

ESTRUCTURAS I

Curso Controlado
Primer Semestre 2020

Clase 15
Práctico Expositivo

Repaso

Como equipamiento de un área parquizada, se proyecta un tramo de caminería elevada para cruzar un arroyo, como se muestra en el gráfico adjunto. Este pasaje elevado cuenta con un ancho de 5 metros, al cual se accede por una rampa independiente.

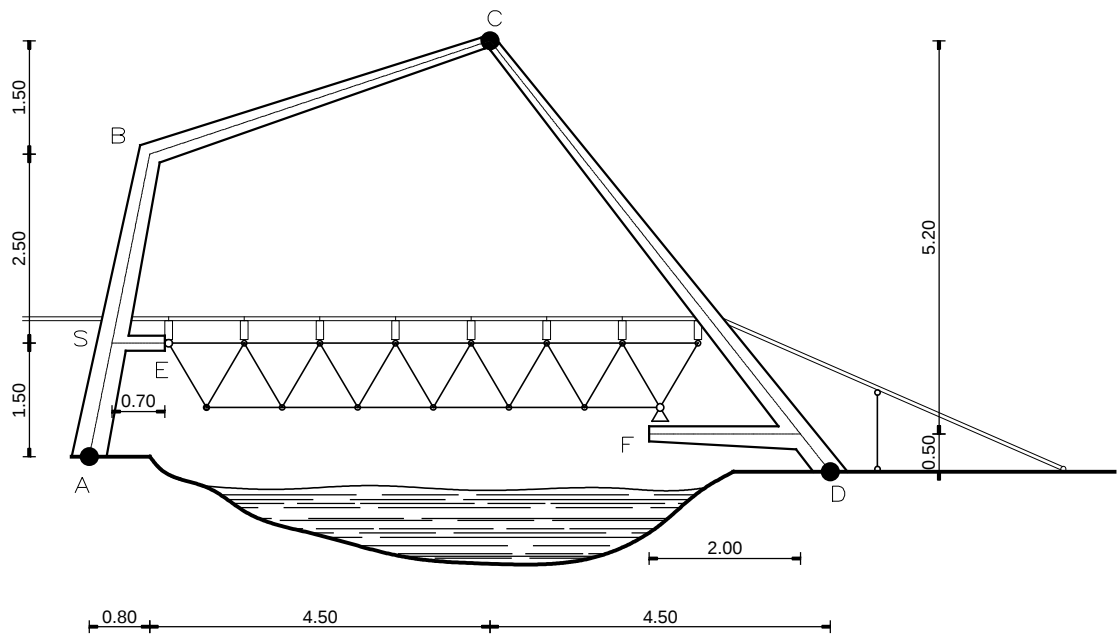
SE PIDE:

- 1– Establecer el modelo funcional de la estructura, reconociendo las distintas unidades funcionales.
- 2– Identificar los distintos tipos de correas, dibujar los diagramas de solicitaciones de la más comprometida y verificar la sección propuesta para una escuadría de madera de 4" X 10".
- 3– Hallar las descargas del reticulado en E y F.
- 4– Hallar los esfuerzos en las barras 1 y 2 mediante el método nodal.
- 5– Mediante métodos de las secciones determinar los esfuerzos en las barras 4, 13 y 20.
- 6– Diseñar las barras del reticulado con igual perfil PN[].
- 7– Determinar el equilibrio del pórtico de acero en A y D, considerando su peso propio en base a las secciones promedio explicitadas.
- 8– Determinar los diagramas de solicitaciones de la costilla ABC.

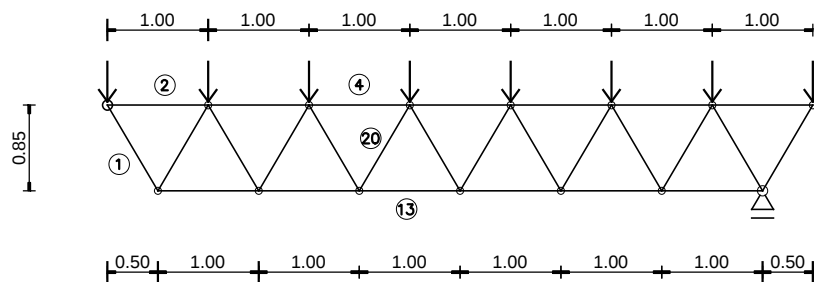
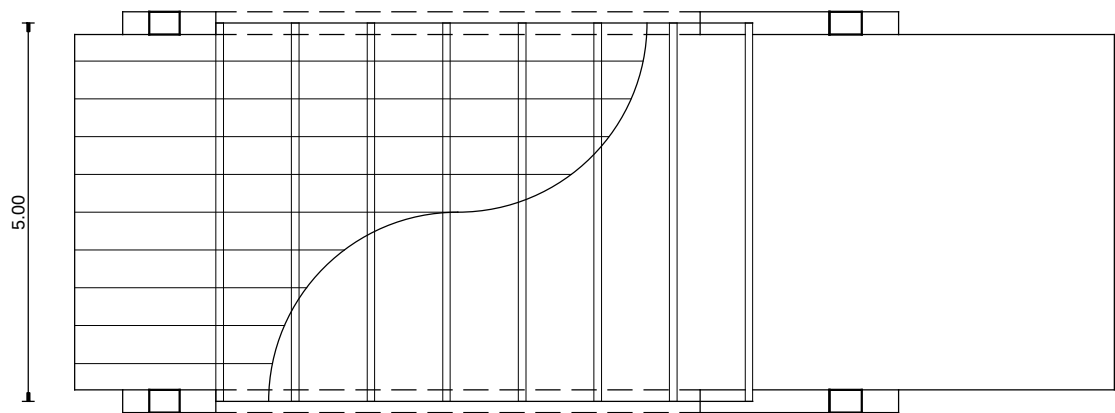
DATOS AUXILIARES:

- Peso total sobre el entablonado: 200 daN/m² (incluye peso propio y sobrecarga).
- Peso específico de la madera de curupay: 1100 daN/m³.
- Tensión normal de diseño de la madera: 85 daN/cm².
- Tensión tangencial de diseño de la madera: 6 daN/cm².
- Módulo de Young para la madera: 110.000 daN/cm².
- Tensión de dimensionado para el acero: 1400 daN/cm².
- Peso específico del hormigón armado: 2500 daN/m³.
- Tensión de dimensionado para el hormigón: 100 daN/cm².
- Secciones promedio para el cálculo del peso propio:
 - sección promedio del tramo AB: 0.45 X 0.20 metros
 - sección promedio del tramo BC: 0.25 X 0.20 metros
 - sección promedio del tramo CD: 0.30 X 0.20 metros
 - sección promedio de las ménsulas: 0.20 X 0.20 metros.

Nota: Las cotas están expresadas a ejes y en metros.



ESCALA 1:100
LAS COTAS ESTÁN A EJES Y EN METROS



ESCALA 1:75

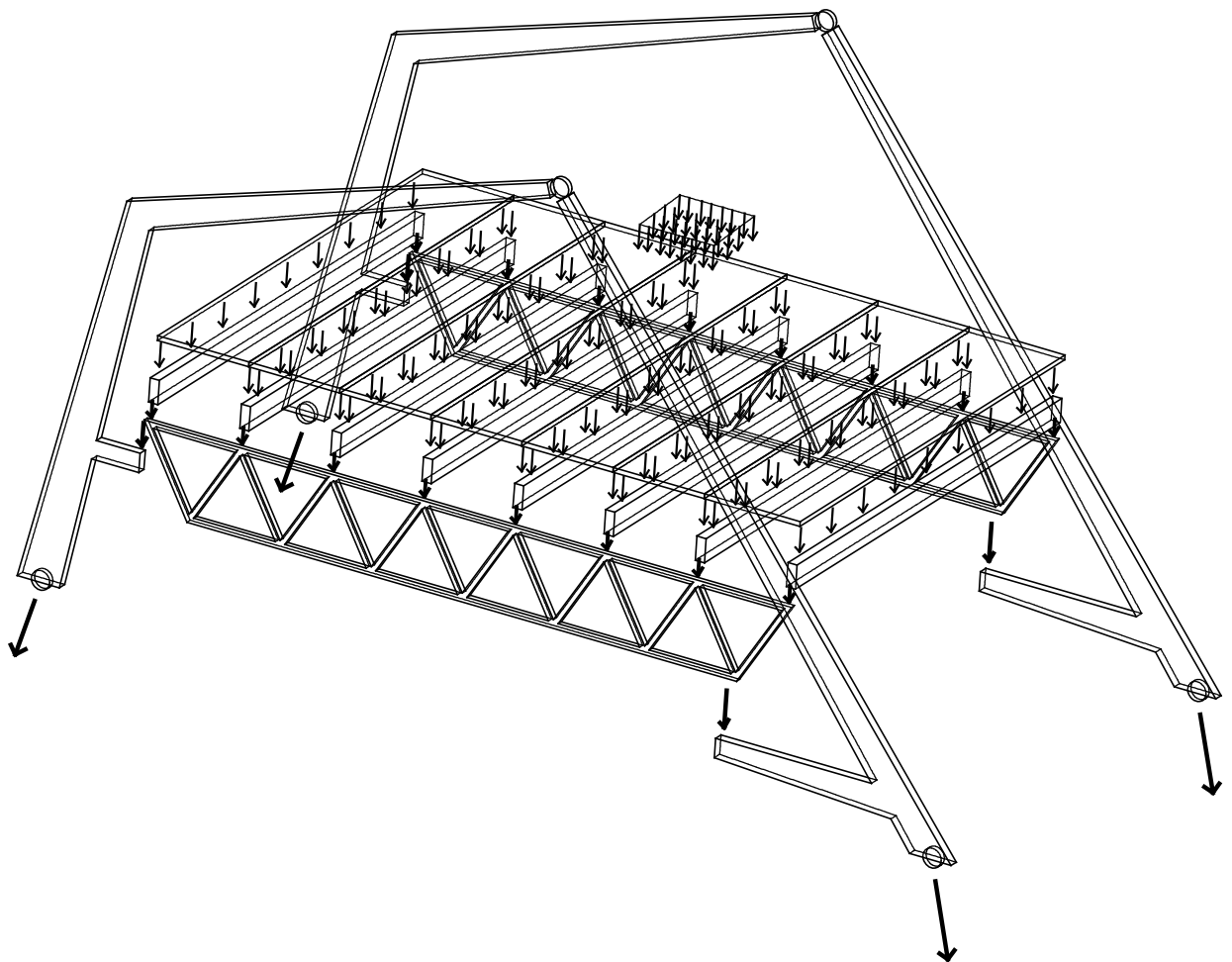
1.— Modelo Funcional

El entablonado soporta su peso propio y la sobrecarga por metro cuadrado, y transmite a las correas una descarga por metro lineal.

Las correas reciben la descarga del entablonado y su peso propio, y transmiten a las cerchas cargas puntuales.

Las cerchas reciben las descargas puntuales de las correas, y transmiten a los pórticos dos descargas puntuales.

Los pórticos reciben las descargas de las cerchas y su peso propio, y transmiten descargas puntuales a los dispositivos de fundación.

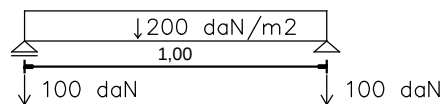


2.- Equilibrio global

a- descarga del entablonado sobre las correas

Analizamos la forma de apoyo del entablonado sobre las correas. Esto da origen a un sólo esquema en este caso, ya que la luz entre apoyos es una sola (1,00 m) y las cargas sobre la superficie también (200 daN/m²)

faja del entablonado
peso propio + sobrecarga



b- descarga de la correas sobre el reticulado

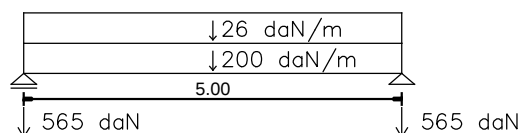
Cuando analizamos las correas que reciben la descarga de la cubierta y la llevan hacia las ménsulas del pórtico, encontramos que hay dos tipos de estas. Las intermedias reciben descargas de ambos tramos, por lo cual se debe multiplicar por dos las descargas de la cubierta ($37,5 \text{ daN/m} \times 2 = 70 \text{ daN/m}$), y en las de borde debemos considerar sólo una descarga (37,5 daN/m)

Planteamos los esquemas de las correas teniendo en cuenta las dos situaciones de carga y la situación de apoyos, que nos da una única luz de 4 m.

Hallamos las descargas en cada caso considerando una carga distribuida de los valores dados a lo largo de toda la luz. Multiplicamos el valor de la carga por metro, por la luz del tramo, y obtenemos una resultante equivalente centrada, que dividimos entre dos para cada apoyo, que consideramos indistintamente simple y doble en cuenta a los vínculos para no introducir complejidad al modelo que es así isostático. Obtenemos así las descargas de 150 daN para el caso de las correas intermedias y 75 daN para el caso de las de borde.

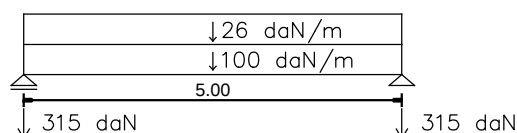
correa intermedia

peso de la escuadría
descarga del entablonado



correa de borde

peso de la escuadría
descarga del entablonado

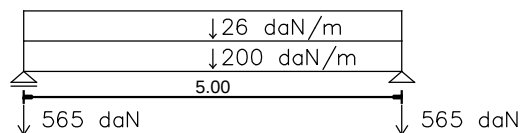


2.- Diagramas de solicitaciones de las correas

c- equilibrio y diagramas de la correa más comprometida

Para la correa de tramo que recibe el doble de carga, analizamos el equilibrio y construimos los diagramas de solicitaciones para identificar las secciones críticas.

correa intermedia
(carga crítica)



Equilibrio de la correa
Reacciones en los apoyos

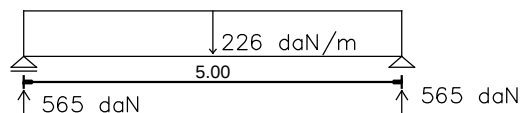
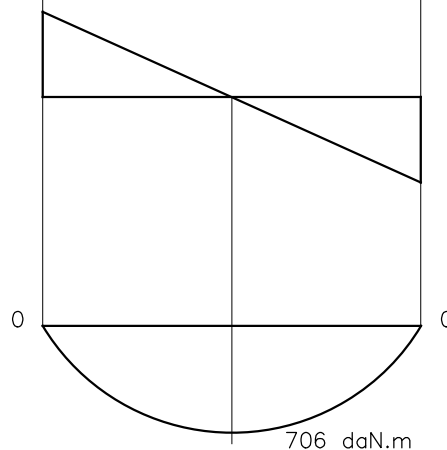


Diagrama de Cortantes

Diagrama de Momentos



d- Verificación de la escuadría propuesta

Se propone una escuadría de 4' x 10'

Los valores para esta son: $W_x = 984.39 \text{ cm}^3$

$I_x = 12.108,04 \text{ cm}^4$

La Tensión Normal Real es: $70600 \text{ daN.m} / 984,39 \text{ cm}^3 = 71,72 \text{ daN/cm}^2$ menor que 85

La Tensión Tangencial es: $1.5 \times 565 \text{ daN} / 9,76 \text{ cm} \times 24,60 \text{ cm} = 3,53 \text{ daN/cm}^2$ menos que 5

La flecha admisible es $500 \text{ cm} / 300 = 1,67 \text{ cm}$

La flecha máxima es: $5 \times 2.26 \text{ daN/cm} \times 500^4 / 384 \times 110.000 \times 12.108,04 \text{ cm}^2$

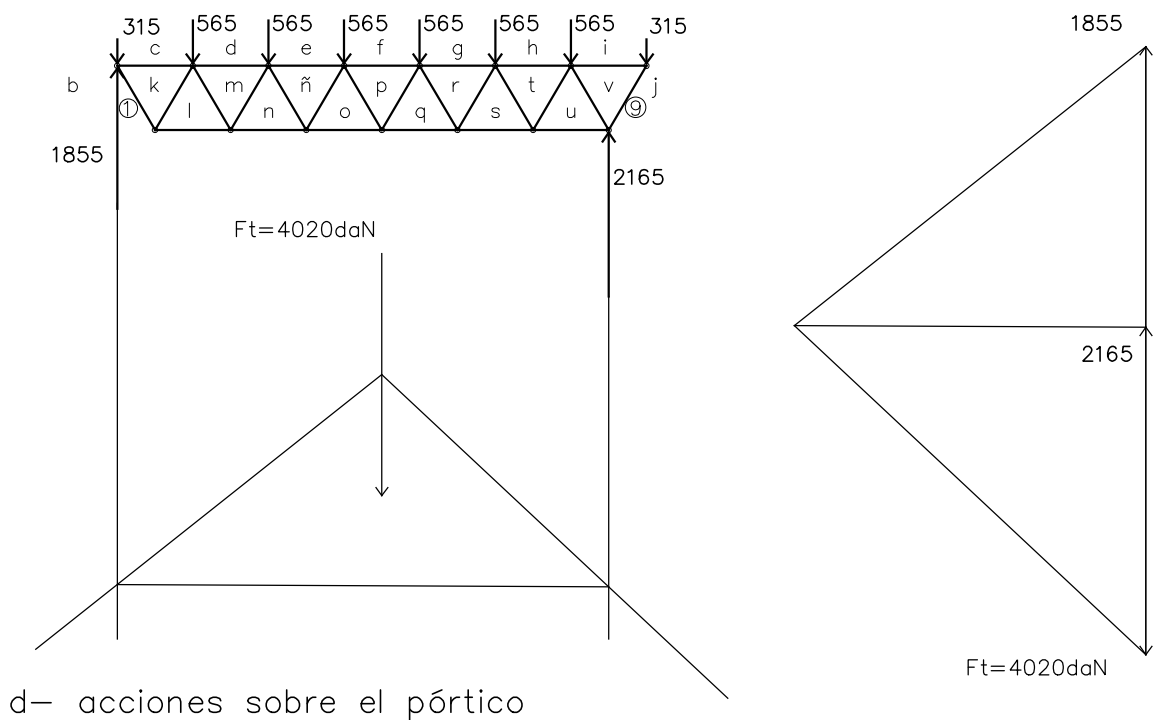
1,38 cm es menor que 1,67 cm por lo tanto la deformación está dentro del rango aceptable.

Por ello podemos aceptar que efectivamente la escuadría de 4 x 10 pulgadas verifica las tres condiciones del diseño en flexión simple y es viable.

3.- Equilibrio global

equilibrio del reticulado

Analizamos la forma de apoyo del reticulado sobre el pórtico. En el punto E el vínculo es una articulación, y en el punto F un apoyo deslizante (vínculo simple). Por lo tanto la reacción en F será una fuerza vertical (perpendicular al plano de apoyo), y dado que la resultante de acciones es también una fuerza de dirección vertical, la reacción en E necesariamente no tendrá una componente horizontal y concurrirá con éstas en el punto impropio, o sea será una paralela vertical. Y dado que la resultante está comprendida entre ambas reacciones, el sentido de éstas será hacia arriba en ambos casos.



Dado que la distribución de las cargas es simétrica, la resultante se encuentra situada en el centro (eje de simetría) y su valor equivale a la suma algebraica de todas ellas. Para obtener los valores de las reacciones, podemos recurrir a las ecuaciones de equilibrio, más concretamente a la ecuación de Momentos en el plano, u optar por un trazado funicular (método gráfico). Si colocamos la fuerza resultante a escala en el plano operatorio y trazamos dos auxiliares cualquiera por sus extremos (a_0 y a_1), luego transportamos estas direcciones de forma tal que se crucen sobre la línea de acción de la resultante, y unimos los puntos donde estas auxiliares cortan las líneas de acción de las reacciones, obtenemos así la dirección de a_2 , que nos determina en el plano operatorio, pasando una paralela por el polo, la proporción entre ambas reacciones que completan el polígono del equilibrio.

Método analítico para el cálculo de las descargas
Toma de momentos con respecto a E

$$565 \times 1 + 565 \times 2 + 565 \times 3 + 565 \times 4 + 565 \times 5 + 565 \times 6 + 315 \times 7 - R_E \times 6.5 = 0$$

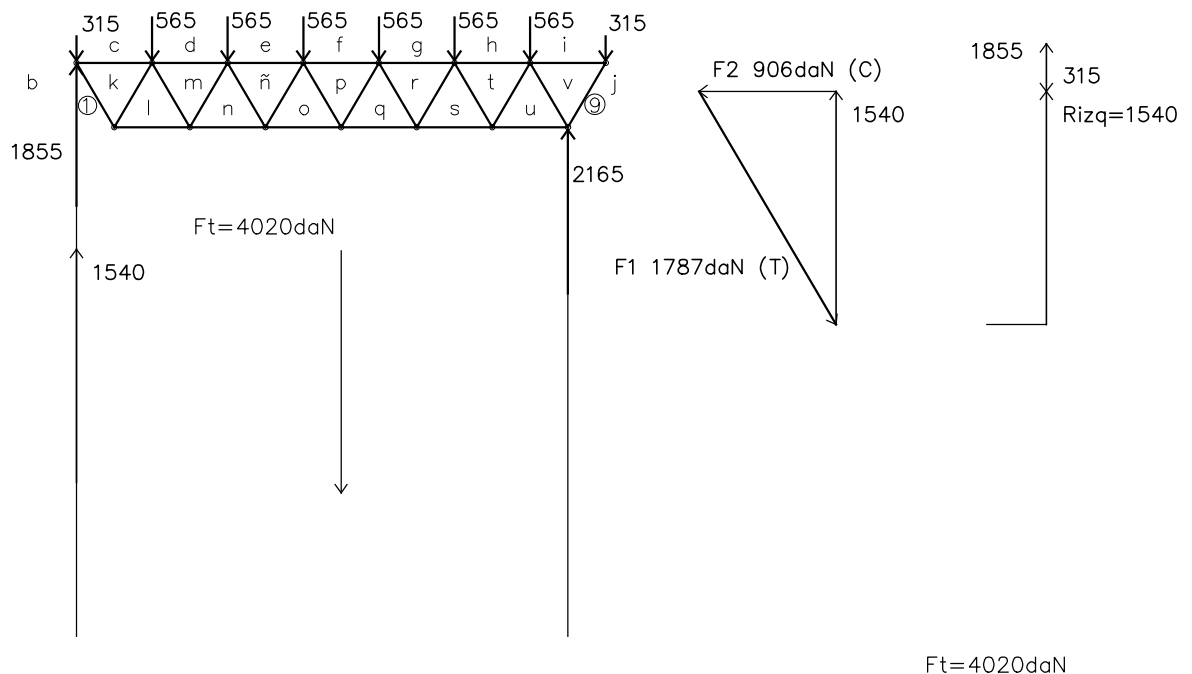
$$R_E = 2165 \text{ daN}$$

$$R_F = F_t - R_E = 4020 \text{ daN} - 2165 \text{ daN} = 1855 \text{ daN}$$

4.- Reticulado

resultante izquierda de las secciones a estudiar

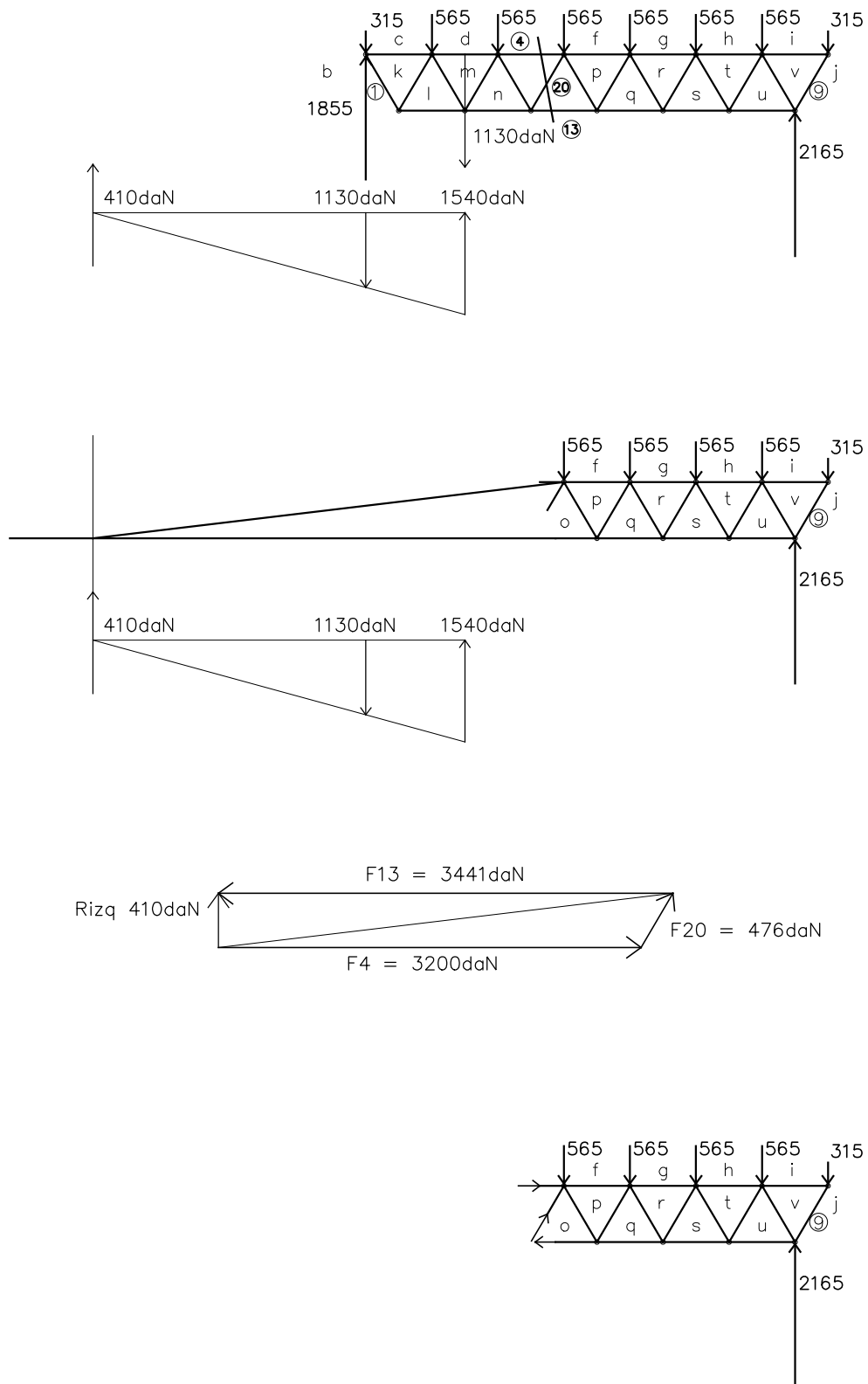
Proponemos estudiar dos secciones de barras: una correspondiente a las barras 1 y 2 (concurrentes en un mismo nudo en E), y otra por las barras 5, 13 y 21 (no concurrentes). Repetiremos el estudio de secciones tantas veces como sea necesario para conocer el esfuerzo por todas las barras. Para el caso de las barras 1 y 2 aplicaremos el método nodal, basado en el equilibrio del nudo. La resultante de acciones en el caso del nudo E está compuesta por la reacción RE y la descarga de la correa en ese punto de 315 daN. Por tratarse de un equilibrio, debemos construir un polígono cerrado con estas fuerzas y la dirección de las barras 1 y 2. En la lectura de los esfuerzos no debemos olvidar que se trata del equilibrio del nudo, por lo cual la fuerza obtenida en cada caso es el efecto de la barra sobre el nudo, estando la barra comprimida cuando la fuerza entra en el nudo, y traccionada cuando la fuerza obtenida sale del mismo.



Proponemos estudiar dos secciones de barras: una correspondiente a las

5.- Reticulado

Barras 4, 13 y 20 método de Cullman



6.-Diseño de las barras con un perfil PN[]

N°	COMPRESION	TRACCION	LONGITUD
①		1787	
②	906		100
3	2385		100
④	3200		100
5	3350		100
6	2835		100
7	1656		100
8		187	
9	366		100
10		900	
11		2412	
12		3259	
⑬		3441	
14		2959	
15		1812	
16	1787		100
17		1131	
18	1131		100
19		476	
⑳	476		100
21	180		100
22		180	
23	835		100
24		835	
25	1491		100
26		1491	
27	2113		100

Comenzamos con la barra más comprimida:

Barra 5 3350 daN (dado que no hay barras más largas esta será la más crítica para el diseño)
Para comenzar con el tanteo vamos a despreciar el efecto del pandeo y dividimos la fuerza por la barra entre la tensión normal de dimensionado del acero común:

$$3350 \text{ daN} / 1400 \text{ daN/cm}^2 = 2.39 \text{ cm}^2$$

Vamos a la tabla de perfiles doble C y tomamos uno cuya área sea mayor a ese valor

Perfil Normal doble C N°3 A = 10.88 cm² ix = 1.08 cm (i mín.)

Calculamos la esbeltez: lo / ix 100 cm / 1.08 cm = 93 (adimensional)

A partir dle valor de Lambda obtenemos el valor del coeficiente de pandeo

$$w (\text{omega}) = 2,00$$

A partir de este valor podemos comparar la Tensión Real y la Tensión de Euler de Diseño

$$T_{\text{real}} = F / A \text{ menor que } F_d / w = \text{Tens. de Euler de diseño}$$

$$3350 \text{ daN} / 10.88 \text{ cm}^2 \text{ menor que } 1400 \text{ daN/cm}^2 / 2.00$$

$$308 \text{ daN/cm}^2 \text{ menor que } 700 \text{ daN/cm}^2 \text{ verifica}$$

Hallamos a partir de la tensión real el acortamiento de la barra:

$$\text{Acortamiento} = F \times l / A \times E$$

$$3350 \text{ daN} \times 100 \text{ cm} / 10.88 \text{ cm}^2 \times 2.100.000 \text{ daN/cm}^2 = 0.014 \text{ cm}$$

Barras traccionadas:

Tomamos el valor de la barra más exigida; dado que no existe pandeo en las barras traccionadas no es relevante su dimensión.

Barra 13 3441 daN

$$\text{Tensión Real: } 3441 \text{ daN} / 10.88 \text{ cm}^2 = 316 \text{ daN/cm}^2 \text{ menor que } 1400 \text{ daN/cm}^2 \text{ verifica}$$

$$\text{Alargamiento: } 3441 \text{ daN} \times 100 \text{ cm} / 10.88 \text{ cm}^2 \times 2.100.000 \text{ daN/cm}^2 = 0.015 \text{ cm}$$

7. Equilibrio del Pórtico

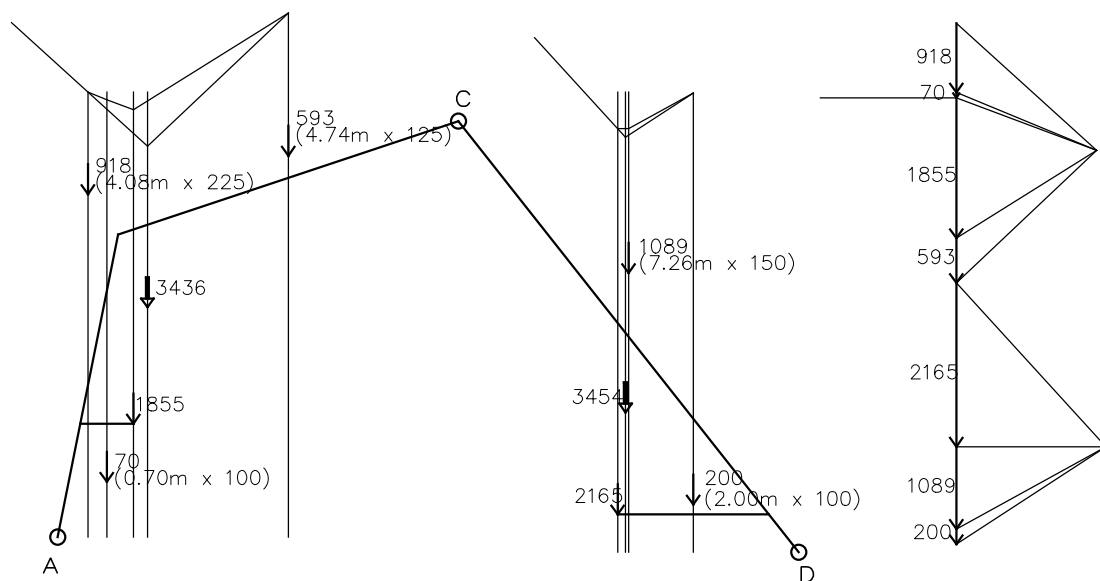
a.— acciones sobre el pórtico

Por tratarse de una estructura de hormigón, debemos tener en cuenta el peso de los elementos estructurales. Además del peso propio de cada tramo, que lo vamos a considerar como una carga distribuida en función de una sección promedio para cada barra, debemos tener en cuenta ambas descargas provenientes del reticulado en los puntos E y F (extremos de las ménsulas). Estas equivalen a las reacciones que proveen el equilibrio de los mismos, pero con sentido inverso. Dado que vamos a construir el equilibrio del pórtico triarticulado en base a un trazado funicular por tres puntos (A, C y D) debemos agrupar las cargas en dos resultantes, una a la izquierda de C y otra a la derecha. Por lo tanto representamos cada barra del pórtico mediante una resultante parcial de su peso propio, y las sumamos con las descargas del reticulado en cada caso.

Determinación del peso propio de cada tramo del pórtico:

- sección promedio del tramo AB: 0.45 X 0.20 metros
 $0.45 \times 0,20 \times 1 \times 2500 \text{ daN/m}^3 = 225 \text{ daN/m} \times 4.08\text{m} = 918 \text{ daN}$
- sección promedio del tramo BC: 0.25 X 0.20 metros
 $0.25 \times 0.20 \times 1 \times 2500 \text{ daN/m}^3 = 125 \text{ daN/m} \times 4.74\text{m} = 593 \text{ daN}$
- sección promedio del tramo CD: 0.30 X 0.20 metros
 $0.30 \times 0.20 \times 1 \times 2500 \text{ daN/m}^3 = 150 \text{ daN/m} \times 7.26\text{m} = 1089 \text{ daN}$
- sección promedio de las ménsulas: 0.20 X 0.20 metros.
 $0,20 \times 0,20 \times 1 \times 2500 \text{ daN/m}^3 = 100 \text{ daN/m}$
 $\times 0.70\text{m} = 70 \text{ daN}$
 $\times 2.00\text{m} = 200 \text{ daN}$

Para hallar cada una de las resultantes parciales se recurre a un trazado funicular, tomando en cada caso direcciones auxiliares que concurren en un polo arbitrario para las fuerzas a la izquierda de C y otro para las que corresponden a la parte derecha. Las resultantes quedan determinadas en el plano operatorio por la sumatoria vectorial de las cargas verticales en cada caso, y se ubican en el plano de situación en la intersección del primer y último rayo del trazado realizado respetando el orden de las fuerzas de izquierda a derecha.



Plano de situación esc. 1:75

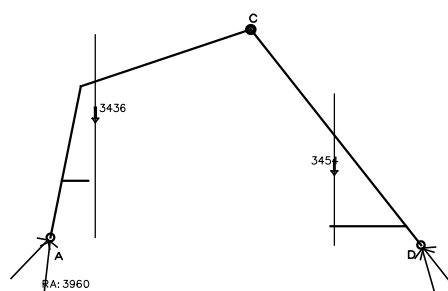
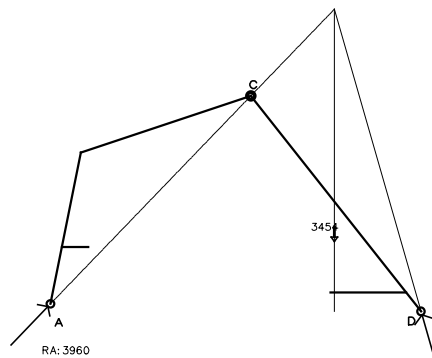
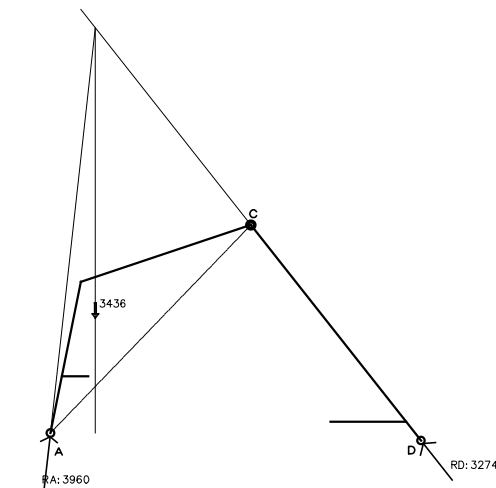
Plano operatorio 1cm=1000daN

7.-Equilibrio del Pórtico

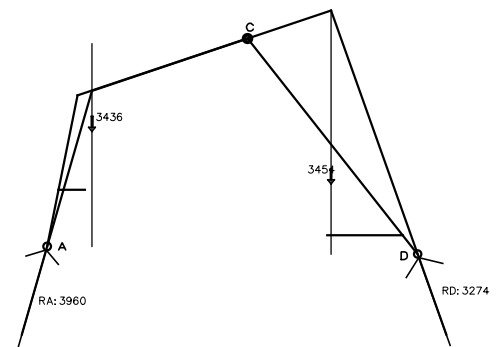
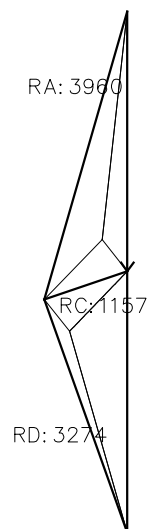
b.- equilibrio del pórtico

Una vez que obtenemos un sistema equivalente de fuerzas para cada rama del pórtico, representado por una única resultante en cada caso, vamos a utilizar un procedimiento de superposición para hallar las equilibrantes en cada apoyo. Al tratarse de un pórtico triarticulado, conformado por dos subsistemas que se unen en el vínculo C mediante una tercera articulación, existe la posibilidad de considerar cada rama del pórtico alternativamente como un vínculo simple con la dirección del eje de colineación (línea que une ambos vínculos en cada caso). Luego, si superponemos ambos resultados, llegaremos a obtener las reacciones globales que surgen de considerar ambos sistemas de carga actuando alla vez. dado que se trata de una estructura isostática, esta es la única posibilidad de equilibrio, y queda así determinado el equilibrio global como así el equilibrio de cada parte, izquierda y derecha respecto de la articulación central.

Equilibrio del pórtico en AD (superposición):



Plano Operatorio: 1cm=1000daN



8.-Diagramas de solicitaciones

c.- equilibrio del pórtico

Una vez que tenemos el equilibrio global de la estructura resuelto, podemos analizar las tensiones que se producen en cada una de las secciones, con el fin de garantizar el equilibrio de todas ellas. Para esto debemos verificar que las secciones propuestas en cada caso, y con los materiales dados, están sometidas a tensiones iguales o menores que las que corresponden a los valores de dimensionado de este material. Para ello partimos del estudio de las solicitaciones:

- Cortante (a partir de donde llegamos a establecer las tensiones tangenciales)
- Axil y Momento (originan los valores de tensiones normales)

Para construir los diagramas, debemos analizar la resultante izquierda en cada sección de la estructura donde se producen cambios en la geometría o el sistema de cargas.

Comenzamos con el vínculo A y vamos avanzando hacia la derecha considerando las fuerzas que se suman en cada tramo. Al descomponer la resultante izquierda en una fuerza paralela al eje del tramo obtenemos la componente Axil, y la componente perpendicular a esta corresponde al valor del Cortante. El Momento Flector resulta de multiplicar la resultante total a la izquierda de la sección considerada por la distancia desde esta fuerza al centro de gravedad de la sección. Podemos, además, basarnos en las relaciones $P \ V \ M$ (Carga, Cortante, Momento) para construir el diagrama de Momentos Flectores a partir de las variaciones en las áreas por debajo de la gráfica de Cortante.

Diagramas de solicitaciones de ABC:

Plano Operatorio: 1cm=1000daN

