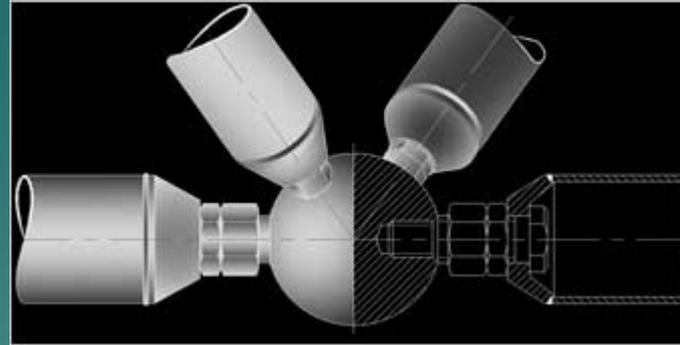
Así lo denominamos cuando parte de la estructura es maciza y parte estéreo.



◆ Uniones

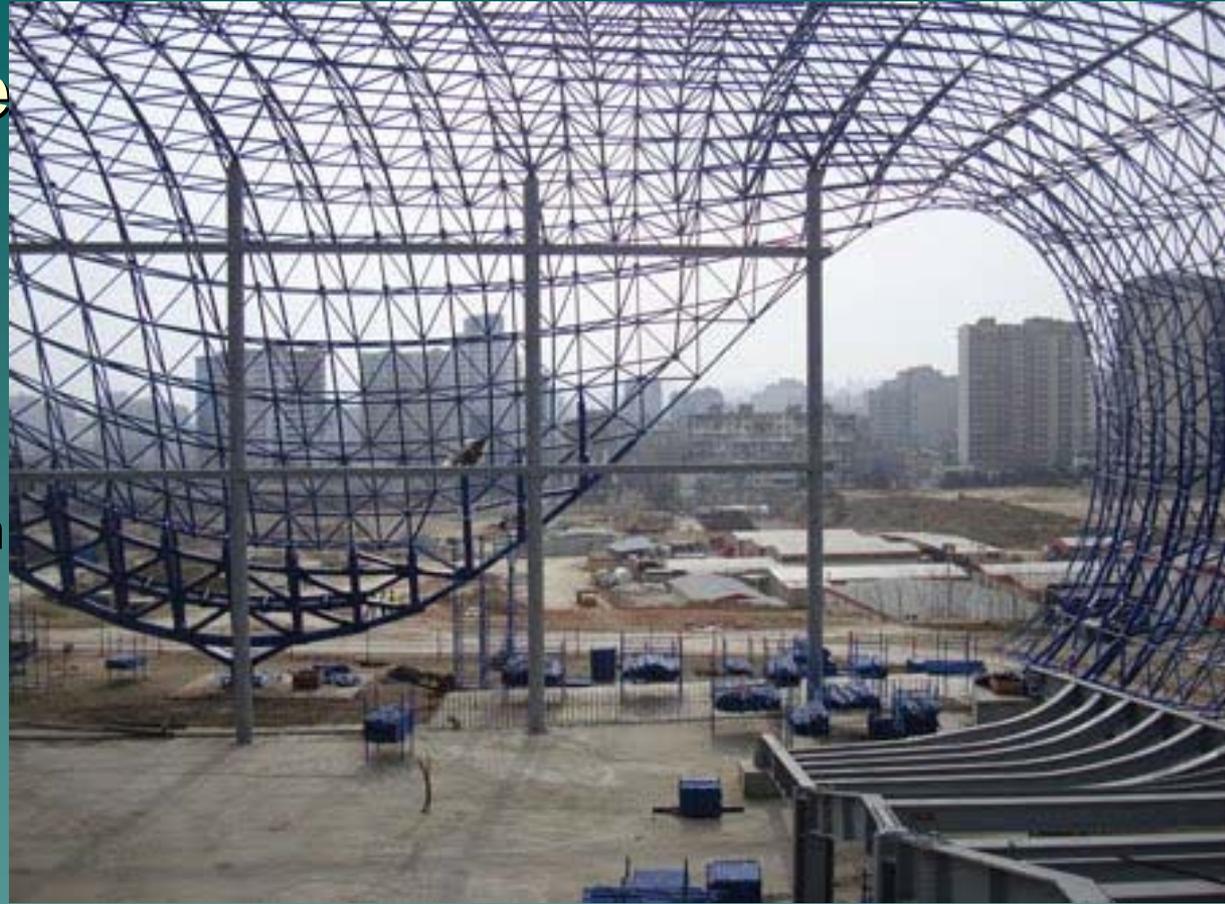
TECNOLOGIA

La materialización de las uniones hace a la eficiencia del sistema, no nos olvidemos que necesitamos sistemas de fuerzas concurrentes.



Arquitectura de pieles

Recordemos que la obra de Zaha Hadid (por ejemplo) vista en la clase de diseño estructural empleaba estéreos estructuras que revestía a los efectos de lograr las formas deseadas.





Zaha Hadid



Estructura Geodésica

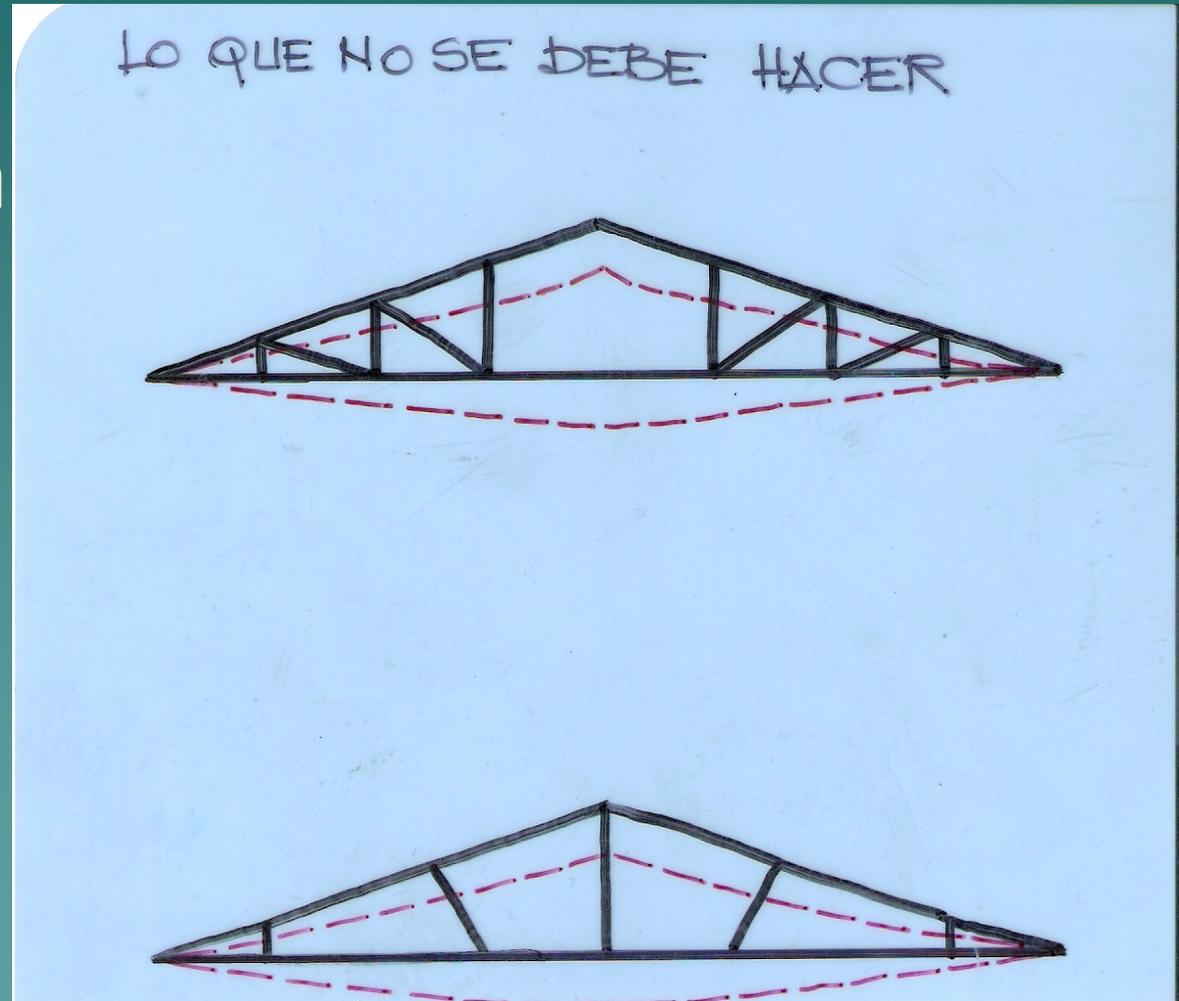
Mecanismo de unión





OLVIDAR LA ESENCIA

- ◆ PECAR: Es Olvidar que la Unidad de Diseño en el Plano es el Triangulo.

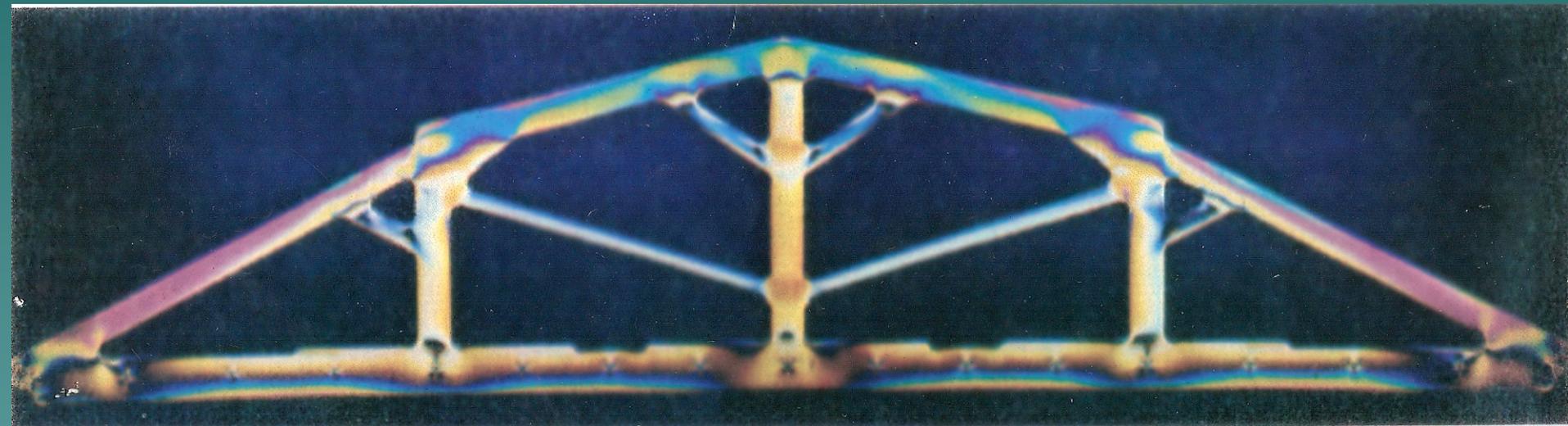


CUBIERTA ESTEREO



CABRIADA

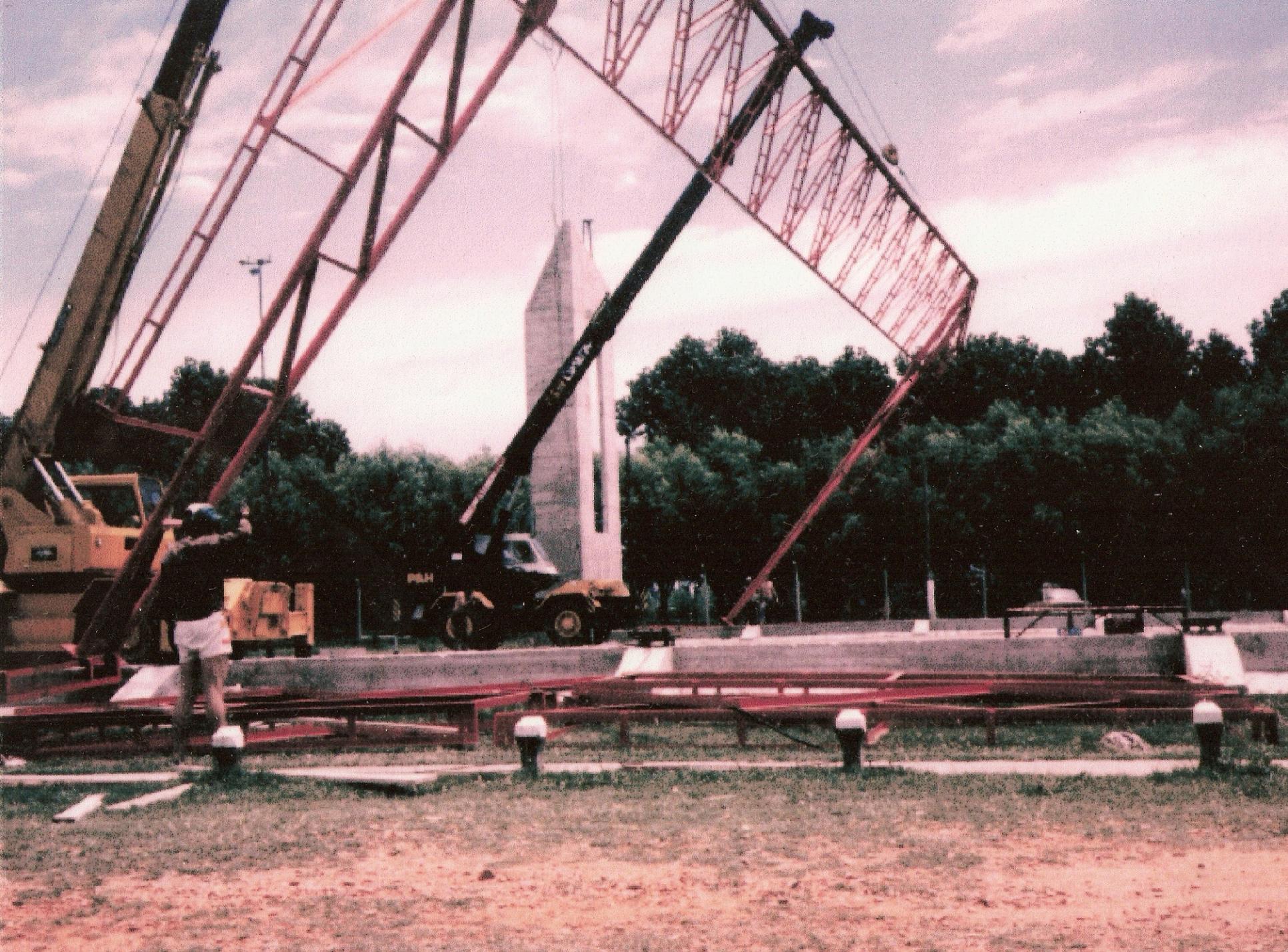
- ◆ NO TRIANGULADO? (**Inaceptable**)





CARGAS PROPIAS DEL MONTAGE

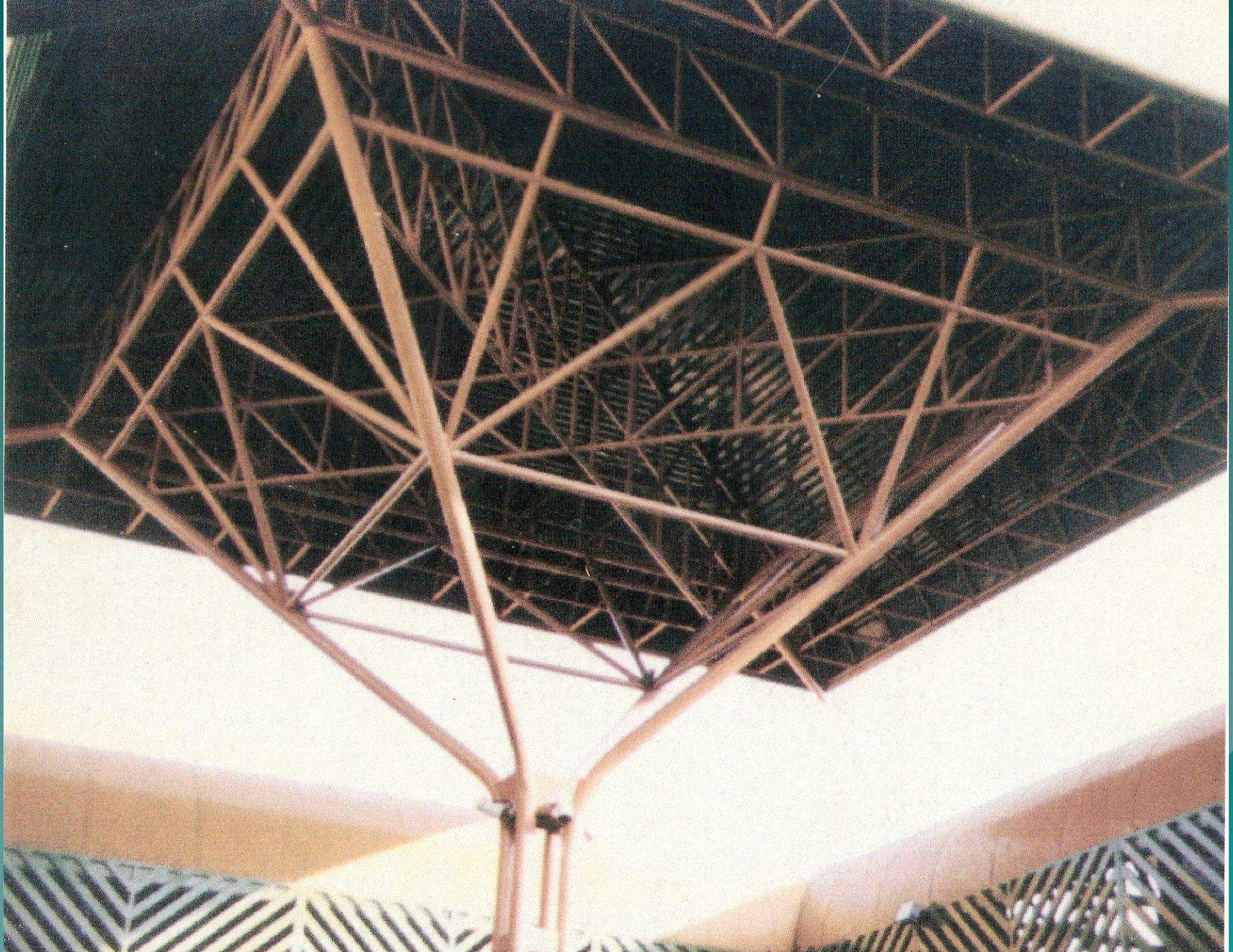




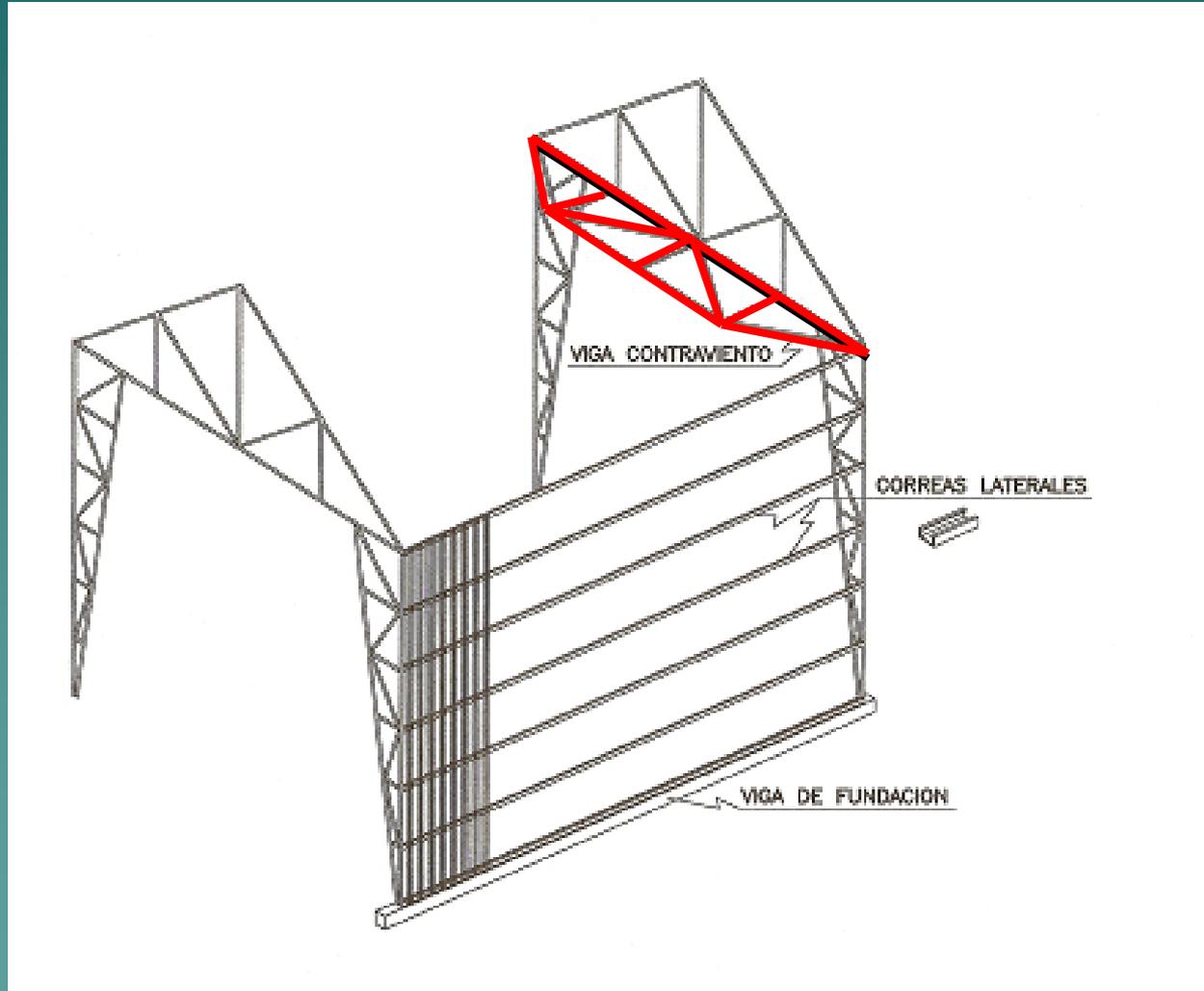


ENCONTREMOS EL ERROR





VIGA CONTRAVIENTO



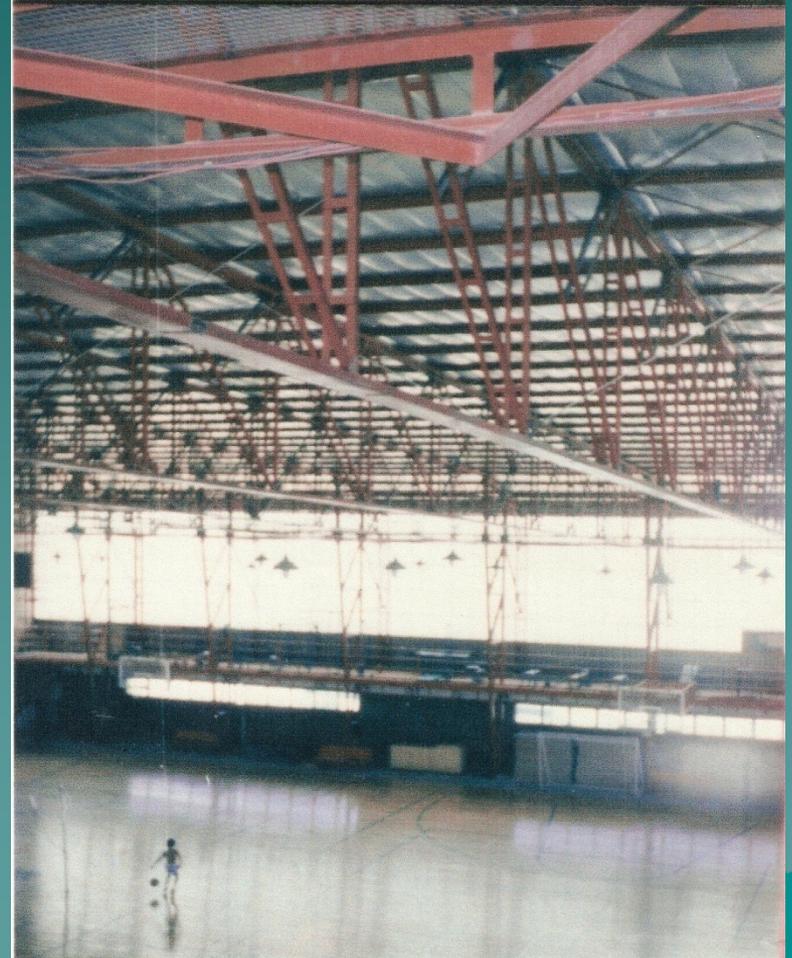
VIGA CONTRAVIENTO

- ◆ TENSORES
EN
DIAGONAL:
Aportan rigidez



CENTRO DEPORTIVO

GRANDES LUCES
POCAS CARGAS



ENTREPISO SIN VIGAS



- ◆ Reticulado utilizado como estructura de transición a los efectos de reducir la cantidad de columnas que llegan a la planta baja (Estructura mixta)

Vierendeeel (No confundir)



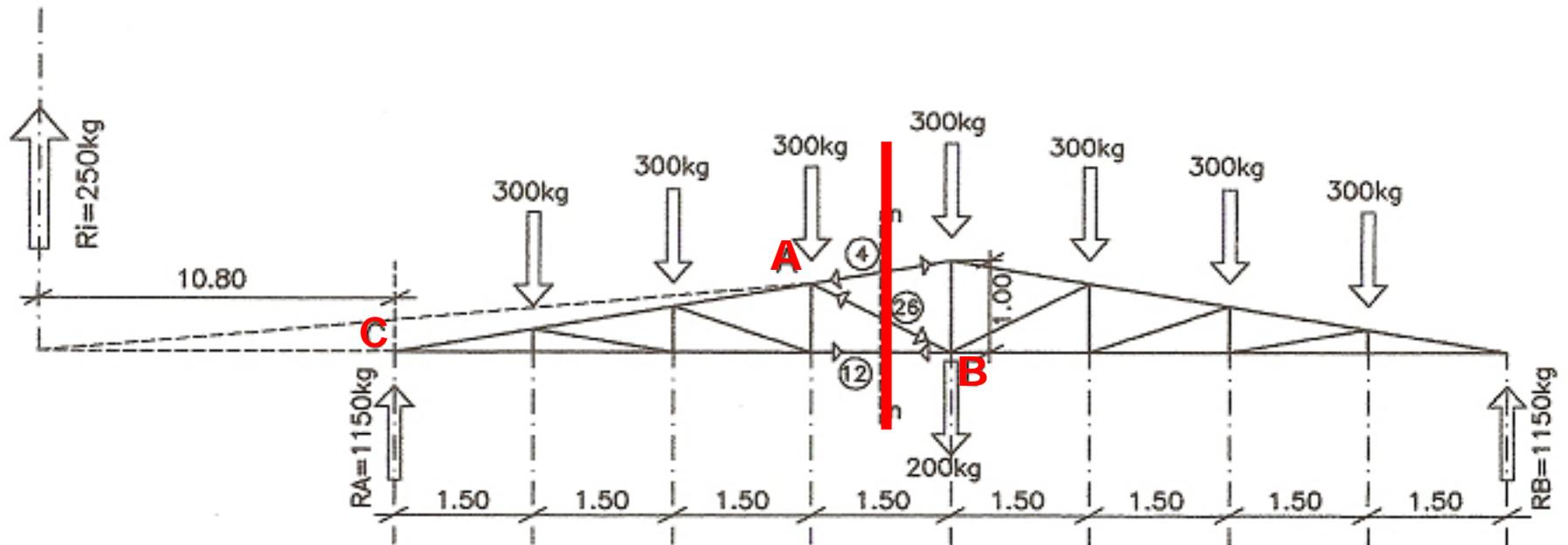
METODOS DE CALCULO

- ◆ Recta auxiliar de Cullman. (Grafico)
- ◆ Grafico-analítico de Ritter.
- ◆ De los nudos. (Analítico o grafico)

CULLMAN Y RITTER

- ◆ Tienen la ventaja de permitir calcular una parte de la estructura sin necesidad de resolver la totalidad de la misma

RITTER



Desarrollo de Ritter

- ◆ Tomamos centro de momento en A:
- ◆ $1150*4.5-300*(1.5+3.00)=S_{12}*z=S_{12}*0.75$
- ◆ $S_{12}=5100.Kg$
- ◆ Tomamos centro de momento en B:
- ◆ $1150*6.0-300*(1.5+3.0+4.5)=4200kgm=S_4*0.98$

Valor este ultimo tomado de la escala desde B a la barra 4

resultando $S_4=4200/0.98\approx 4280kg$

CONTINUACION RITTER

◆ Tomamos centro de momento en C:

$300*(1.5+3.0+4.5)=2700\text{Kgm}=\text{S26}*2.70$
medido en la escala.

Despejando $\text{S26}=1000\text{Kg}$

CULLMAN

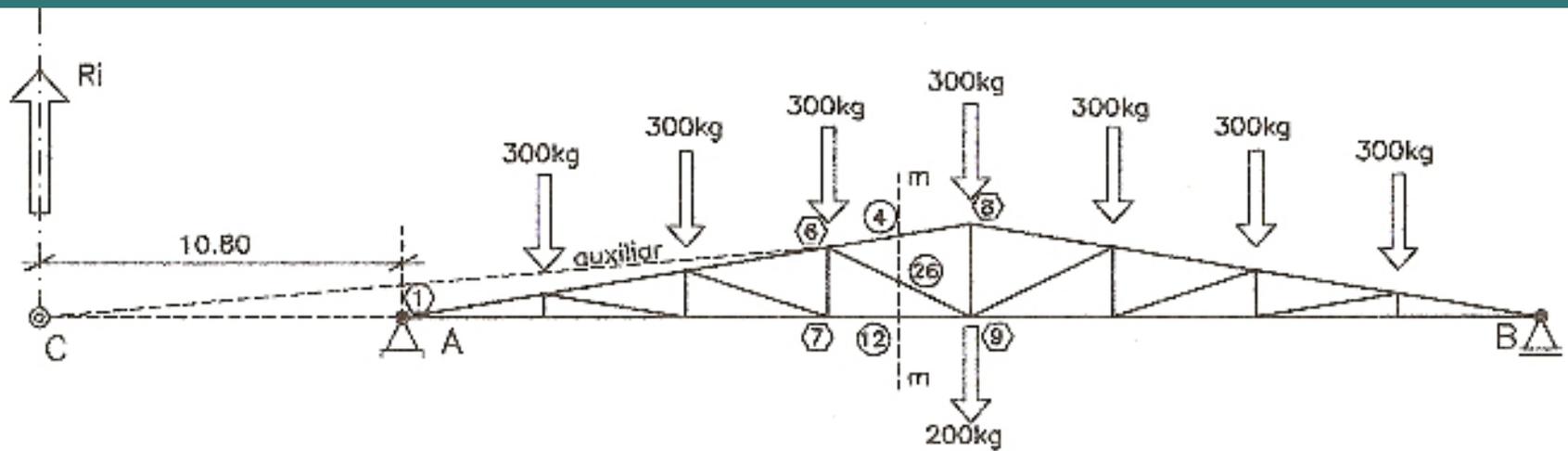
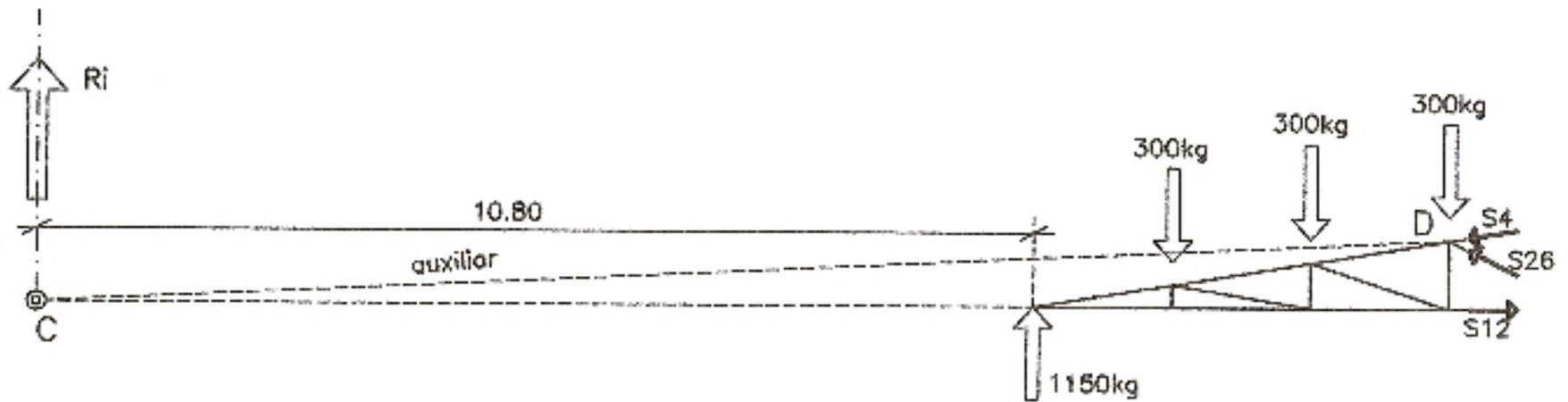
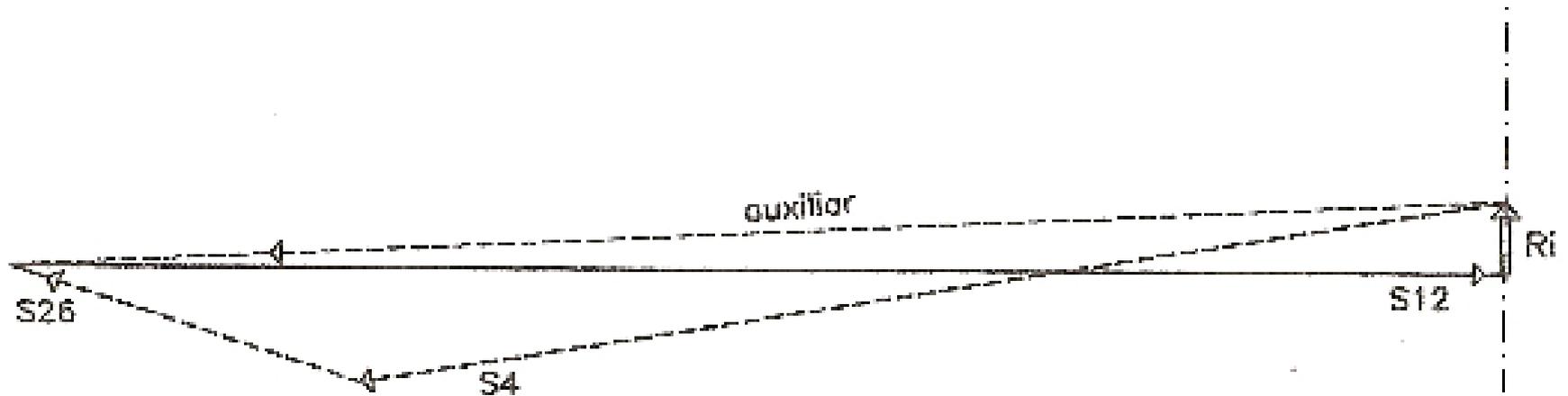


fig 14

CULLMAN



CULLMAN



METODO DE LOS NUDOS

Su concepto central de aplicación es:

- ◆ Si una estructura esta en **equilibrio**, **cada una de sus partes lo están**, en este caso nos referimos a los nudos.

(todos y cada uno de ellos)

- ◆ Para ello deberá verificarse $\Sigma Y=0$;
 $\Sigma X=0$, en cada nudo analíticamente.

NUDOS: CONTINUACION

- ◆ Pero este método podría resolverse también gráficamente y en ese caso por polígono vectorial deberemos verificar que el mismo sea cerrado con lo cual garantizamos el equilibrio para fuerzas concurrentes. No obstante con el uso de la computadora lo mas común es calcularlo analíticamente.

¿Como Empezar?

- ◆ Siempre por un nudo que no tenga mas de dos incógnitas que es lo que puedo resolver con las dos ecuaciones de la estática.
 - ◆ **SISTEMAS DE FUERZAS CONCURRENTES**

NUDO 1

$$\sum X=0=-S_1 \cdot \cos \alpha + S_9=0$$

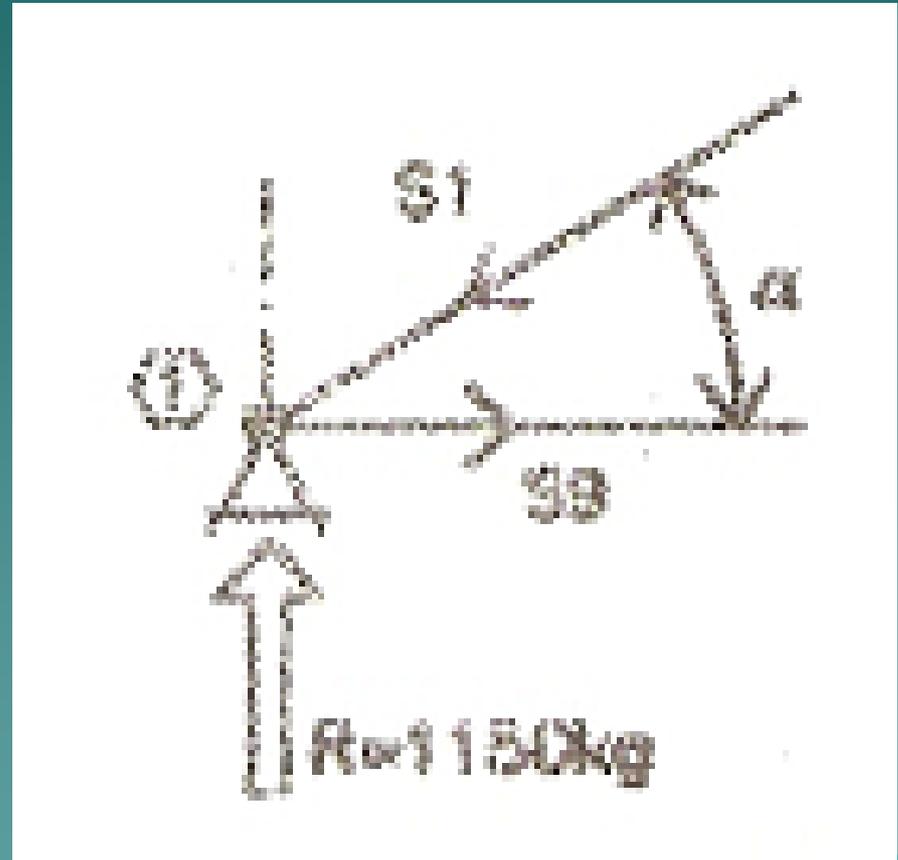
$$\sum Y=0=-S_1 \cdot \operatorname{sen} \alpha + 1150=0$$

$$S_1=6995$$

$$S_9=6900$$

Luego como siempre si el signo es positivo el sentido supuesto es correcto, caso contrario

Se cambia(invierte)

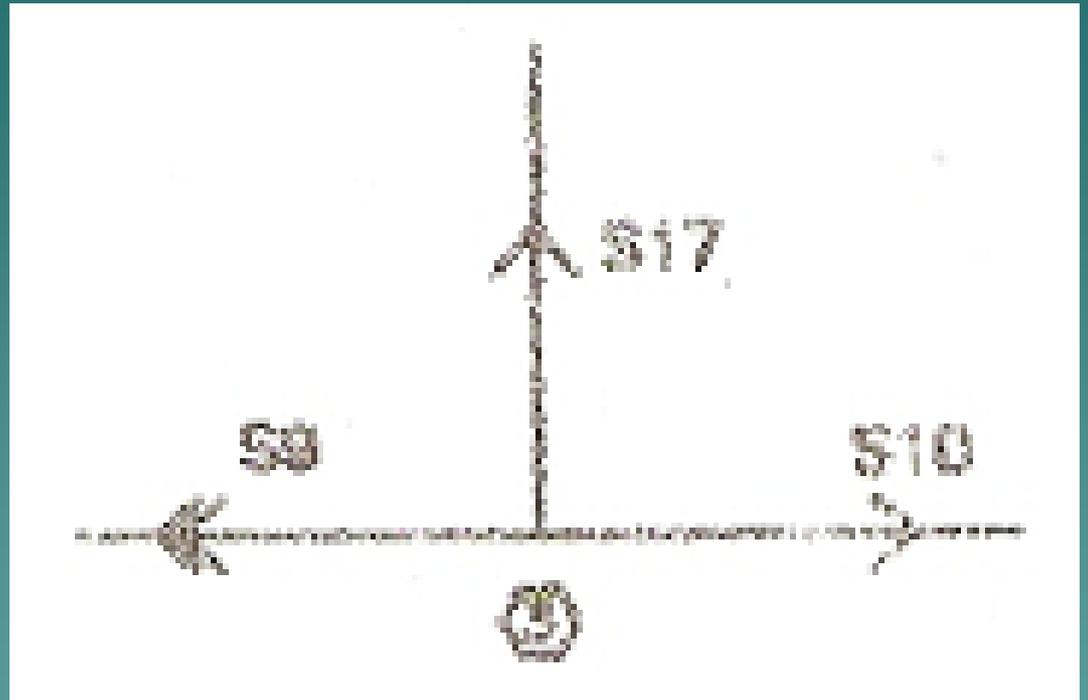


NUDO 3

$$\sum X=0=-6900+S_{10}=0$$

$$\sum Y=0=S_{17}=0$$

- ◆ La barra S_{17} no trabaja.
- ◆ $S_{10}=6900$.



NUDO 2

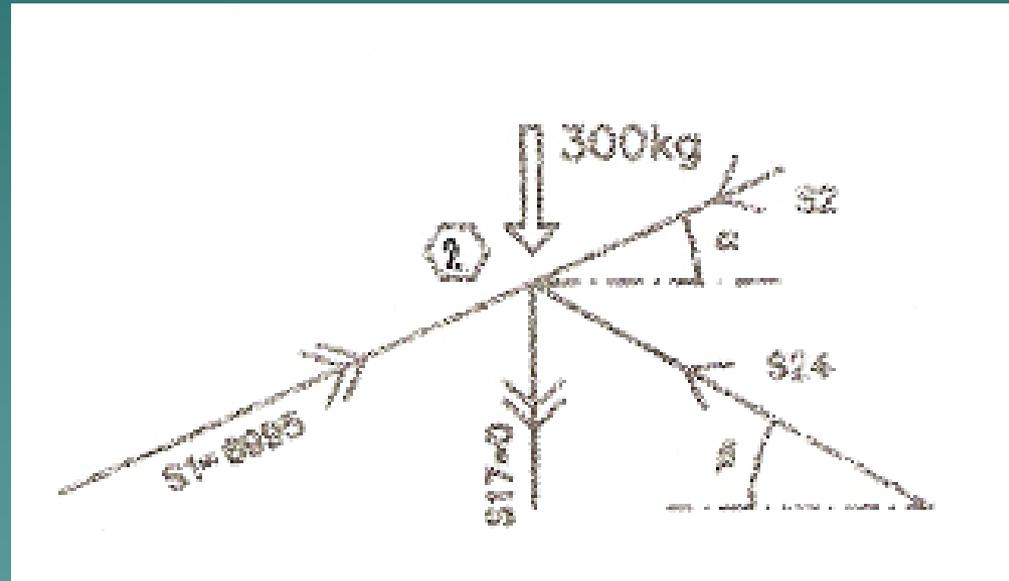
$$\sum X=0=S_1 \cdot \cos \alpha - S_2 \cdot \cos \alpha - S_{24} \cdot \cos \beta = 0$$

$$\sum Y=0=300 - S_1 \cdot \operatorname{sen} \alpha - S_2 \cdot \operatorname{sen} \alpha + S_{17} - S_{24} \cdot \operatorname{sen} \beta = 0$$

S_1 y S_{17} ya calculados
permiten obtener:

$$S_2 =$$

$$S_{24} =$$



NUDO X

◆ Luego continuamos calculando repetitivamente hasta calcular todos los nudos, siempre cuidando de elegir el nudo con el criterio de no tener mas de dos incógnitas.

RESUMEN

◆ Como vemos surgen aplicaciones de la resolución de sistemas de fuerzas.

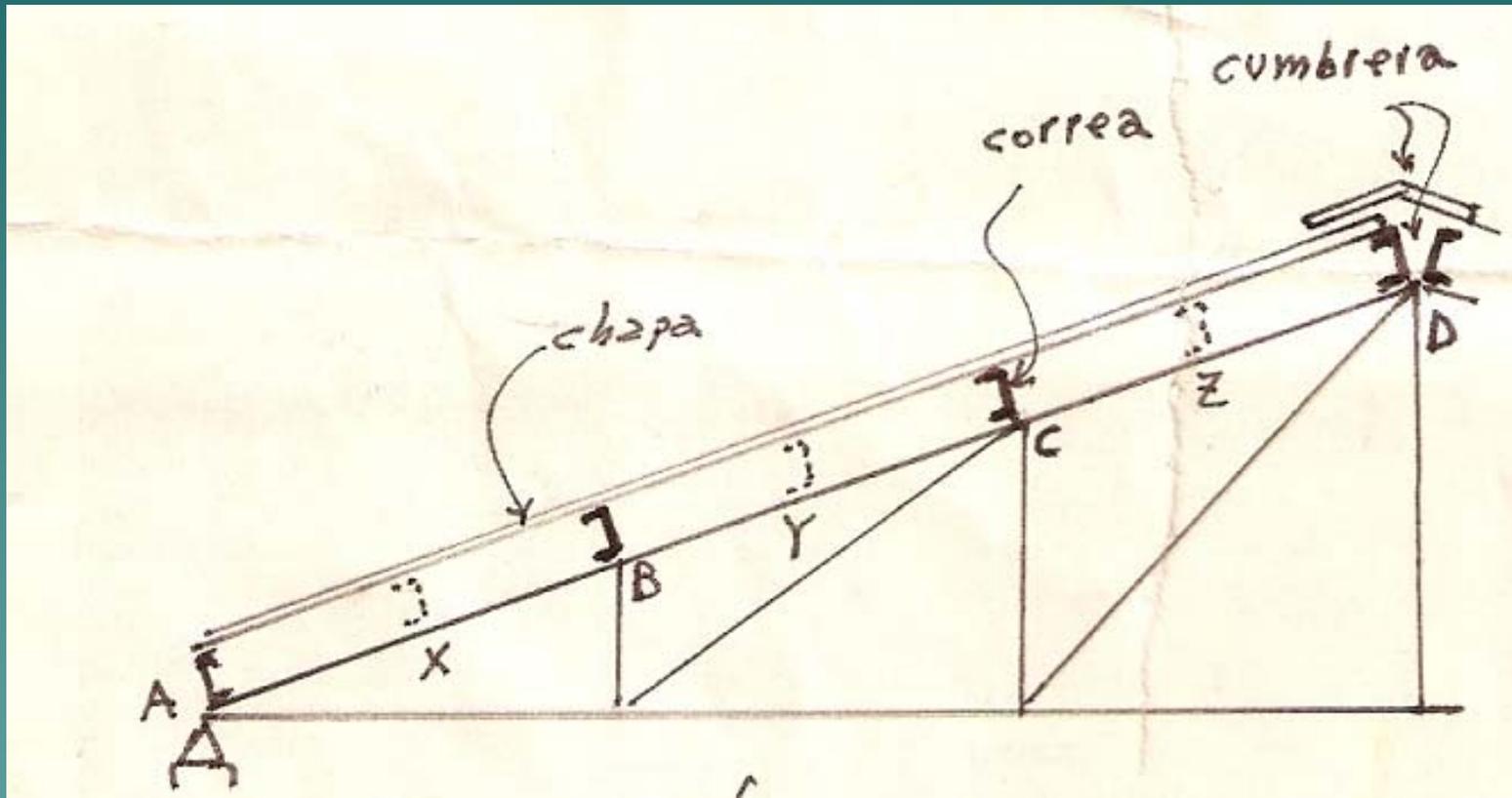
En este caso concretamente podemos aplicar la descomposición de una fuerza en tres direcciones como son Ritter y Cullman.

O en el caso del método de los nudos, la resolución de sistemas de fuerzas concurrentes.

CORREAS

- ◆ QUE SON: Los elementos receptores del cerramiento propiamente dicho, (en general chapas) que podrán ser de diferentes materiales. Estos materiales a utilizar en correas suelen ser perfiles o tirantes de madera.

ESQUEMA DE CORREA



EJEMPLO DE APLICACION



OTRO EJEMPLO



SEGUIMOS CON EJEMPLOS



SEGUIMOS CON EJEMPLOS



OTRA APLICACION



GRUAS EN GENERAL



TAMBIEN EN PUENTES LEVADIZOS

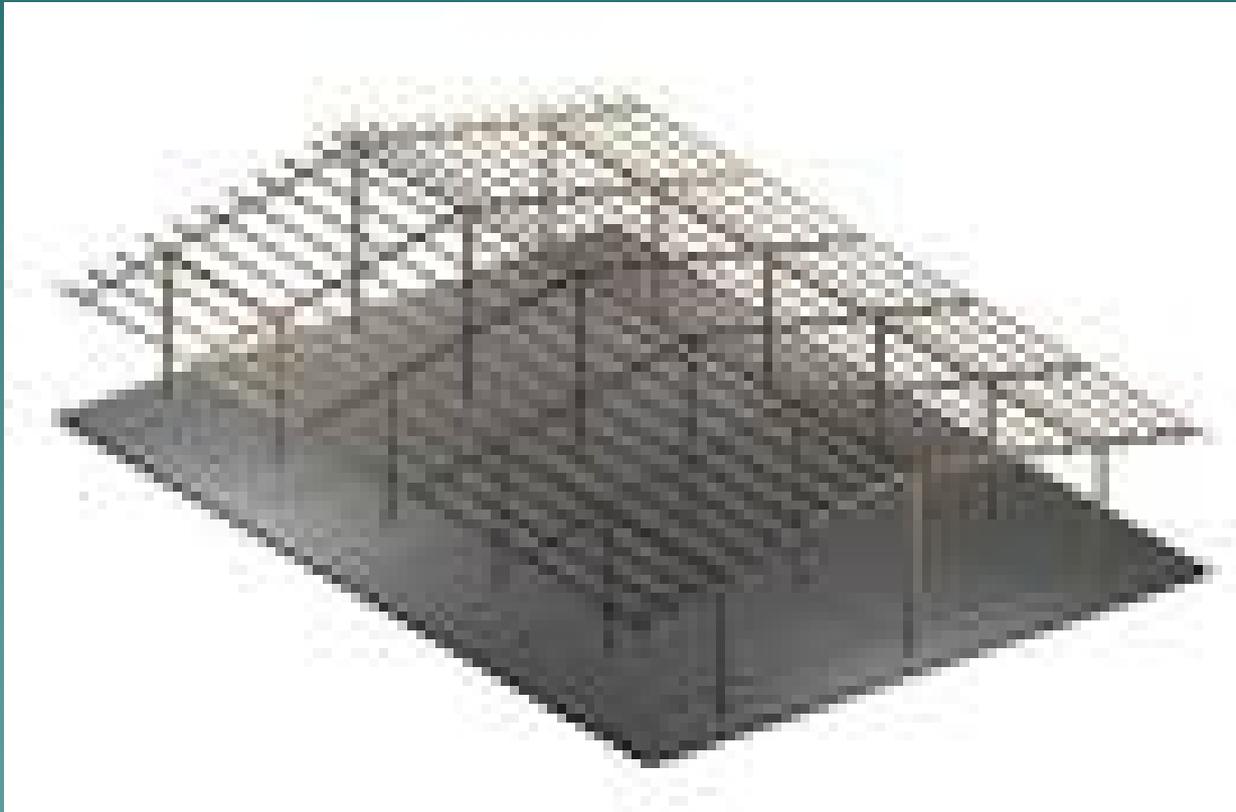


ente levadizo con apoyos de
estómoro

VUELTA AL MUNDO



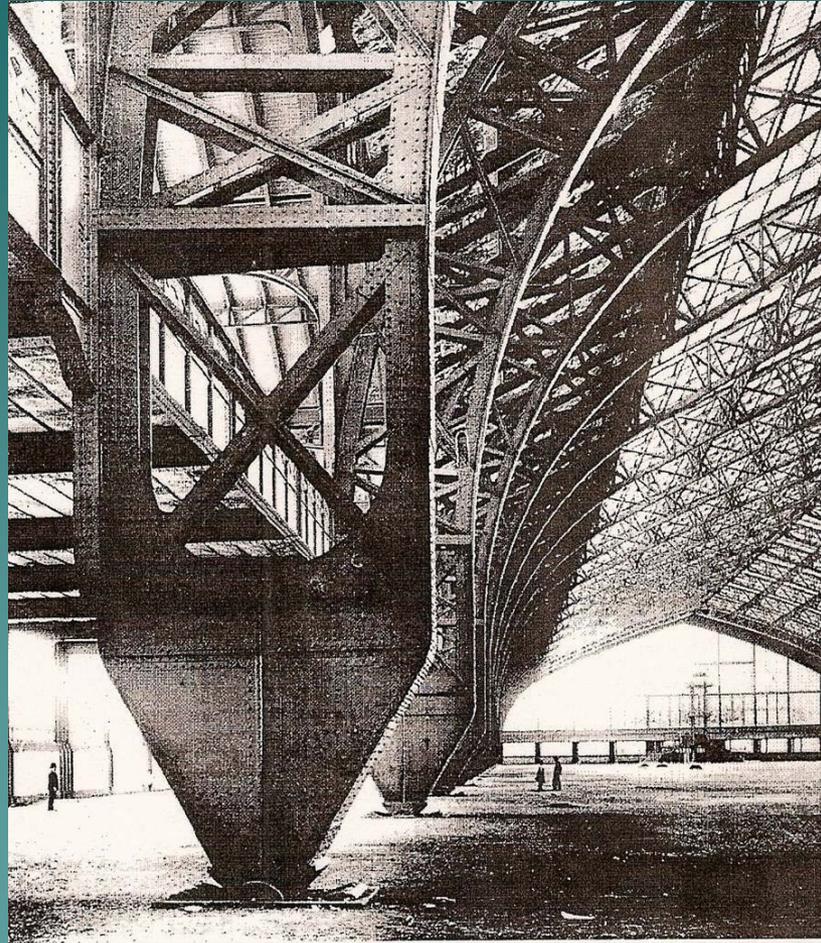
ESQUEMA PLANO-ESPACIAL



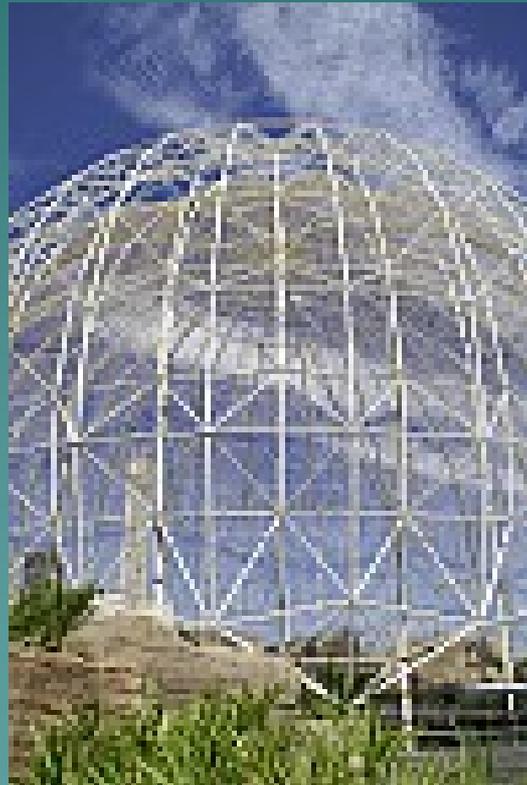
COLUMNAS-VIGAS



ARTICULACION-RETICULADO



ARQUITECTURA-RETICULAR



EJEMPLO DE MADERA

Observar
los nudos
con
refuerzos
nodales
metálicos



VIGAS RETICULADAS

Aplicaciones varias:

- 1.- Columnas.
- 2.- Vigas de arriostramiento.
- 3.- Vigas principales.



MONTAJE

Vigas y
columnas
reticuladas.



Grandes luces

En el caso de espacios deportivos para proteger el sector de público por el sistema de viseras.



NAVES INDUSTRIALES

No todas son reticuladas, en este caso funcionan perfectamente y sin embargo están resueltas con perfilaría maciza.



ANDEN DE ESTACION

Acá vemos un reticulado con perfiles (sección variable) para aprovechar mejor los materiales donde son mas necesarios, y también podemos apreciar los apoyos articulados, como ejemplo de esta tipología de vinculación



PLUMAS

- ◆ Clásicas torres para obras urbanas o de gran envergadura que justifique los costos de instalación para los movimientos a realizar.



◆ Y CONTINUAN LOS EJEMPLOS



**NOS VEMOS EN LA
PRACTICA**

