

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

**PROYECTO:** CIRCUNVALACION OESTE

**PUENTE:** SOBRE CANAL SAN JOSE

**PARTIDO O PROVINCIA:** SAN MIGUEL DE TUCUMAN

## **CARACTERISTICAS DE LA OBRA**

Categoría del puente s/Bases para Ptes. de HºAº de DNV: A- 30

Longitud entre ejes de estribos:  $l = 15,10$  m.

Longitud entre apoyos:  $l_{cal} = 14,45$  m.

Ancho de calzada: 8,30 m.

Ancho de vereda: 1,55 m. (promedio)

Tipo estructural: Tramos independientes isostáticos con vigas prefabricadas precomprimidas, tablero de hormigón armado "in situ" y vigas de arriostramiento hormigonadas "in situ" y postesadas.

Número de vigas principales prefabricadas: 6 por tramo.

Separación entre ejes de vigas principales: 1,66 m.

Tipo de viga prefabricada (s/Res 85/73 de la SSOP de la Nación): II

Carpeta de desgaste: Hº Sº 0,05 / 0,11 m.

Pendiente transversal: 1,5 % hacia cada borde

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## **I) SUPERESTRUCTURA**

### **I.1) ANALISIS DE CARGAS**

#### **I.1.1) Cargas permanentes**

a) Peso propio de cada viga prefabricada

$$g_v = 2306,3 \cdot 10^{-7} \cdot 2500 = \mathbf{0,58 \text{ t/m}}$$

b) Carga permanente por metro de puente

$$\text{b1) losa de calzada : } 8,30 \cdot 0,15 \cdot 2500 = 3112,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{veredas } 2 \cdot (0,25 \cdot 1,55 \cdot 2500) = \underline{1937,5 \text{ "}}$$

$$g_1 = g_l = 5050 \text{ kg/m}$$

$$g_1 = g_l = \mathbf{5,05 \text{ t/m}}$$

b2) Carpeta de rodamiento: H° S°

$$\text{carpeta} = (0,11 + 0,05) / 2 \cdot 8,30 \cdot 2200 = 1461 \text{ kg/m}$$

$$\text{barandas metálicas} = 100 \text{ "}$$

$$\text{barandas de H°: } 0 \cdot 0,3045 \cdot 2500 = \underline{0 \text{ "}}$$

$$g_2 = g_c = 1561 \text{ kg/m}$$

$$g_2 = g_c = \mathbf{1,56 \text{ t/m}}$$

c) Vigas transversales de arriostramiento

$$\text{cada viga} = 0,20 \cdot 0,90 \cdot 7,85 \cdot 2500 = 3532,5 = \mathbf{3,53 \text{ t}}$$

#### **I.1.2) Sobrecargas**

a) Sobrecarga reglamentaria s/"Bases p. el calculo de puentes de H°A°" DNV

$$\text{Coef. de impacto: } \Phi = 1,278 \quad (p/lcal = 14,45 \text{ m})$$

Tren tipo: A-30

Cargas de aplanadoras

$$P_t = 1,00 \cdot 2 \cdot 17 \text{ t} \cdot 1,278 = \mathbf{43,44 \text{ t}}$$

$$P_d = 1,00 \cdot 2 \cdot 13 \text{ t} \cdot 1,278 = \mathbf{33,22 \text{ t}}$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

Carga de muchedumbre

1) fuera de zona de aplanadoras:

$$p1 = 0,596 \text{ t/m}^2 * 8,30 * 1,2778 + 0,4 \text{ t/m}^2 * 1,55 * 2 = 7,56$$

2) en zona de aplanadoras:

$$p2 = 0,596 \text{ t/m}^2 * 3,30 * 1,2778 + 0,4 \text{ t/m}^2 * 1,55 * 2 = 3,75$$

## I.2) VIGAS LONGITUDINALES PRINCIPALES

Longitud de viga:  $lv \text{ (m)} = 15,10 - 2 * 0,05 = 15,00$

Longitud entre ejes de apoyos de vigas:  $l \text{ (m)} = 15 - 2 * 0,275 = 14,45$

Se adopta  $l_{cal} = 14,45 \text{ m}$ .

### I.2.1) Solicitaciones de flexión

a) Debido al peso propio de la viga:  $M_{gv} = g_v * x / 2 * (l_c - x)$   $g_v = 0,58 \text{ t/m}$

<u>Sección</u>	<u>Mgv (tm)</u>
1	5,42
2	9,63
3	12,64
4	14,45
5	15,05

b1) Debido a las cargas permanentes de losa de tablero  $g_l = 5,05 \text{ t/m}$

<u>Sección</u>	<u>Momentos flectores (tm)</u>	
	<u>En total del Pte.</u>	<u>En cada viga</u>
1	47,45	7,91
2	84,36	14,06
3	110,72	18,45
4	126,53	21,09
5	131,81	21,97

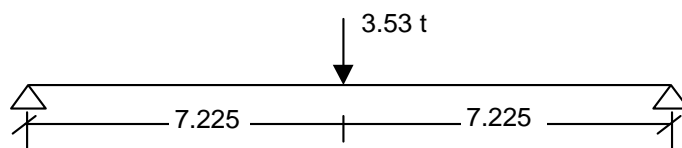
Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

b2) Debido a cargas permanentes de carpeta y barandas

g2= 1,56 t/m

<u>Sección</u>	<u>Momentos flectores (tm)</u>	
	<u>En total del Pte.</u>	<u>En cada viga</u>
1	14,67	2,44
2	26,07	4,35
3	34,22	5,70
4	39,11	6,52
5	40,74	6,79

c) Debido a la viga de arriostramiento



<u>Sección</u>	<u>Momentos flectores (tm)</u>	
	<u>En total del Pte.</u>	<u>En cada viga</u>
1	2,55	0,43
2	5,10	0,85
3	7,65	1,28
4	10,20	1,70
5	12,75	2,13

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

d) Debido a la sobrecarga reglamentaria, considerando el tren de cargas

Cargando las L. de I resulta

l= 14,45 m  
 f= 1,00  
 f \* p'd= 1,00 \* 33,22 = 33,22 t  
 f \* p't= 1,00 \* 43,44 = 43,44 t

Momentos flectores (tm)			
Sección	x(m)	En total del Pte.	En cada viga
1	1,445	138,74	23,12
2	2,89	241,88	40,31
3	4,335	313,68	52,28
4	5,78	354,14	59,02
5	7,225	363,27	60,54

### **Resumen de solicitaciones de Flexión en cada viga**

Sección	Mgv (tm)	Mgl+Mg arriostr. (tm)	M(p+g2) (tm)
1	5,42	8,33	25,57
2	9,63	14,91	44,66
3	12,64	19,73	57,98
4	14,45	22,79	65,54
5	15,05	24,09	67,33

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## **I.2.2) Cable medio adoptado**

Fuerza definitiva:  $V_{00} = 119,0 \text{ t}$

Desarrollo parabólico con anclajes extremos sobre el eje baricéntrico:

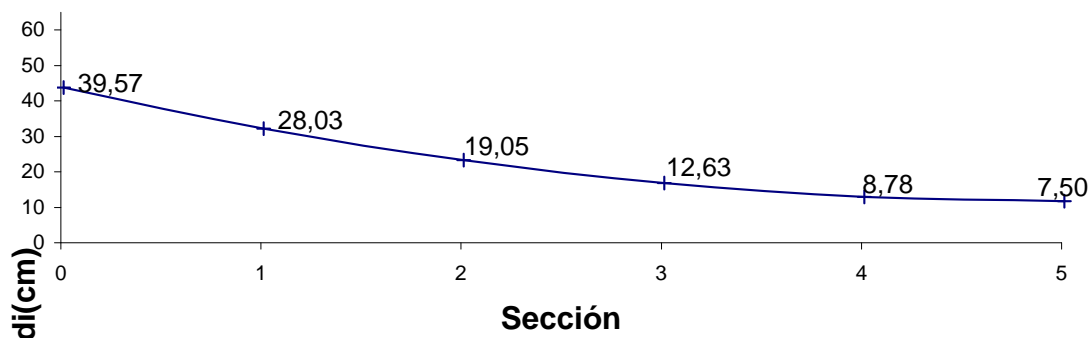
$$y = 4 f [(x/l) - (x/l)^2]$$

$f = e \text{ central} = 32,07 \text{ cm.}$

Resulta la siguiente ubicación del cable medio

Sección	Excentricidad (cm)	$d_i$ (cm)
0	0,00	39,57
1	11,55	28,03
2	20,53	19,05
3	26,94	12,63
4	30,79	8,78
5	32,07	7,50

## **Cable adoptado**



A los efectos del cálculo de las características geométricas de la sección neta (teniendo en cuenta los huecos de las vainas) se prevén 3 cables de vainas de 60 mm. de diámetro cada una.

Las pérdidas de precompresión (a ajustar cuando se conozca las características del sistema de precompresión y del dosaje y materiales del hormigón) se estiman para este tipo de vigas en un 18 %

Ing. Roberto F. Igolnikow

Ing. Enrique M. Sánchez

Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata

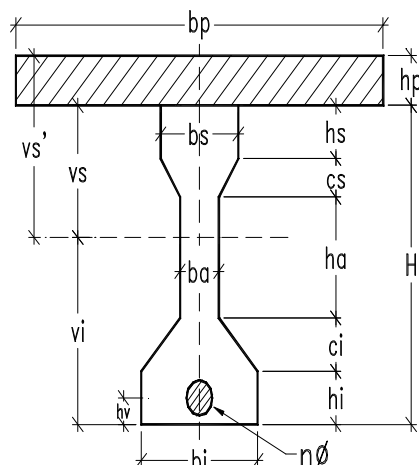
Telefax: 0221-4525734

E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIGA TIPO II

### Datos geométricos

bs(cm)=	30,00
bi(cm)=	45,00
ba(cm)=	15,00
H(cm)=	90,00
hs(cm)=	15,00
hi(cm)=	15,00
Cs(cm)=	7,50
Ci(cm)=	15,00
ha(cm)=	37,50
hp(cm)=	15,00
bp(cm)=	#####
hv(cm)=	7,50
n=	3,00
φ(cm)=	6,00
At(cm²)=	13,85



### 1º) SECCION BRUTA

A(cm²)=	#####
Si(cm³)=	#####
vi(cm)=	39,57
vs(cm)=	50,43
Jxv(cm⁴)=	#####
Wi(cm³)=	50321
Ws(cm³)=	39490

### 2º) SECCION COMPUESTA

A <sup>c</sup> (cm²)=	4796
vi <sup>c</sup> (cm)=	69,65
vs <sup>c</sup> (cm)=	20,35
vs <sup>c</sup> (cm)=	35,35
Jx <sup>c</sup> (cm⁴)=	#####
Wi <sup>c</sup> (cm³)=	86948
Ws <sup>c</sup> (cm³)=	#####
Ws <sup>c</sup> (cm³)=	#####

### 3º) SECCION NETA

Area de cada vaina (cm²)=	28,27
Area total de vainas(cm²)=	84,82
A <sub>n</sub> (cm²)=	#####
vi <sub>n</sub> (cm)=	40,80
vs <sub>n</sub> (cm)=	49,20
Jx <sub>n</sub> (cm⁴)=	#####
Wi <sub>n</sub> (cm³)=	46590
Ws <sub>n</sub> (cm³)=	38632

### 4º) SECCION HOMOGENEIZADA

A <sub>hom</sub> (cm²)=	#####
vi <sub>hom</sub> (cm)=	38,46
vs <sub>hom</sub> (cm)=	51,54
Jx <sub>hom</sub> (cm⁴)=	#####
Wi <sub>hom</sub> (cm³)=	53927
Ws <sub>hom</sub> (cm³)=	40236

### 5º) SECCION COMPUESTA HOMOGENEIZADA

A <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm²)=	4879,4
vi <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm)=	68,59
vs <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm)=	21,41
vs <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm)=	36,41
Jx <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm⁴)=	#####
Wi <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm³)=	92891
Ws <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm³)=	297545
Ws <sub>h</sub> <sup>c</sup> (cm³)=	174973

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.2.3) Características geométricas de la sección

Se calculan las características geométricas de las distintas secciones, considerando:

### Estados de Cargas

Vinicial - g viga

g losa

g permanente - sobrecarga

### Sección

Neta (huecos de vainas)

Homogeneizada (cables de testado)

Compuesta (viga + losa)

Características geométricas para los distintos estados de la sección

ESTADO		SECCION				
		1	2	3	4	5
Neta	$A_n(\text{cm}^2)$					#####
	$W_{s_n}(\text{cm}^3)$					38632
	$W_{i_n}(\text{cm}^3)$					46590
Homogeneizada	$W_{s_{\text{hom}}}(\text{cm}^3)$					40236
	$W_{i_{\text{hom}}}(\text{cm}^3)$					53927
Compuesta	$W_{s_h^c}(\text{cm}^3)$					#####
	$W_{i_h^c}(\text{cm}^3)$					92891
	$W_{s_h^{c'}}(\text{cm}^3)$					#####
excentr.	e (cm)					32,07



# INGENIERIA ESTRUCTURAL

Hoja N°:

Ing. Roberto F. Igolnikow

Ing. Enrique M. Sánchez

Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata

Telefax: 0221-4525734

E-mail: igolsan@netverk.com.ar



Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

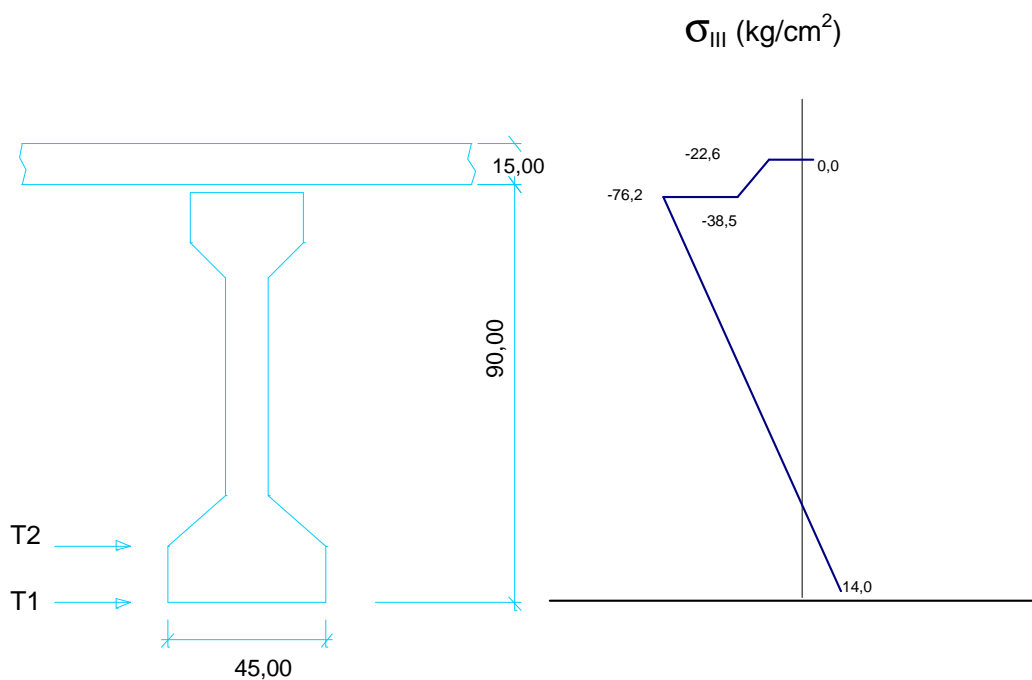
**I.2.4) Tensiones resultantes para las distintas secciones en las fibras extremas.**

ESTADO	Fibra	Tensiones (kg/cm <sup>2</sup> ) en secciones				
		1	2	3	4	5
I (Vi-gv)	Sup.					14,4
	Inf.					-127,6
II (Voo-gv-gl)	Sup.					-53,6
	Inf.					-58,5
III (Voo-gv-gl- p-gc)	Sup.					-76,2
	Inf.					14,0
	Sup'.					-38,5
	Sup".					-22,6

Las tensiones resultantes son menores que los límites admisibles (Cirsoc 201 cap. 26), para el caso de "Precompresión limitada" adoptado.

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.2.5) Absorción de la Cuña de tracciones en Estado de servicio (III)



Resultante de tracción

$$T = 4,38 \quad t$$

Resultantes parciales

$$T1 = 3287 \quad kg$$

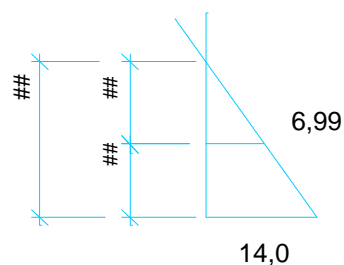
$$T2 = 1096 \quad kg$$

Armaduras necesarias

$$A1 = \text{se adopta: Cant } 6 \quad \phi \quad 10 \quad \rightarrow \quad \sigma_{a1} = \frac{3287}{4,71} = 698 \quad kg/cm^2$$

$$A2 = \text{se adopta: Cant } 4 \quad \phi \quad 10 \quad \rightarrow \quad \sigma_{a1} = \frac{1096}{3,14} = 349 \quad kg/cm^2$$

$$\text{Adicional: Cant. } 2 \quad \phi \quad 8 \quad \rightarrow \quad 1,01 \quad cm^2$$



Ing. Roberto F. Igoznikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## 1.2.6) Verificación de la seguridad a la rotura por flexión

a) Estado de precompresión inicial

$$N_R = V_o = -140,4 \quad t$$

$$M_R = M_{gv} - V_o \cdot e_{0.5} = 15,05 - V_o \cdot 0,3207 = -29,99 \quad tm.$$

$$e_o = \frac{M_R}{N_R} = 0,214 \quad m.$$

Area co-baricéntricas con  $N_R$ :

$$N'u = B \beta_R + A' \sigma_{ek} =$$

$$B_o = 1342 \quad cm^2$$

$$\sigma'_{bk} = 300 \quad kg/cm^2$$

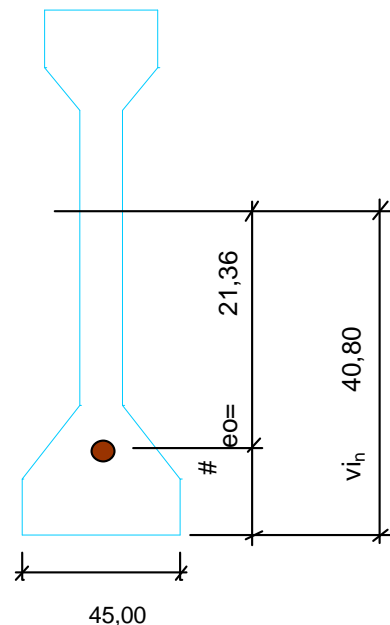
$$\beta_R = 230 \quad kg/cm^2$$

$$A' = 4,71 + 3,14 + 1,01 = 8,86 \quad cm^2$$

$$\sigma_{ek} = 4400 \quad kg/cm^2$$

$$N'u = ##### \quad t$$

$$\text{por lo tanto: } \gamma = \frac{347,74}{140,42} = 2,48 > 2,1$$



b) Estado de puente en servicio

A los efectos de la verificación,

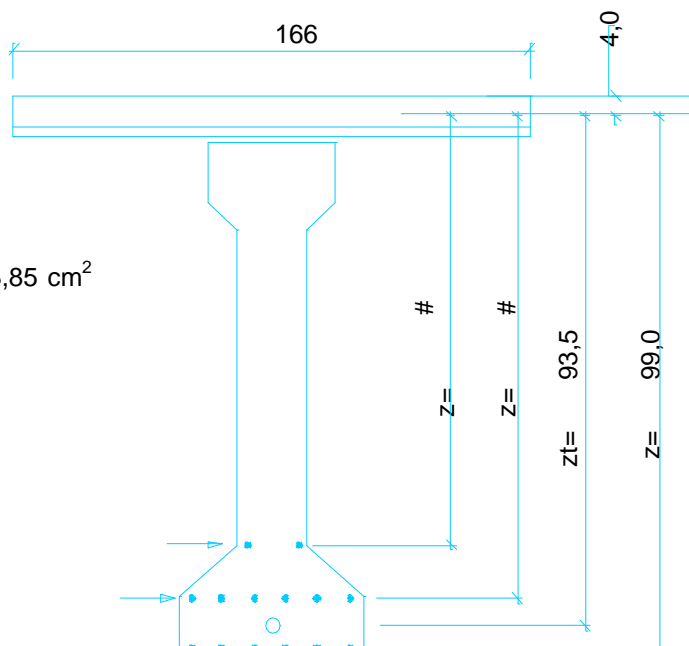
se supone el empleo de tensores

formados por 3 cables de

12  $\phi 7mm$ . cada uno con:

$$A_t = 3 \cdot 4,618 = 13,85 \quad cm^2$$

$$\sigma_{tr} = 17000 \quad kg/cm^2$$



Ing. Roberto F. Igolnikow

Ing. Enrique M. Sánchez

Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata

Telefax: 0221-4525734

E-mail: igolsan@netverk.com.ar



Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

$$\sigma_f = 0,83 * 17000 = ##### \text{ kg/cm}^2$$

$$Z_{ut} = 13,85 * 14,110 = ##### \text{ t}$$

$$Z_{ua} = (4,71 + 3,14 + 1,01) * 4,2 = 37,21 \text{ t}$$

$$Z_u = 195,49 + 37,21 = ##### \text{ t}$$

$$B'u = Z_u = ##### \text{ t}$$

$$\text{por lo tanto } X = \frac{232,69}{166 * 0,175} = 8,0 \text{ cm } \text{ aprox} = 8,0 \text{ cm}$$

$$M_u = \sum z_{ui} * z_{ui} = 195,49 * (0,93) + 19,79 * (0,99) + 13,19 * (0,86) + 4,22 * (0,71) = ##### \text{ tm}$$

$$M_s = \sum M_i = 15,05 + 24,09 + 67,33 = ##### \text{ tm}$$

$$\text{por lo tanto } \gamma = \frac{216,71}{106,48} = 2,04 \text{ } \geq 1,75$$

Los valores de los coeficientes de seguridad correspondientes a ambos estados son estimativos, debiendo ser calculados exactamente cuando se conozcan las características definitivas del sistema de compresión que se adopte.

## I.2.7) Solicitaciones de corte.

a) Debidas al peso propio de cada viga (gv= 0,58 t/m);  $Q_{gv} = g_l(1/2-x/l)$

<u>Sección</u>	<u>(1/2-x/l)</u>	<u>Corte Qgv (t)</u>
0	0,5	4,17
1	0,4	3,33
2	0,3	2,50
3	0,2	1,67
4	0,1	0,83
5	0,0	0,00

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

b1) Debido a las cargas permanentes de losa de tablero ( g1= 5,05 t/m )

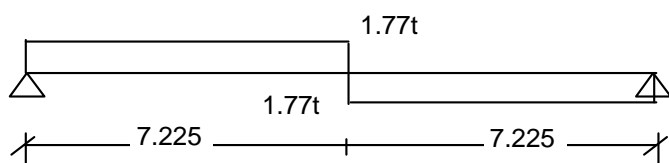
<u>Sección</u>	<u>(1/2-x/l)</u>	<u>Corte Qg1 (t)</u>	
		<u>En total del Pte.</u>	<u>En cada viga</u>
0	0,5	36,49	6,08
1	0,4	29,19	4,86
2	0,3	21,89	3,65
3	0,2	14,59	2,43
4	0,1	7,30	1,22
5	0,0	0,00	0,00

b2) Debido a las cargas permanentes de carpeta y barandas ( g2= 1,56 t/m )

<u>Sección</u>	<u>(1/2-x/l)</u>	<u>Corte Qg2 (t)</u>	
		<u>En total del Pte.</u>	<u>En cada viga</u>
0	0,5	11,28	1,88
1	0,4	9,02	1,50
2	0,3	6,77	1,13
3	0,2	4,51	0,75
4	0,1	2,26	0,38
5	0	0,00	0,00

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

c) Debido a las cargas de vigas de arriostramiento



Secc.	Qarriostr.(t) en c/ viga
0	0,295
1	0,295
2	0,295
3	0,295
4	0,295
5	0,295

En cada viga el corte vale la 1 / 6 parte

d) Debido a la sobrecarga reglamentaria, considerando el tren cargando las respectivas líneas de influencia

$$l = 14,45 \text{ m} \quad \bar{f} = 1,00$$

$$\bar{f} \cdot p't = 43,44 \text{ t} \cdot 1,00 = 43,44 \text{ t}$$

$$\bar{f} \cdot p'd = 33,22 \text{ t} \cdot 1,00 = 33,22 \text{ t}$$

$$p1 = 7,56 \text{ t/m}$$

$$p2 = 3,75 \text{ t/m}$$

Sección	Corte Qp (t)						En c/ viga
	En total del Pte (sin f)			En total del Pte (con f)			
	por Apl	por Muc	Total	por Apl	por Muc	Total	
0	0	0	0	0	0	0	0,00
	0	0	0	69,768	40,136	109,90	18,32
1	0	0	0	-4,344	-0,271	-4,62	-0,77
	0	0	0	62,101	31,476	93,58	15,60
2	0	0	0	-8,689	-1,084	-9,77	-1,63
	0	0	0	54,435	23,908	78,34	13,06
3	0	0	0	-16,1	-2,439	-18,54	-3,09
	0	0	0	46,768	17,431	64,20	10,70
4	0	0	0	-23,77	-4,552	-28,32	-4,72
	0	0	0	39,102	12,046	51,15	8,52
5	0	0	0	-31,44	-7,753	-39,19	-6,53
	0	0	0	31,435	7,7532	39,19	6,53

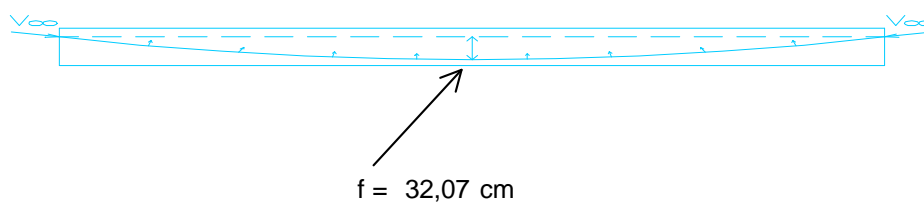


Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

Con el tren real y  $\phi = 1,278$ , resulta en sección 0 (sin considerar f):

Sección	En total del Pte			En cada viga
	por Apl.	por Muched	Total	
0	69,77	40,14	109,90	18,32

e) Corte producido por los cables curvos de tesado



$$H_f = q_v l^2 / 8$$

por lo tanto  $q_v = 8 \cdot H_f / l^2 = 8 \cdot V_{00} \cdot f / l^2 = 1,462 \text{ t/m}$

Sección	$(1/2 - x/l)$	Corte $Q_{V_{00}} (t)$
0	0,5	-10,57
1	0,4	-8,45
2	0,3	-6,34
3	0,2	-4,23
4	0,1	-2,11
5	0	0,00

# INGENIERIA ESTRUCTURAL

Hoja N°:

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## Resumen de solicitaciones de corte en cada viga

Secc.	Qgv (t)	Q(g1+arr.)(t)	Qg2(t)	Qp (t)	Qvoo (t) Qvi (t)
0	4,17	6,38	1,88	0,00 18,32	-10,57 -12,47
1	3,33	5,16	1,50	-0,77 15,60	-8,45 -9,97
2	2,50	3,94	1,13	-1,63 13,06	-6,34 -7,48
3	1,67	2,73	0,75	-3,09 10,70	-4,23 -4,99
4	0,83	1,51	0,38	-4,72 8,52	-2,11 -2,49
5	0,00	0,30	0,00	-6,53 6,53	0,00 0,00

## Estados de cargas

Sección	Estado I (gv+Vi)	Estado II (gv+Voo+g1)	Estado III (gv+Voo+g1)+(p+g2)
0	-8,30	-0,02	20,17
1	-6,64	0,04	17,14
2	-4,98	0,10	14,29
3	-3,32	0,17	11,62
4	-1,66	0,23	9,13
5	0,00	0,30	6,83

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.2.8) Tensiones principales en las vigas prefabricadas

Se realiza el estudio de la sección crítica 1, a  $l/10$  del apoyo.

Las fibras analizadas corresponden a los extremos del alma de la viga.

Para la fibra a-a se analiza

el Estado I (pretensión inicial)

con características de la sección

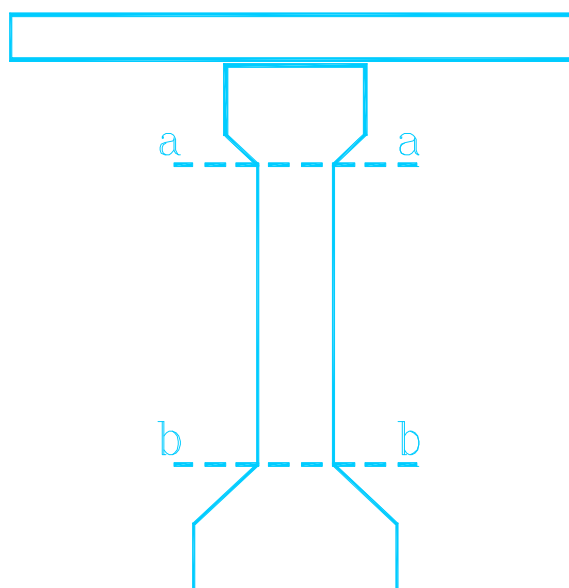
bruta, con suficiente aproximación.

Para la fibra b-b se analiza

el Estado III (servicio) con

características de la sección

compuesta.



### Datos para Estado I

$V_o = #####$  kg  
 $e_{0,1} = 11,55$  cm  
 $M_{gv} = 5,42$  tm  
 $Q_{gv} = 3333$  kg  
 $Q_{vo} = -9974$  kg  
 $A_n = #####$  cm<sup>2</sup>  
 $W_n^a = 71184$  cm<sup>3</sup>  
 $J_n = #####$  cm<sup>4</sup>  
 $ba = 15$  cm  
 $S_n^a = 23975$  cm<sup>3</sup>

### Datos para Estado III

$k = 1,18$   
 $M_{gl+a} = 8,33$  tm  
 $M_{gc} = 2,44$  tm  
 $M_p = 23,12$  tm  
 $Q_{gl+a} = 5160$  kg  
 $Q_{gc} = 1504$  kg  
 $Q_p = 15596$  kg  
 $W_n^b = #####$  cm<sup>3</sup>  
 $W_c^b = #####$  cm<sup>3</sup>  
 $J_c = #####$  cm<sup>4</sup>  
 $S_n^b = 31273$  cm<sup>3</sup>  
 $S_c^b = 62536$  cm<sup>3</sup>

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## Resultados para fibra a-a

$$S \quad S^a_I = 0,64 \text{ kg /cm}^2$$

$$q^a = 6,54^\circ$$

## Resultados para fibra b-b

$$S \quad S^b_I = 3,07 \text{ kg /cm}^2$$

$$q^b = -15,3^\circ$$

Resulta definitiva la tracción principal en fibra b-b p/ el Estado III (servicio)

## Estribos necesarios

$$A_{est} = 3,07 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{15}{2400 \text{ kg/cm}^2} \times 100 = \underline{1,92 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

Se adopta en esta sección estribos de 2 ramas 1  $\phi$  10 c/ 20

(requeridos por su funcionamiento como conectores), que proveen 7,854 cm<sup>2</sup>/m

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.2.9) Conectores entre vigas y losa "in situ"

En fibra de contacto

$$H = t \times b = t \times 166 \text{ cm}$$

$$t = \frac{Q(p+c) \times S}{J \times b}$$

Para sección compuesta

$$J = J_c = \text{#####} \text{ cm}^4$$

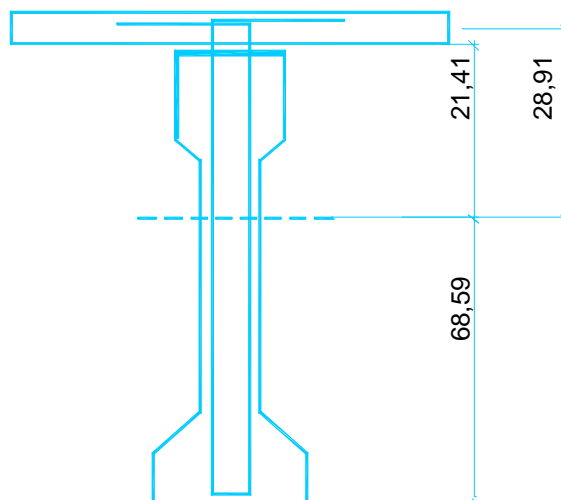
$$b = 166 \text{ cm}$$

$$S = 15 \times 166 \times 28,91 = 71992 \text{ cm}^3$$

$$(S / J \times b) = \text{#####} \times 10^{-5}$$

$$H = Q(p+c) \times \text{#####} \times 10^{-5} \times 166 = 0,011 \times Q(p+gc)$$

$$A_{\text{conec}} = \frac{H \times 100}{\bar{\sigma}_a} = \frac{0,01129964 \times Q(p+c) \times 100}{2400} = 0,00047082 \times Q(p+gc)$$



Sección	Q (p+c) (kg)	A conect (cm <sup>2</sup> /m)	Estribos de 2 ramas adopt.	
			φ	Separación (cm)
0	20197	9,51	10	15
1	17100	8,05	10	15
2	14185	6,68	10	20
3	11452	5,39	8	15
4	8901	4,19	8	20
5	6531	3,08	8	20

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.2.10) Reacciones por cada viga

$$\text{pp de la viga: } 0,58 \text{ t/m} \times \frac{15,00}{2} = 4,32 \text{ t}$$

$$\text{Losa de calzada y veredas} = \left( 5,05 \text{ t/m} \times \frac{15,00}{2} \right) \times \frac{1}{6} = 6,31 \text{ t}$$

$$\text{Vigas de arriostramiento} = \left( 3,53 \times 3 \right) \times \frac{1}{2 \times 6} = 0,88 \text{ t}$$

**7,20 t**

$$\text{Carp. rodam., barandas} = \left( 1,56 \text{ t/m} \times \frac{15,00}{2} \right) \times \frac{1}{6} = 1,95 \text{ t}$$

$$\text{Rg} = 13,47 \text{ t}$$

$$\text{Sobrecarga útil reglamentaria (con impacto y } \bar{f} \text{):} \quad \text{Rp} = 18,49 \text{ t}$$

$$18,32 + \left( 3,75 \text{ t/m} \times \frac{0,275}{6} \right) = 18,49 \text{ t}$$

$$\text{Total Rq} = 31,96 \text{ t}$$

Reacción por sobrecarga útil reglamentaria (sin impacto):

$$\phi \text{Rp} = 18,32 \text{ t} + \left( 3,75 \text{ t/m} \times \frac{0,275}{6} \right) = 18,49 \text{ t}$$

18,49 t corresponde al tren real sin considerar  $\bar{f}$

$$\text{por lo tanto, } \text{Rp} \cong \frac{18,49}{1,278} = 14,47 \text{ t}$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.4) LOSA DE TABLERO

### a) Análisis de cargas

#### a.1) Cargas permanentes

- En calzada

$$\begin{array}{rcl}
 \text{losa} = & 0,15 & \times \quad 2500 \text{ kg/m}^3 = & 375 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{carpeta, promed.} = & 0,08 & \times \quad 2200 \text{ kg/m}^3 = & 176 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 g = & 551 \text{ kg/m}^2 & & \\
 g = & & & \mathbf{0,55 \text{ t/m}^2}
 \end{array}$$

- En veredas

$$\begin{array}{rcl}
 \text{losa prom.} = & 0,25 & \times \quad 2500 \text{ kg/m}^3 = & 625 \text{ kg/m}^2 & \mathbf{0,63 \text{ t/m}^2} \\
 \\ 
 \text{baranda de H}^0 = & & & & \mathbf{0,00 \text{ t/m}} \\
 \\ 
 \text{baranda metálica aprox.} = & & & & \mathbf{0,10 \text{ t/m}}
 \end{array}$$

#### a.2) Sobrecarga

1º) Aplanadoras

Rodillo delantero

$$\begin{array}{rcl}
 0,8 & \times & 13 \text{ t} \times 1,278 & / & ( 1,20 & + & 0,08 & \times & 2 & ) \times ( 0,1 & + \\
 + & 0,08 & \times & 2 & + & \frac{2}{3} & \times & 1,66 & ) = & & \mathbf{7,15 \text{ t/m}^2}
 \end{array}$$

- Cada rodillo trasero

$$\begin{array}{rcl}
 0,8 & \times & 8,5 \text{ t} \times 1,278 & / & ( 0,5 & + & 0,08 & \times & 2 & ) \times ( 0,1 & + \\
 + & 0,08 & \times & 2 & + & \frac{2}{3} & \times & 1,66 & ) = & & \mathbf{9,63 \text{ t/m}^2}
 \end{array}$$

2º) Mucedumbre

- En calzada

$$p = 0,596 \text{ t/m}^2 \times 1,278 = 0,761 \text{ t/m}^2$$

- En veredas

$$p = 0,4 \text{ t/m}^2$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## b) Solicitaciones



Para los momentos máximos s/ apoyos se considera el redondeo de la parábola para un ancho de apoyo de 0,30 m. y considerando apoyo no monolítico (caso más conservador).

## c) Dimensionado

d = 0,15 m      h = 0,13 m      b = 1,00 m

Sección	Mmax (tm/m)	As	cara	adoptado (cm2/m)	Observaciones
Apoyo 1-2=6-7	-3,48	12,72	sup.	1φ12c/8	
Centro tramo 2=6	1,22	4,14	inf.		1φ10c/10
	-0,69	3,26	sup.		1φ10c/20
Apoyo 2-3=5-6	-1,7	5,84	sup.		1φ10c/12
Centro tramo 3=5	1,71	5,88	inf.		1φ10c/10
	-0,54	1,80	sup.		1φ10c/20
Apoyo 3-4=4-5	-1,8	6,19	sup.		1φ10c/12
Centro tramo 4	1,56	5,33	inf.	1φ10c/10	
	-0,64	2,13	sup.	1φ10c/20	

### Armadura de repartición en veredas

Inferior: 1φ8c/15  
 Superior: 1φ8c/15

### Armadura de repartición en calzada

Inferior: 1φ8c/20  
 Superior: 1φ8c/20



Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.5) ACCIONES HORIZONTALES

### I.5.1) Acción transversal del viento

a) A puente vacío

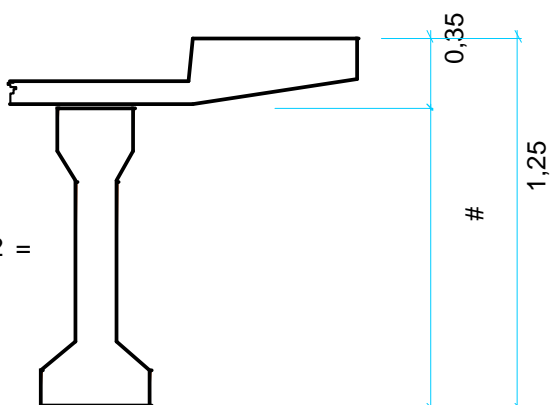
Sobre cada tramo

$$1,25 \times 15,10 \times 250 \text{ kg/m}^2 =$$
$$= 4719 \text{ kg/tramo}$$

b) A puente cargado

$$(1,25 + 2,00) \times 15,10 \times 150 \text{ kg/m}^2 =$$
$$= 7361 \text{ kg/tramo}$$

Se adopta: 7,361 t/tramo



### I.5.2) Acción longitudinal de frenado

$$F1 = \frac{1}{25} \times 0,596 \text{ t/m}^2 \times 8,30 \times 15,10 = 3,0 \text{ t}$$

$$F2 = 0,15 \times 2 \times 30 \text{ t} = 9,0 \text{ t}$$

Se adopta: F = 9,0 t/tramo

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## I.5.3) Acciones Sísmicas

Según Normas Antisísmicas Argentinas (NAA/80-INPRES)

### I.5.3.1) Acciones sobre topes antisísmicos

a) Coef. Sísmico p/ Zona 2 :  $C_o = 0,05$

b) Fuerza Sísmica horizontal (8.1.1-pg.32)

$$F_{sh} = C \cdot Q$$

con:

$$C = C_o \cdot \gamma_d \cdot \gamma_e \cdot S$$

- de Tabla 13 (pg.33):  $\gamma_d = 1,50$

- de 8.1.3 (pg.34) y Tabla 4 (pg.9), p/ Construcc. Tipo 2 :  $\gamma_e = 1,4$

- de 8.1.4 (pg.34) y 3.2.1.1.e (pg.10), p/ Suelos  $\sigma_{ad} < 5$  y  $> 0.8 \text{ kg/cm}^2$  (tipo 2), considerando  $T \leq 0.4 \text{ seg.}$ :  $S = S_{\text{máx}} = 1,0$

$$\text{por lo tanto, } C = 0,05 \cdot 1,50 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,105$$

$$Q = G + p \cdot P \quad (\text{p/ la Superestructura})$$

- de Tabla 14 (pg.33) p/ Puentes Carreteros:

en direcc. longit.:  $p = 0 \%$

en direcc. transv. :  $p = 25 \%$

- En c/ estribo

$$G = \text{carga permanente de Superestr.} = 13,47 \text{ t/viga} \cdot 6 = 80,83 \text{ t}$$

$$P = \text{sobrecarga (sin } \phi) = 14,47 \text{ t/viga} \cdot 6 = 86,82 \text{ t}$$

por lo tanto,

$$\text{en direcc. longit. : } Q = 80,83 \text{ t}$$

$$\text{en direcc. transv. : } Q = 80,83 + 0,25 \cdot 86,8 = 82,21 \text{ t}$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## c)Topes antisísmicos

Resulta sobre los topes antisísmicos de c/ estribo:

$$\text{Fsh longitud} = 0,105 * 80,83 = 8,49 \text{ t}$$

$$\text{Fsh transv} = 0,105 * 102,53 = 10,77 \text{ t}$$

- Sobre cada tope antisísmico transversal (y su placa lateral de apoyo):

$$\text{Fsh transv} = \underline{10,77} \text{ t}$$

- Sobre cada tope antisísmico longitudinal (y su placa de apoyo), considerando un tope en c/ viga:

$$\text{Fsh long.} = 8,49 * 2 = 16,97 \text{ t}$$

(la fuerza total longitudinal es absorbida por un solo estribo, pues los topes no trabajan a tracción)

por lo tanto en c/ tope:

$$\text{Fsh long.} = 16,97 / 6 = \underline{2,8289} \text{ t}$$

### I.5.3.2) Acciones sobre los estribos

Se agrega el peso propio del estribo

$$\text{Gestr. z} = 15,00 \text{ m}^3 * 2.5 \text{ t/m}^3 = 37,5 \text{ t}$$

por lo tanto,

$$\text{Fsh estr.} = 37,50 * 0,105 = 3,9375 \text{ t}$$

Fuerza longitudinal total sobre cada estribo

$$\text{Fsh} = \underbrace{8,49 * 2}_{\text{de superestr.}} + 3,938 = 20,91 \text{ t}$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
 Ing. Enrique M. Sánchez  
 Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
 Telefax: 0221-4525734  
 E-mail: igolsan@netverk.com.ar

## **II) APOYOS DE NEOPRENO**

### **a) Deformaciones**

1) Tensión media s/ cada viga:  $\frac{V_o}{A_n} = \frac{140420}{2221,43} = -63,2 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$

S/Din 1045/72 Eb = ##### kg/cm<sup>2</sup>

Se adopta: E= ##### kg/cm<sup>2</sup>

deformación elástica:  $\Delta L_e = \frac{-63,2 \times 14,45}{340000} = -0,269 \text{ cm}$

deformación diferida por fluencia:  $\Delta L_f \text{ aprox.} = 2 \Delta L_e = -0,537 \text{ cm}$

deformación por variación estacional de temperatura:

$\Delta L_t = \alpha \times \Delta t \times L = 1E-05 \times 20 \text{ }^\circ\text{C} \times 14,45 = + - 0,289 \text{ cm}$

deformación por fragüe:  $\Delta L_R = 1E-05 \times 25 \text{ }^\circ\text{C} \times 14,45 = -0,36 \text{ cm}$

deformaciones lentas a considerar a partir del momento del montaje:

$\Delta L_{(f+R)} \text{ aprox.} = 60 \% \times ((-0,54) + (-0,36)) = -0,54 \text{ cm}$

Angulo de giro previsto:  $\alpha = 0,006 \text{ rad.}$

### **b) Cargas**

1) Frenado:  $F = \frac{9000 \text{ kg/tramo}}{12 \text{ apoyos}} = 750 \text{ kg/apoyo}$

2) Viento transversal:  $W = \frac{7361 \text{ kg/tramo}}{12 \text{ apoyos}} = 613,4 \text{ kg/apoyo}$

Ing. Roberto F. Igolnikow

Ing. Enrique M. Sánchez

Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata

Telefax: 0221-4525734

E-mail: igolsan@netverk.com.ar

### 3) Reacciones de la superestructura

$$V_{\min} = V_g = 13471 \text{ kg}$$

$$V_{\max} = 18489 \text{ kg} \quad (\text{incluido impacto} + \bar{f})$$

### c) Dimensiones adoptadas

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$A = 450 \text{ cm}^2$$

$$n = 3 \quad (\text{n}^\circ \text{ de placas individuales})$$

$$e = 0,8 \text{ cm}$$

$$G' = 8 \text{ kg/cm}^2 \quad G = 16 \text{ kg/cm}^2$$

Ing. Roberto F. Igolnikow  
Ing. Enrique M. Sánchez  
Calle 63 N° 676 - (1900) La Plata  
Telefax: 0221-4525734  
E-mail: igolsan@netverk.com.ar

**d) Para los valores de deformaciones y cargas calculadas y con las características geométricas y elásticas del apoyo adoptado se obtiene:**

$\sigma_{\min}$	=	29,94	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{\max}$	=	71,02	kg/cm <sup>2</sup>
Hl	=	1371	kg
Hr	=	1502	kg
$\mu$	=	0,11	
dlf	=	0,25	cm
dtw	=	0,20	cm
dr	=	0,69	cm
$\Delta h$	=	0,062	cm
$\tau_H$	=	3,3	kg/cm <sup>2</sup>
$\tau_{\min}$	=	6,4	kg/cm <sup>2</sup>
$\tau_\alpha$	=	2,8	kg/cm <sup>2</sup>
$(\tau_{\max} + \tau_\alpha)$	=	18,0	kg/cm <sup>2</sup>
$M_\alpha$	=	32036	kg.cm = 0,32 tm

Los valores resultan admisibles para el tipo de Neopreno adoptado, de dureza 60° Shore.