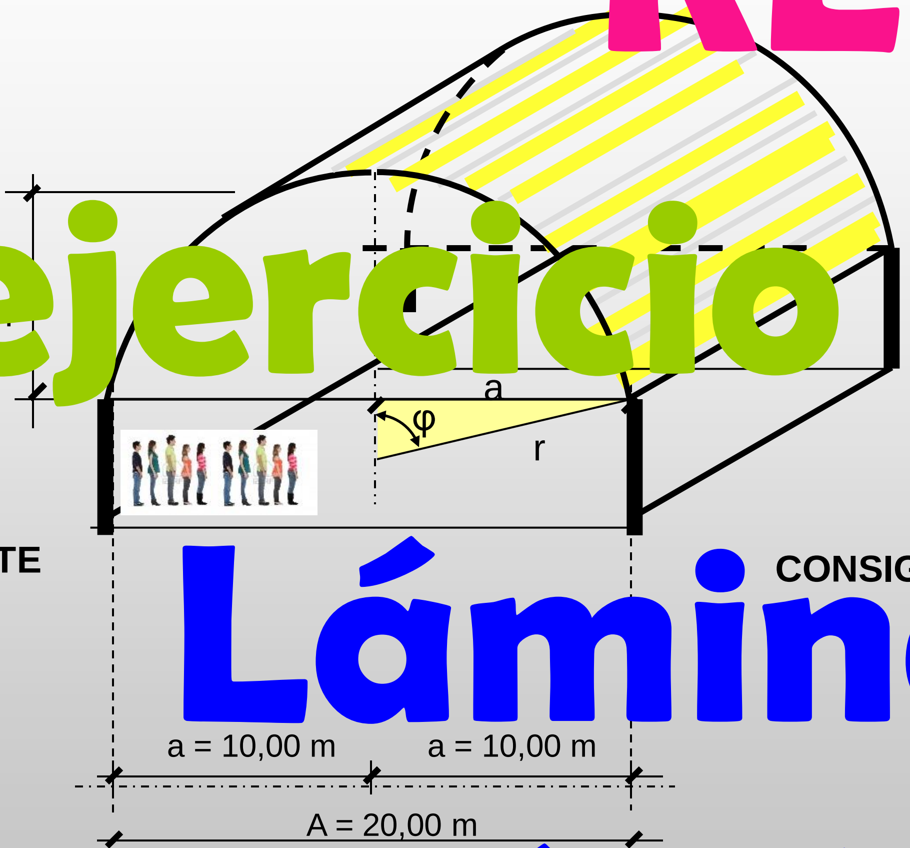
EJERCICIO RESUELTO (LÁMINA CORTA)

REPASO

ejercicio

Láminas cilíndricas



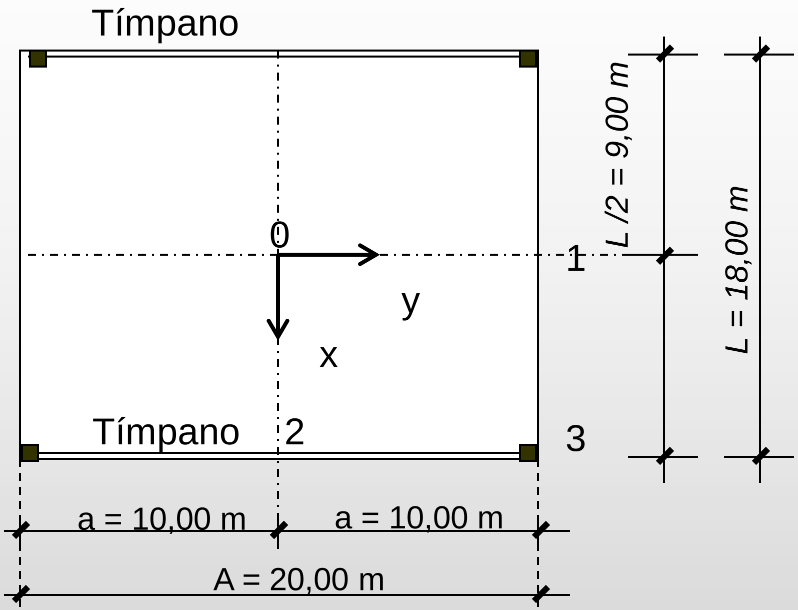
CORTE

CONSIGNA: Superficie a cubrir 20,00 m x 18,00 m

EJERCICIO RESUELTO (LÁMINA CORTA)

CONSIGNA: Superficie a cubrir 20,00 m x 18,00 m

PLANTA



RESOLUCIÓN: Consideramos "a priori" un espesor de 6,5 cm

Hormigón:

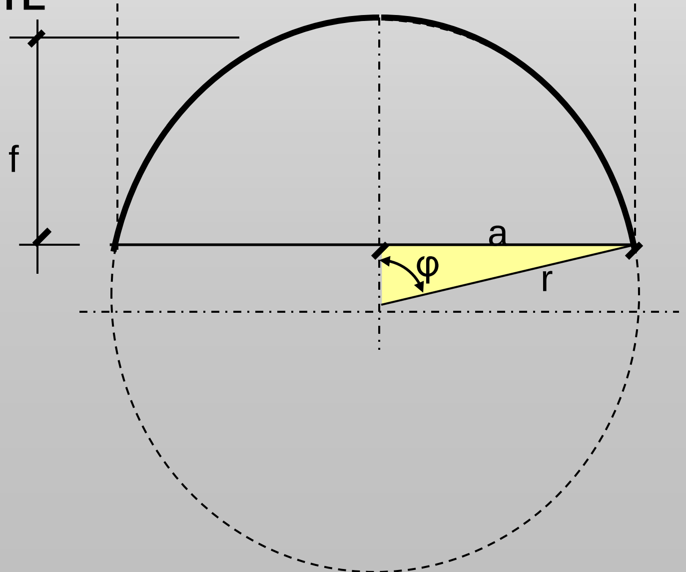
g_1 = 0,065 m x 2,4 t/m3 = 0,156 t/m^2

Aislaciones térmica e hidráulica:

g_2 = 0,044 t/m^2

Peso propio: g = 0,20 t/m^2

CORTE



φ = 75º

sen φ = sen 75º =0,966 = a / r

r = 10,00 m / 0,966 = 10,35 m

$$r - f = \sqrt{r^2 - a^2}$$

$$r - f = \sqrt{10{,}35^2 - 10{,}00^2} = 2{,}67 \text{ m}$$

f = 10,35 m - 2,67 = 7,68 m

así tenemos las medidas:

a = 10,00 m A = 20,00 m

f = 7,68 m L = 18,00 m

r = 10,35 m φ = 75º

MATERIALES

H21 = σ'b = 210 kg/cm^2

σ'badm = 80 kg/cm^2

Eb = 300.000 kg/cm^2

σeadm = 2.400 kg/cm^2

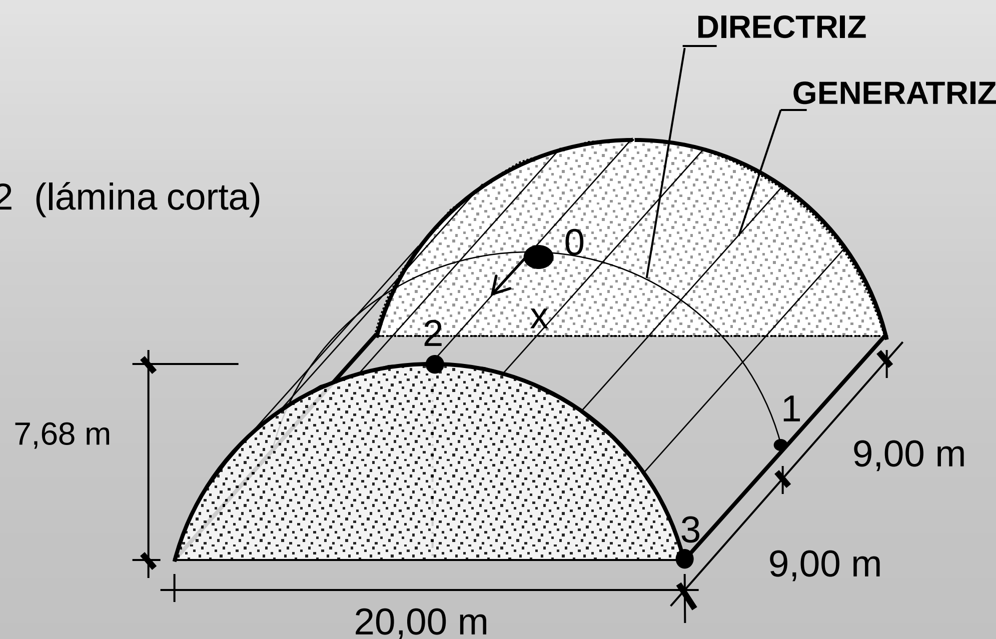
La relación: espesor / radio, debe mantenerse entre los siguientes valores:

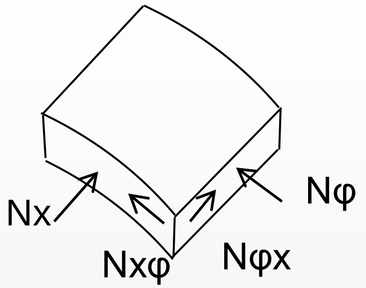
$$\frac{1}{250} \leq \frac{t}{r} \leq \frac{1}{100} \qquad 0{,}004 \leq \frac{t}{r} \leq 0{,}01 \qquad \frac{t = 0{,}065\ m}{r = 10{,}35\ m} = 0{,}0063 \ \text{VERIFICA}$$

Calculamos los esfuerzos aplicando la teoría membranal:

En nuestro caso:

$$\frac{L = 18{,}00\ m}{r = 10{,}35\ m} = 1{,}7 < 2 \ \text{(lámina corta)}$$





Nφ : Esfuerzo en la dirección de la directriz

$$N\varphi = -q \, . \, r \, . \cos \varphi$$

Nx : Esfuerzo en la dirección de la generatriz

$$Nx = \frac{-2q}{r}\left[\frac{L^2 - 4x^2}{8}\right]\cos\varphi = \frac{-q}{r}\left[\frac{L^2 - x^2}{4}\right]\cos\varphi$$

Nxφ= Nφx : Esfuerzo tangencial

$$Nx\varphi = N\varphi x = -2q \, . \, x \, . \, \mathrm{sen}\, \varphi$$

En este ejemplo, no consideramos sobrecargas (p=0), entonces $g = q$

Peso propio: $g = 0{,}20$ t/m2

Para el punto 0: $\varphi = 0º$ $x = 0$

$$N\varphi = -0{,}20 \text{ t/m2} \; . \; 10{,}35 \text{ m} = -2{,}07 \text{ t/m}$$

$$Nx = \frac{-2 \times 0{,}20 \text{ t/m2}}{10{,}35 \text{ m}}\left[\frac{18{,}00^2}{8}\right] = -1{,}57 \text{ t/m}$$

$$Nx\varphi = N\varphi x = 0$$

Para el punto 1: $\varphi = 75º$ $x = 0$

$N\varphi = -0{,}20\ t/m2\ .\ 10{,}35\ m\ .\ 0{,}259 = -0{,}54\ t/m$

$\cos 75º = 0{,}259$

$$Nx = \frac{-2 \times 0{,}20\ t/m^2}{10{,}35\ m} \left[\frac{18{,}00^2}{8} \right] .\ 0{,}259 = -0{,}41\ t/m$$

$Nx\varphi = N\varphi x = 0$

Para el punto 2: $\varphi = 0º$ $x = L / 2 = 9{,}00\ m$

$N\varphi = -0{,}20\ t/m2\ .\ 10{,}35\ m = -2{,}07\ t/m$

$$Nx = \frac{-2 \times 0{,}20\ t/m^2}{10{,}35\ m} \left[\frac{18{,}00^2 - 4 \times 9{,}00^2}{8} \right] = 0$$

$Nx\varphi = N\varphi x = 0$

Para el punto 3: $\varphi = 75º$ $x = L / 2 = 9{,}00\ m$

$N\varphi = -0{,}20\ t/m2\ .\ 10{,}35\ m\ .\ 0{,}259 = -0{,}54\ t/m$

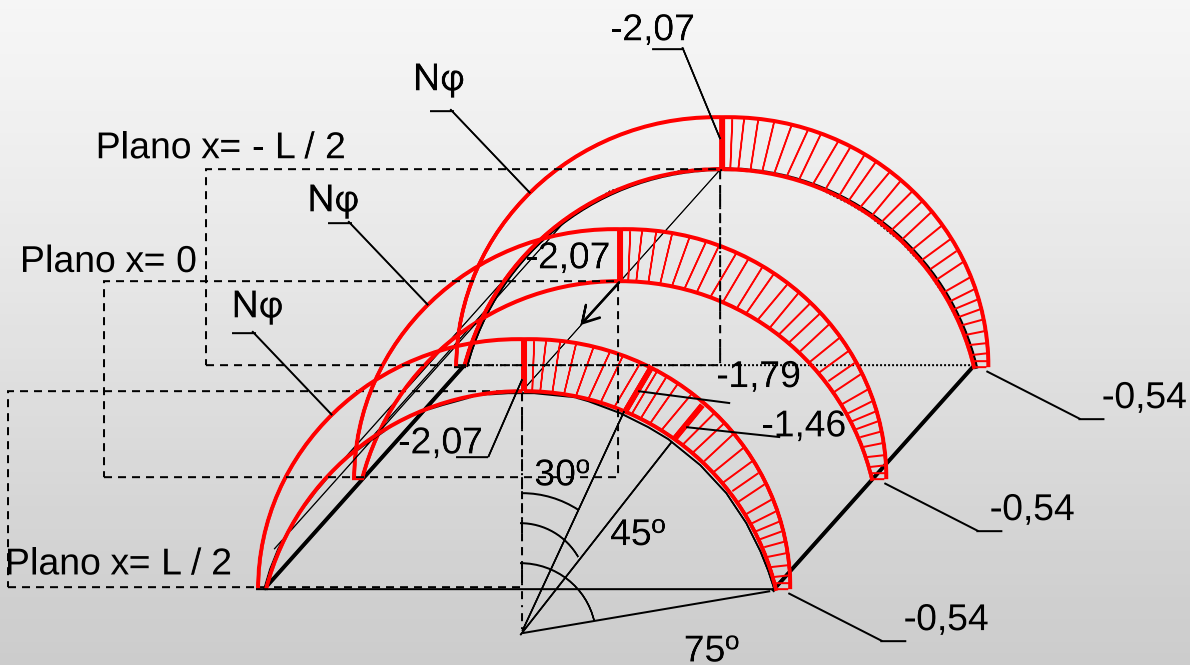
$\text{sen } 75º = 0{,}966$

$$Nx = \frac{-2 \times 0{,}20\ t/m^2}{10{,}35\ m} \left[\frac{18{,}00^2 - 4 \times 9{,}00^2}{8} \right] .\ 0{,}259 = 0$$

$Nx\varphi = N\varphi x = -2 \times 0{,}20\ t/m^2 \times 9{,}00\ m \times 0{,}966 = -3{,}48\ t/m$

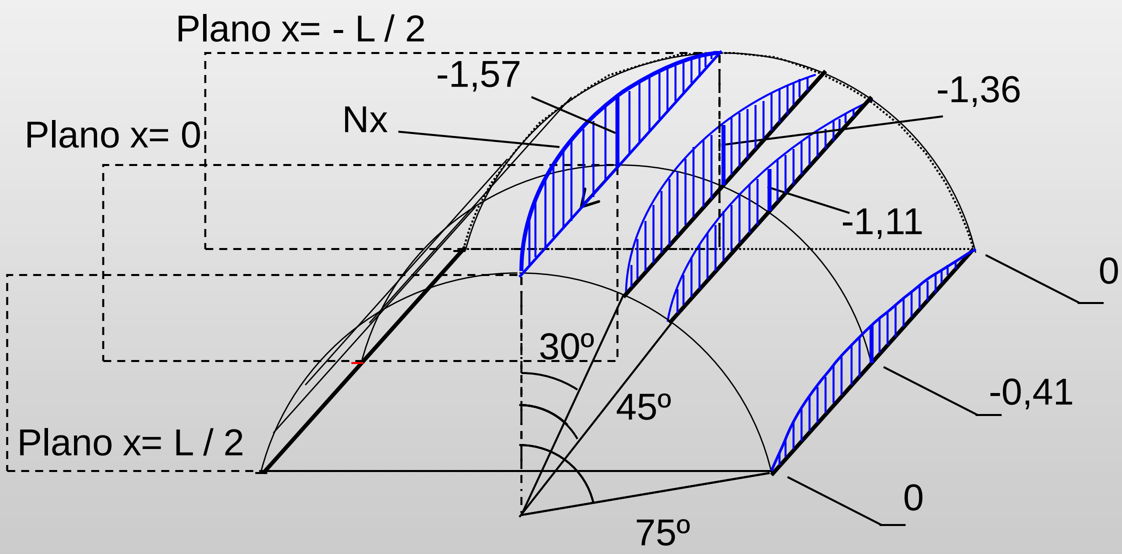
DIAGRAMAS DE LOS ESFUERZOS $N\varphi$

$$N\varphi = -q \cdot r \cdot \cos\varphi$$



DIAGRAMAS DE LOS ESFUERZOS Nx

$$N_x = \frac{-2q}{r}\left[\frac{L^2 - 4x^2}{8}\right]\cos\varphi$$



DIAGRAMAS DE LOS ESFUERZOS $N_{x\varphi} = N_{\varphi x}$

$N_{x\varphi} = N_{\varphi x} = - 2q \cdot x \cdot \text{sen}\ \varphi$

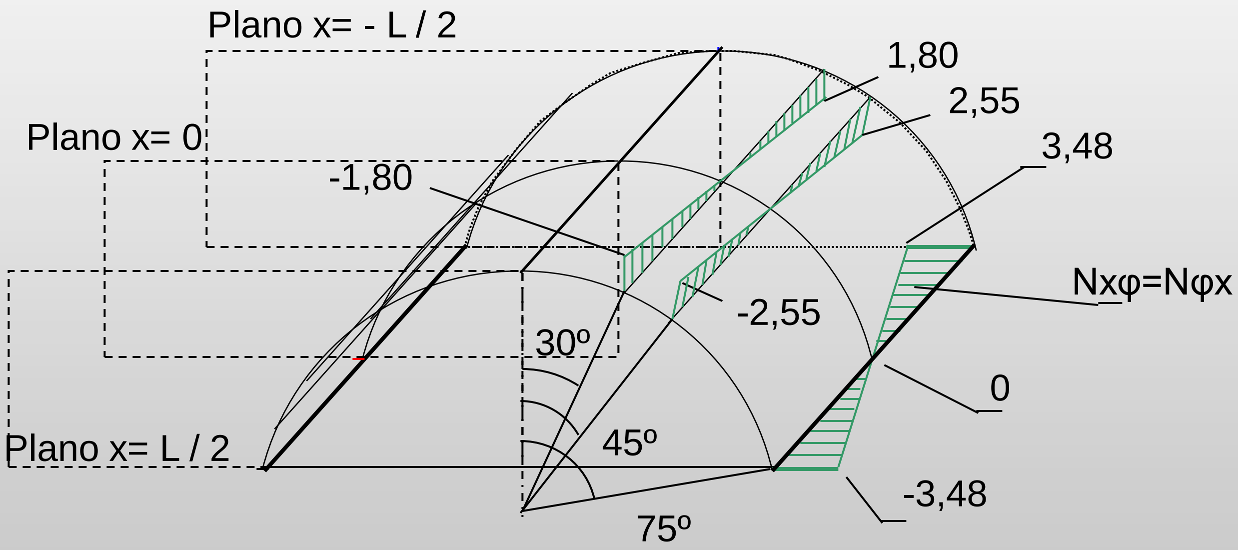
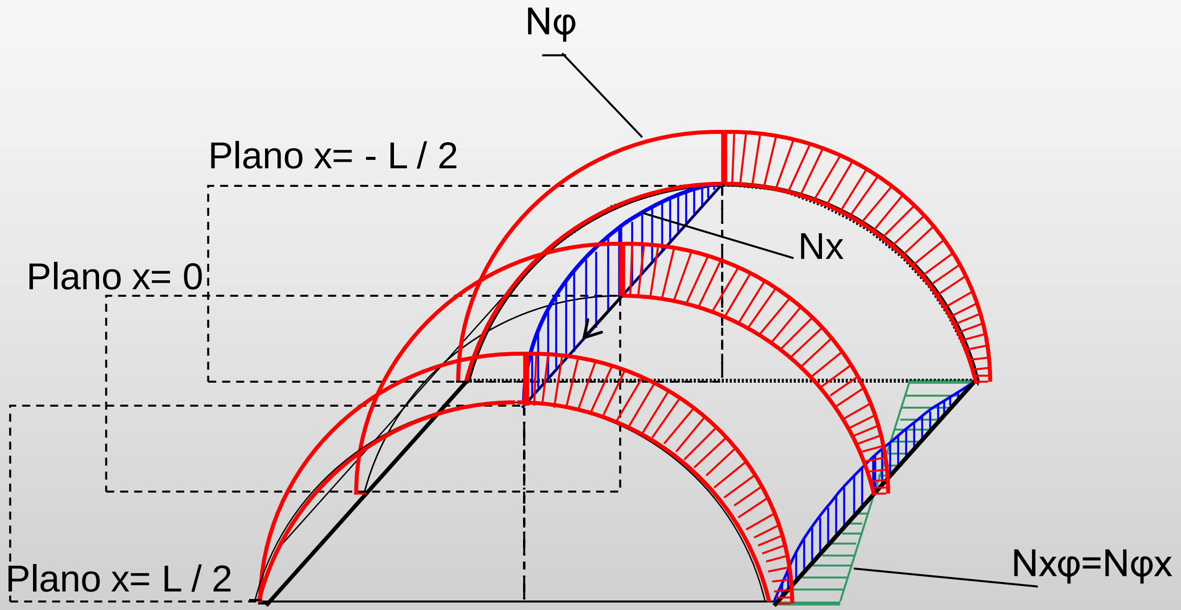


DIAGRAMA RESUMEN



Verificación de las máximas tensiones de compresión $\sigma'b$, que se originan con la fuerza $N\varphi$ en el punto 0 (clave del arco central: $\varphi=0º$; $x=0$)

5 cm de espesor es el mínimo aconsejable para un correcto hormigonado y recubrimiento

$N\varphi$ = -2,07 t/m (fuerza por unidad de longitud)

$N\varphi$ = -2,07 t (en 1 m de ancho)

$$\sigma'b = \frac{-2.070 \text{ kg}}{6{,}5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}} = 3{,}18 \text{ kg/cm2} \leq \sigma'b_{adm} = 80 \text{ kg/cm2}$$

Armadura para controlar la fisuración

Malla Q55 - ø 4,2 c / 25 cm

Verificación de las máximas tensiones tangenciales τ, que se originan con la fuerza $Nx\varphi = N\varphi x$ en el punto 3 (apoyo: $\varphi=75º$; $x=L / 2$)

$Nx\varphi = N\varphi x$ = 3,48 t (en 1 m de ancho)

τ_{011}

$$\tau = \frac{-3.480 \text{ kg}}{6{,}5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}} = 5{,}35 \text{ kg/cm2} \leq \tau \text{ adm} = 7{,}5 \text{ kg/cm2}$$

Verificación de la lámina cilíndrica corta, al pandeo

$$\sigma'b_{admP} = \frac{\sigma'b_{critP}}{\gamma} = \frac{1{,}1 \times Eb}{4{,}5} \times \frac{t}{L} \sqrt{\frac{t}{r}}$$

$\sigma'b_{admP}$: Tensión admisible de pandeo

$\sigma'b_{critP}$: Tensión crítica de pandeo

γ : Coeficiente de seguridad entre 4 y 5. (Tomamos 4,5)

t : Espesor de la lámina

L : Longitud de la lámina

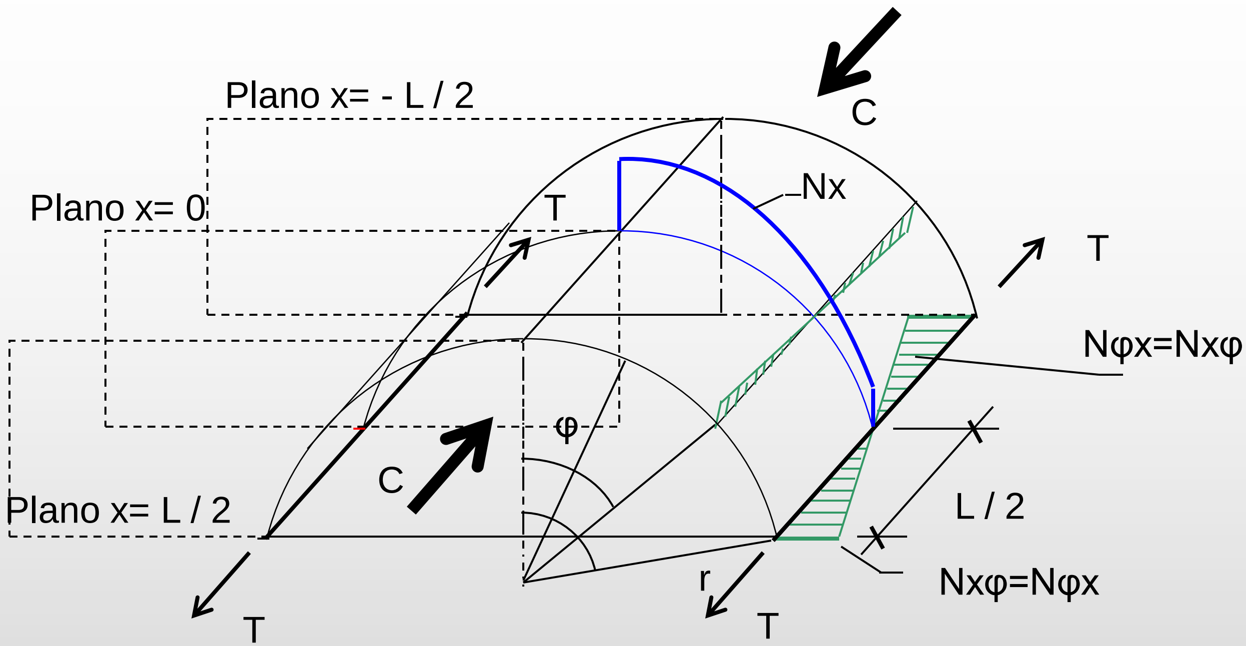
r : Radio de la lámina

En nuestro caso:

$$\sigma'b_{admP} = \frac{1{,}1 \times 300.000}{4{,}5} \times \frac{6{,}5}{1800} \sqrt{\frac{6{,}5}{1035}} = 20{,}98 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo la máxima solicitación en los puntos de la clave de valor 3,18 kg/cm^2, no es sobrepasada la tensión admisible de pandeo: entonces VERIFICA

Armadura en el tensor del borde marginal



$$T = \frac{1}{4}\, q.\, L^2 \;\; \text{sen}\varphi$$

Expresión general

φ = 75º

sen 75º = 0,966

L = 18,00 m

σe_{adm} = 2.400 kg/cm^2

Peso propio: q=g = 0,20 t/m^2

T = 1/4 x 0,20 t/m2 x (18,00)^2 x 0,966 = 15,65 t

$$Fe_1\,(cm^2) = \frac{T\,(kg)}{\sigma e_{adm}\,(kg/cm^2)} = \frac{15.650\,(kg)}{2.400\,kg/cm^2} = 6{,}52\,(cm^2)$$

6 ø 12

Armaduras de tracción en las esquinas

F = Nxφmáx (kg)

Nxφmáx = -3,48 t/m

$$Fe_2\ (cm^2) = \frac{F\ (kg)}{\sigma e_{adm}\ (kg/cm^2)} = \frac{3.480\ (kg)}{2.400\ (kg/cm^2)} = 1{,}45\ (cm^2)$$

$\boxed{5\ ø\ 6}$

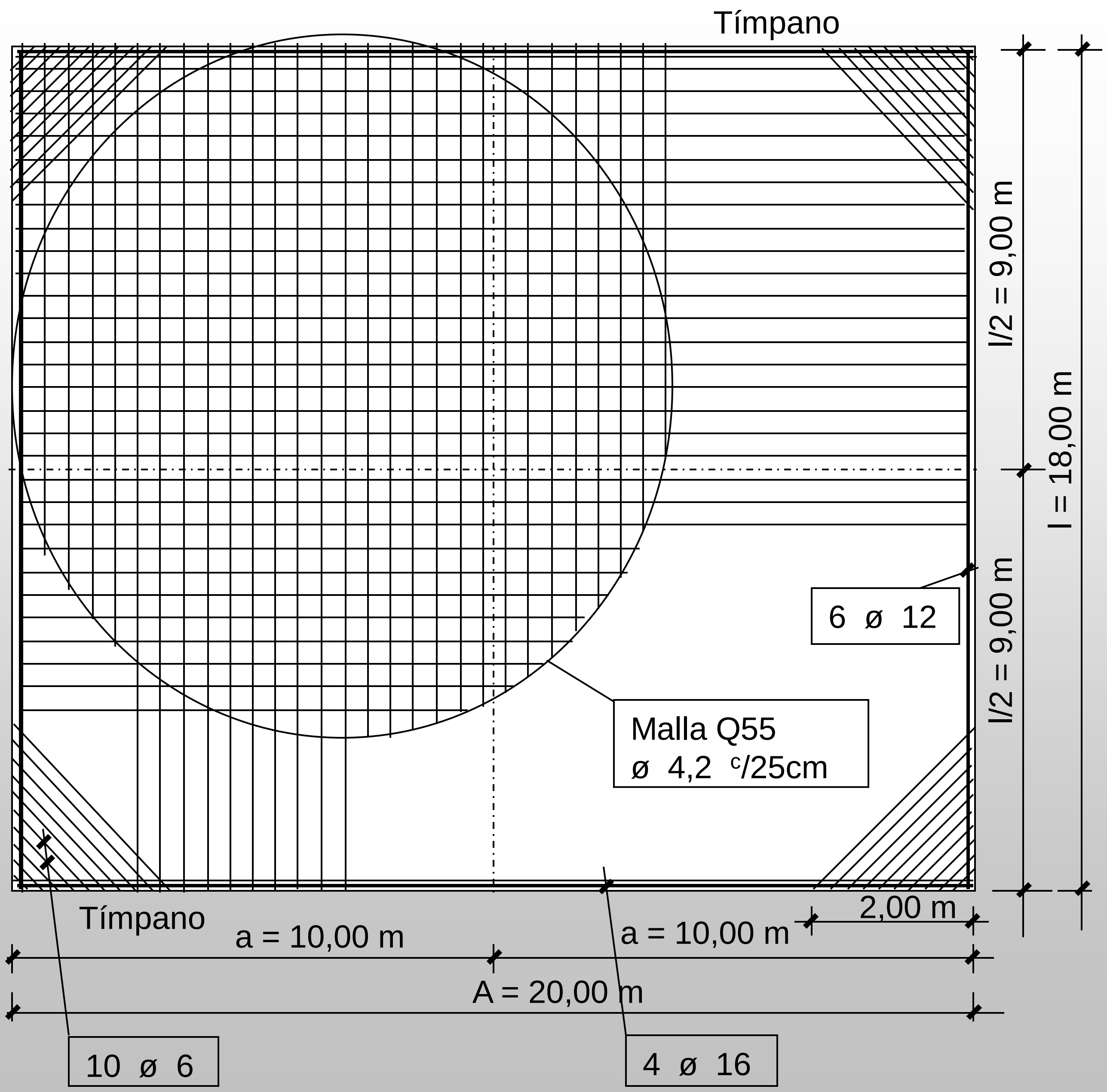
en 2 m 10 ø 6

Armadura en el tensor del tímpano

$$Tt = -\frac{1}{2}\,q\,.\,L\,.\,r = \frac{1}{2}\ 0{,}20\ t/m^2\ .\ 18{,}00\ m\ .\ 10{,}35\ m = 18{,}63\ t$$

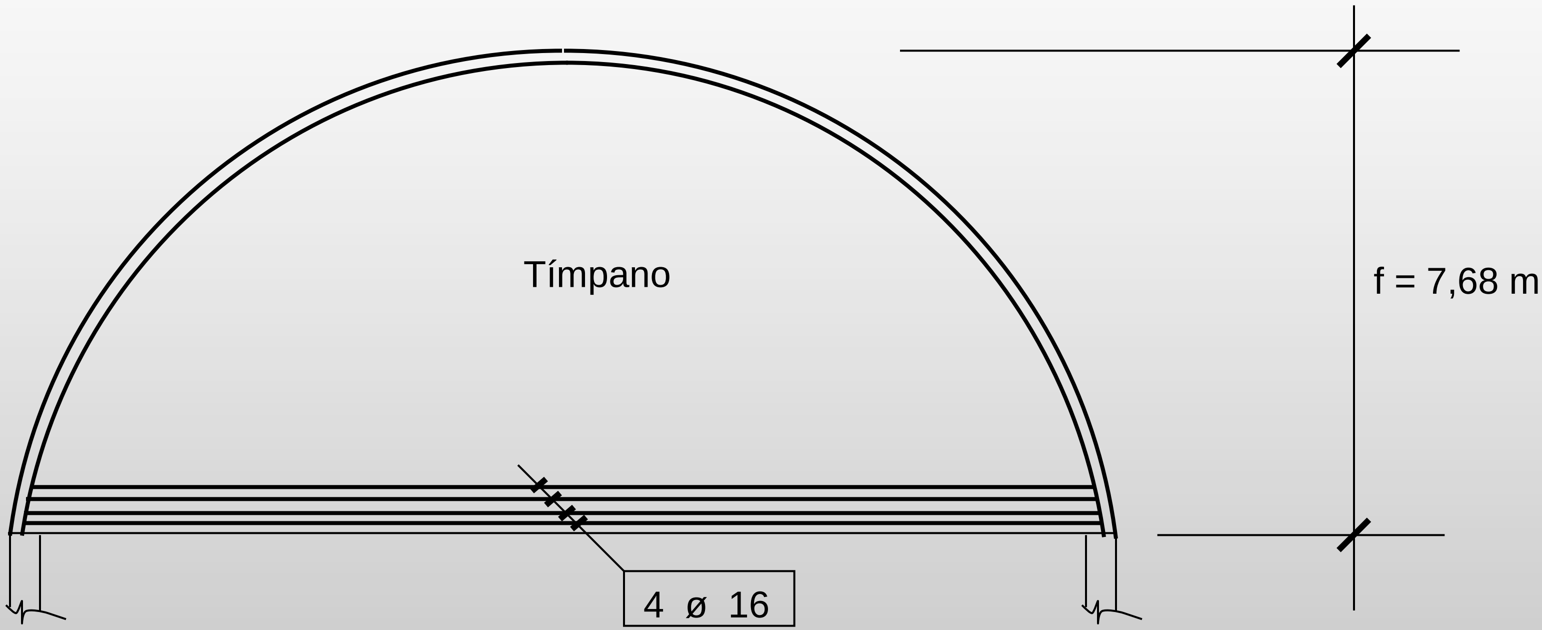
$$Fe_3\ (cm^2) = \frac{Tt\ (kg)}{\sigma e_{adm}\ (kg/cm^2)} = \frac{18.630\ (kg)}{2.400\ (kg/cm^2)} = 7{,}76\ (cm^2)$$

$\boxed{4\ ø\ 16}$

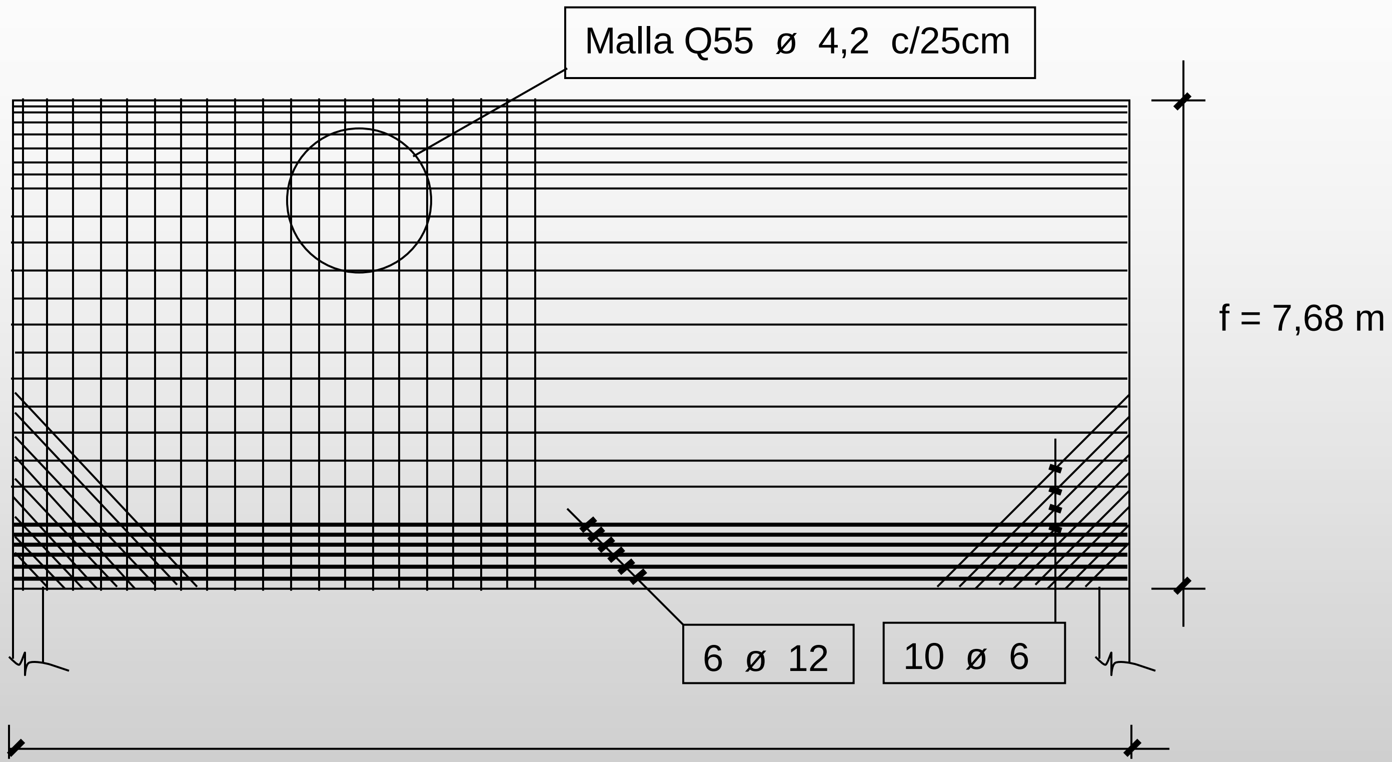

Tímpano
l/2 = 9,00 m
l = 18,00 m
l/2 = 9,00 m
6 ø 12
Malla Q55
ø 4,2 c/25cm
Tímpano
2,00 m
a = 10,00 m
a = 10,00 m
A = 20,00 m
10 ø 6
4 ø 16

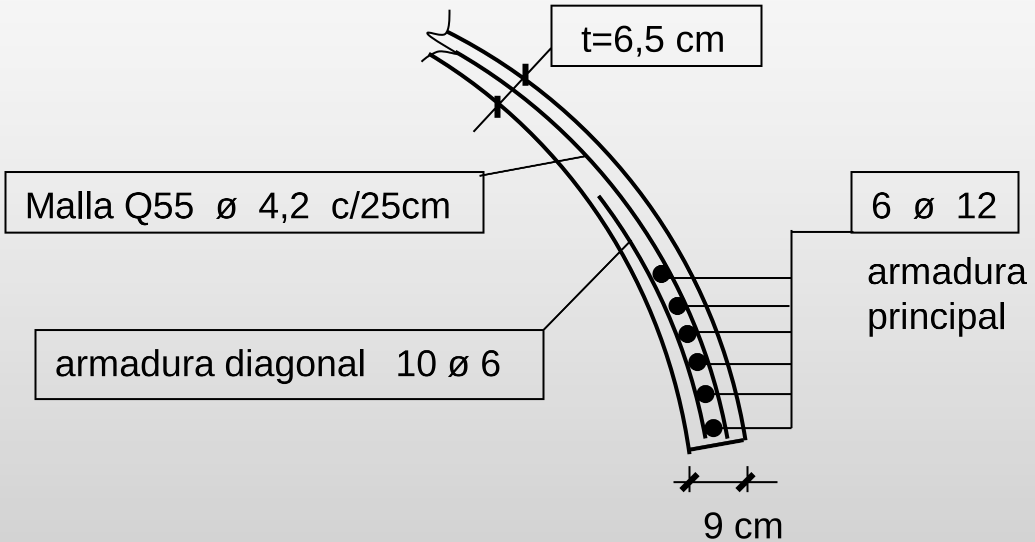
PLANTA

VISTA



VISTA LATERAL





DETALLE ARMADURA BORDE MARGINAL

FIN

ejercicio

Láminas cilíndricas

Lyon Opera

Jean Nouvel