

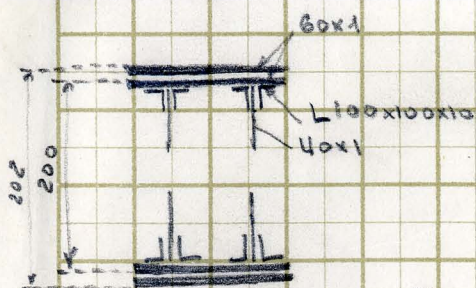
Puente de las Barcas

Comprobación del arco metálico
actual, durante el hormigonado

Nº 514.529
F. 2-10-45

secciones metálicas

sección A



$$\Omega = (60 \times 4 + 40 \times 4 + 19,2 \times 8) \times 2 = 1107,2 \text{ cm}^2$$

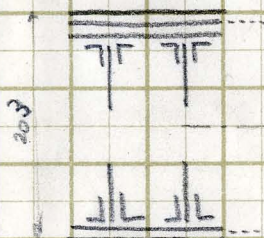
$$I = 60 \times 100^2 \times 2 = 1.200.000$$

$$40 \times 4^2 \times 2 = 500.000$$

$$19,2 \times 96,2^2 \times 4 = 110.000$$

$$\frac{I}{\Omega} = 8,710 \text{ cm}^2$$

sección B



$$\Omega = 1107,2 + 60 \times 2 = 1227,2 \text{ cm}^2$$

$$0 = 60 \times 3 \times (g - 1,5) + 46,8 [(g - 5,8) - (198,2 - g)] + 40 \times 2 [(g - 23) - (181 - g)] - 120(202 - g)$$

180,0 g	- 240
153,6	15.866
160,0	16.320
180,0	24.240
613,6 g	- 56.466 = 0

$$g = 92$$

$$I = 60 \times 3 \times 90,5^2 = 1.443.000$$

$$60 \times 2 \times 110,0^2 = 1.452.000$$

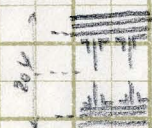
$$46,8 \times (86,2^2 + 106,2^2) = 1.438.000$$

$$80 \times (69,0^2 + 89,0^2) = 1.014.000$$

$$\frac{I}{\Omega} = 8,770 \text{ cm}^2$$

$$5.347.000 \times 2 = 10.694.000 \text{ cm}^4$$

sección C



$$\Omega = 1227,2 + 60 \times 2 = 1347,2 \text{ cm}^2$$

$$I = 60 \times 3 \times 100,5^2 = 1.820.000$$

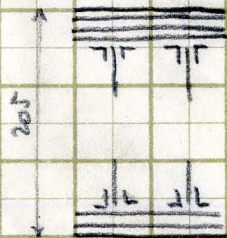
$$46,8 \times 96,2^2 = 110.000$$

$$40 \times 4^2 \times 2 = 500.000$$

$$\frac{I}{\Omega} = 9,010 \text{ cm}^2$$

$$3.030.000 \times 4 = 12.120.000 \text{ cm}^4$$

sección D



$$\Omega = 1347,2 + 120 = 1467,2 \text{ cm}^2$$

$$0 = 60 \times 4 (g - 2) + 46,8 [(g - 6,8) - (199,2 - g)] + 80 [(g - 24) - (182 - g)] + 60 \times 3 (203,5 - g)$$

240,0 g	- 480
153,6	15.821
160,0	16.480
180,0	36.530
433,6 g	- 69.411 = 0

$$g = 94,6 \text{ cm}$$

$$I = 240 \times 92,6^2 = 2.055.000$$

$$180 \times 108,9^2 = 2.140.000$$

$$80 \times (70,6^2 + 87,4^2) = 1.010.000$$

$$46,8 \times (87,8^2 + 104,6^2) = 1.430.000$$

$$\frac{I}{\Omega} = 9,050$$

$$6.635.000 \times 2 = 13.270.000 \text{ cm}^4$$

100
3,8
462

240
1536
160
5536

203
512
1982

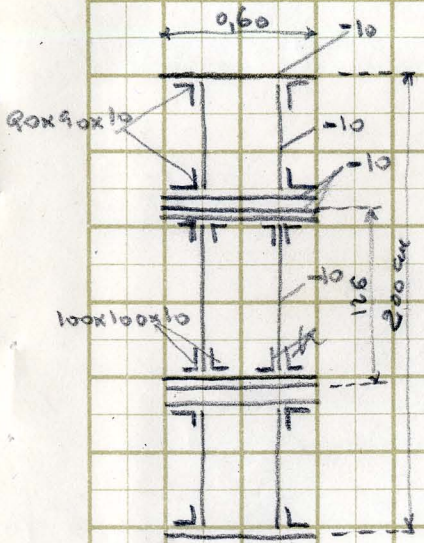
102
238
2652
19

205
150
1992

864
2904
11544

Sección E

$$\Omega = (60 \times 8 + 192 \times 2 + 19,2 \times 8 + 14,1 \times 8) \times 2 = \underline{\underline{2308,8}}$$



$$I = 58 \times 99,5^2 = 575,000$$

$$58 \times 3 \times 67,5^2 = 680,000$$

$$34,2 \times 96,5^2 = 310,000$$

$$34,2 \times 66,5^2 = 151,000$$

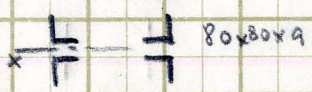
$$16,8 \times 58,2^2 = 256,000$$

$$1 \times \frac{200^3}{12} = 664,000$$

$$\underline{\underline{2,639,000}} \times 4 = \underline{\underline{10,556,000 \text{ cm}^4}}$$

Montantes

Paralelos con 4 L 80x80x9 y que van anistrados.



$$\Omega = 8 \times 13,7 = 109,6 \text{ cm}^2 \text{ (interpolado ya que no existe en catálogo)}$$

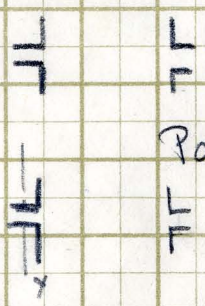
$$I_x = (499 + 13,7 \times 2,30^2) \times 8 = 1226 \text{ cm}^4$$

$$\text{Coef. de pandeo} = \frac{1226 + 109,6 \times 1,50^2}{1,226} = 1,2$$

1533
1226,4

Diagonales

Paralelos con 8 L 90x90x10



$$\Omega = 14,1 \times 8 = 136,8 \text{ cm}^2 \text{ (interpolado)}$$

Para compresión

$$I_y = 124 \times 8 = 1016 \text{ cm}^4$$

$$l = 2,45 \text{ m}$$

Coef. de p. según Euler considerando semiempotrado

$$P_{adm} = 20,25 \times \frac{1100,000 \times 10,16}{275^2 \times 5} = 114,000 \text{ kg} \quad \text{Coef dep.} = \frac{136,8 \times 1200}{114,000} = 1,44$$

Según catálogo

$$\text{Coef. dep.} = \frac{1,016 + 136,8 \times 2,45^2}{1,016} = 2,0$$

Peso de los tres arcos de hormigón incluyendo la zona de forjado de clave en una longitud de 4,0m
 (estas fuerzas son a partir de clave hacia arañiques y conciliando sus centros de aplicación con los encuentros de la directriz del arco metálico y sus montantes)

P1	$\left[\begin{matrix} 0,30 \times 0,30 \times 1,00 + 1,00 \times 1,15 \times 0,60 \end{matrix} \right] \times 3 + 0,28 \times 4,50 \times 2,0 + 0,44 \times 6,10 \times 2,400 = 14,600 \checkmark$
P2	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 1,95 \times 1,25 \times 0,60 \end{matrix} \right] \times 3 + 0,28 \times 4,50 \times 2,0 \times 2 \times 2,400 = 23,900 \checkmark$
P3	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 1,95 \times 1,40 \times 0,60 \end{matrix} \right] \times 3 + 0,28 \times 4,50 \times 1,0 \times 2 \times 2,400 = 19,100 \checkmark$
4	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 1,95 \times 1,60 \times 0,60 \end{matrix} \right] \times 2,400 \times 3 = 14,400 \checkmark$
5	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 2,00 \times 1,85 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 14,300 \checkmark$
6	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 1,95 \times 2,20 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 19,800 \checkmark$
7	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,00 + 1,95 \times 2,45 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 22,000 \checkmark$
8	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,03 + 1,96 \times 2,60 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 23,300 \checkmark$
9	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,05 + 1,96 \times 2,60 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 23,300 \checkmark$
10	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,08 + 1,96 \times 2,55 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 23,000 \checkmark$
11	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,10 + 1,98 \times 2,52 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 22,900 \checkmark$
12	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,13 + 1,98 \times 2,50 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 22,800 \checkmark$
13	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,13 + 1,98 \times 2,50 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 22,800 \checkmark$
14	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,15 + 1,98 \times 2,46 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 22,400 \checkmark$
15	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,18 + 1,98 \times 2,35 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 21,500 \checkmark$
16	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,25 + 2,00 \times 2,25 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 20,900 \checkmark$
17	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,38 + 2,10 \times 2,15 \times \end{matrix} \right] \text{''} = 21,000 \checkmark$
18	$\left[\begin{matrix} \text{''} \times 2,50 + 2,20 \times 2,00 \times \end{matrix} \right] \text{''} + 0,30 \times 2,40 \times 1,00 \times 2,400 = 25,800$

Peso de medio arco 384,100

A cada uno de estas cargas ha de sumarse = 2000 Kgs. (excepto a la P1 que solo son 1.000)

El peso por m.l. de proyección horizontal es

$$\frac{384,100 + 35,000}{35,80} = 11,400 \text{ Kgs.}$$

Las fuerzas P1, P2 y P3 llevan incluidos el peso del forjado.

1176
1188
1176

Datos de fuerzas exteriores en última fase de homogeneado

Designación	P=Y(ton)	a	ΣY	aY	ΣaY	
1	Y ₀	+ 419,1	41,60	419,1	30.000,0 ✓	30.005
2	#1	- 27,8	69,14	- 391,3	- 1.930,0 ✓	28.045
	2	- 23,0	67,26	- 368,3	- 1.548,0 ✓	26.524
3	3	- 22,9	65,28	- 345,4	- 1.196,0 ✓	25.034
4	4	- 23,5	63,31	- 321,9	- 1.498,0 ✓	23.543
	5	- 24,4	61,33	- 297,5	- 1.497,0 ✓	22.046
5	6	- 24,8	59,34	- 272,4	- 1.470,0 ✓	20.546
6	7	- 24,8	57,34	- 247,4	- 1.420,0 ✓	19.156
	8	- 24,9	55,40	- 223,0	- 1.380,0 ✓	17.746
7	9	- 25,0	53,43	- 198,0	- 1.336,0	16.440
	10	- 25,3	51,48	- 172,4	- 1.302,0	15.138 *
8	11	- 25,3	49,50	- 147,4	- 1.251,0	13.884
	12	- 24,0	47,54	- 123,4	- 1.197,0	12.745
9	13	- 21,8	45,60	- 101,6	- 997,0	11.748 *
	14	- 19,3	43,60	- 82,3	- 842,0	10.906
10	15	- 16,7	41,62	- 65,6	- 695,0	10.211
	16	- 21,1	39,40	- 44,5	- 837,0	9.344
11	17	- 25,9	37,45	- 18,6	- 946,0	8.398
	18	- 34,2	35,20	- 18,6	- 1.332,0	7.066
	19	- 25,9	33,25	- 44,5	- 847,0	6.189 ✓
	20	- 21,1	31,90	- 65,6	- 674,0 ✓	5.515
	21	- 16,7	29,98	- 82,3	- 501,0	5.014
	22	- 19,3	28,00	- 101,6	- 540,0	4.474
	23	- 21,8	26,00	- 123,4	- 566,0	3.908
	24	- 24,0	24,06	- 147,4	- 547,0	3.337
	25	- 25,3	22,10	- 172,4	- 559,0	2.772
	26	- 25,3	20,12	- 198,0	- 509,0	2.263 ✓
	27	- 25,0	18,14	- 223,0	- 454,0	1.809
	28	- 24,9	16,20	- 247,4	- 403,0	1.406
	29	- 24,8	14,23	- 272,4	- 353,0	1.053
	30	- 24,8	12,23	- 297,5	- 304,0	749
	31	- 24,4	10,24	- 321,9	- 250,0	499
	32	- 23,5	8,24	- 345,4	- 195,0	304
	33	- 22,9	6,32	- 368,3	- 145,0	159
	34	- 23,0	4,34	- 391,3	- 100,0	59
	35	- 24,8	2,13	- 419,1	- 59,0	0

$\Sigma X = 0$
 $\Sigma X = 0$
 $\Sigma bX = 0$

$Q = 30,2$
 $N = -1120$

7160
 3580
 35700

Estado de esfuerzos hiperestáticos en última fase de homogeneidad

Sección	$\Delta\Phi$	$\frac{I}{\Omega}$	$\Delta\psi$	x	y	α	$\cos\alpha$	$\sin\alpha$	ΣY	ΣX	ΣaY	M_i	$\sin\alpha \Sigma Y = K_i$	$\cos\alpha \Sigma X = Q_i$	$\cos\alpha \Delta\psi$	$M_{i,y}$	$\sqrt{I} \cos\alpha \Delta\psi$	y^2	$\cos^2\alpha \Delta\psi$	$-X_{o,red}$	Q_x	$X_{o,y}$	M_x	$X_{o,cos\alpha}$	N_x
1	1366×10^{-14}	8.410	1.110×10^{-10}	69.80	0.50	-20° 2'	0.940	-0.343	419.1	29.253 x	30.005	452	-143.8 v	394.0 v	1.1186×10^{-10}	376 v	-160.855×10^{-10}	0.2500	1.0515×10^{-10}	-369.6	24.4	-538.7	2133	-1.012.8	-1.156.6
2	"	8.740	1.112×10^{-10}	67.73	1.42	-18° 53'	0.946	-0.314	391.3	26.503 v	28.045	1.572	-126.8 v	370.2 v	1.1276×10^{-10}	2732 v	-142.980×10^{-10}	2.0164	1.0667×10^{-10}	-349.1	21.1	-1.530.	47.0 v	-1.019.3	-1.146.1
3	"	8.770	1.200×10^{-10}	64.80	2.38	-17° 21'	0.955	-0.296	345.4	22.382 v	25.021	2.649	-102.2 v	329.9 v	1.1460×10^{-10}	6305 v	-117.121×10^{-10}	5.6644	1.0944×10^{-10}	-318.9	11.0	-2.564.4	84.6 x	-1.079.0	-1.131.2
4	"	"	"	61.85	3.22	-15° 24'	0.963	-0.269	321.9	19.110 v	23.543	3.633	-86.6 v	310.0 v	1.1556×10^{-10}	11.698 v	-100.075×10^{-10}	10.2684	1.1128×10^{-10}	-289.8	20.2	-3.469.4	163.6 x	-1.037.6	-1.124.2
5	"	"	"	58.90	4.02	-13° 56'	0.971	-0.241	272.4	16.062 v	20.576	4.514	-65.7 v	264.8 v	1.1652×10^{-10}	18.116 v	-76.554×10^{-10}	16.1604	1.1314×10^{-10}	-259.7	5.1	-4.336.4	182.6 x	-1.046.2	-1.111.9
6	"	8.890	1.243×10^{-10}	55.88	4.72	-12° 11'	0.978	-0.211	247.9	13.853 v	19.156	5.303	-52.3 v	242.4 v	1.1763×10^{-10}	25.030 v	-62.043×10^{-10}	22.2784	1.1602×10^{-10}	-227.3	15.1	-5.085.6	214.4 x	-1.053.8	-1.106.1
7	"	9.010	1.230×10^{-10}	52.44	5.40	-10° 10'	0.984	-0.177	198.0	10.383 v	16.440	6.054	-35.0 v	194.8 v	1.1863×10^{-10}	32.708 v	-47.361×10^{-10}	29.1600	1.1909×10^{-10}	-190.7	4.1	-5.818.3	238.7 x	-1.060.2	-1.095.2
8	"	"	"	49.04	5.97	-8° 9'	0.990	-0.142	147.4	7.228 v	13.887	6.659	-20.9 v	145.9 v	1.2174×10^{-10}	39.621 v	-35.450×10^{-10}	35.4025	1.2055×10^{-10}	-153.0	-7.1	-6.410.9	248.1	-1.066.7	-1.087.6
9	"	9.050	1.236×10^{-10}	45.35	6.41	-5° 52'	0.995	-0.102	101.6	4.597 v	11.748	7.151	-10.4 v	101.1 v	1.2297×10^{-10}	45.838 v	-22.780×10^{-10}	41.0881	1.2237×10^{-10}	-109.9	-8.8	-6.906.5	244.5	-1.072.1	-1.087.5
10	"	"	"	41.45	6.73	-3° 34'	0.998	-0.062	65.6	2.719 v	10.211	7.492	-4.1 v	65.5 v	1.2335×10^{-10}	50.471 v	-5.057×10^{-10}	45.2929	1.2310×10^{-10}	-66.8	-1.3	-7.257.3	240.7	-1.075.3	-1.079.4
11	"	"	"	37.66	6.88	-1° 15'	1.000	-0.0218	18.6	4.00 v	8.392	7.698	-0.4 v	18.6 v	1.2360×10^{-10}	52.962 v	-4.44×10^{-10}	47.3244	1.2360×10^{-10}	-23.5	-4.9	-7.412.9	235.1	-1.077.5	-1.077.9
12	"	"	"	33.84	6.88	1° 15'	1.000	0.0218	-18.6	-6.31	7.066	7.694	-	-18.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13	"	"	"	30.15	6.73	3° 34'	0.998	0.062	-65.6	-10.48	5.515	7.493	-	-65.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	"	"	"	26.35	6.41	"	0.995	0.102	-101.6	-2.677	4.474	7.151	-	-101.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	"	9.010	1.230×10^{-10}	22.56	5.97	"	0.990	0.142	-147.4	-3.325	3.331	6.656	-	-145.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	"	"	"	19.16	5.40	"	0.984	0.177	-198.0	-3.794	2.163	6.054	-	-194.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	"	8.890	1.243×10^{-10}	15.72	4.72	"	0.978	0.211	-247.9	-3.897	1.406	5.303	-	-242.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	"	8.770	1.200×10^{-10}	12.70	4.02	"	0.971	0.241	-272.4	-3.465	1.053	4.516	-	-264.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	"	"	"	9.75	3.22	"	0.963	0.269	-321.9	-3.139	0.44	3.638	-	-310.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	"	"	"	6.80	2.38	"	0.955	0.296	-345.4	-2.349	3.04	2.653	-	-329.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	"	8.740	1.112×10^{-10}	3.87	1.42	"	0.946	0.314	-391.3	-1.514	5.9	1.573	-	-370.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	"	8.410	1.110×10^{-10}	1.80	0.50	20° 2'	0.940	-0.343	-419.1	-	752	0	-	-394.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

$M_v = \Sigma aY - x \Sigma Y$

$$X_0 = \frac{\Sigma M_i \Delta\Phi + \Sigma M_i \cos\alpha \Delta\psi}{\Sigma y^2 \Delta\Phi + \Sigma \cos^2\alpha \Delta\psi} = \frac{285.337 \text{ m} \times \text{m} + (-45.480 \times 10^{-10} \text{ cm} \times \frac{\text{cm}}{\text{kg}}) + 255.0159 \text{ m}^2}{9.2550159 \times 1.366 \times 10^{-14} \frac{\text{cm}^4}{\text{kg}} + 12.4041 \times 10^{-10} \frac{\text{cm}^4}{\text{kg}}} = \frac{38.9770342 - 0.074578}{0.000034835172 + 0.00000177041} = \frac{38.9024562}{0.000036605582} = -1.047160 \text{ kg}$$

$$\Delta\Phi = \frac{380 \text{ cm}}{13.270.000 (\text{cm}^4) \times 2.100.000 (\text{kg}/\text{cm}^3)} = 1366 \times 10^{-14} \frac{1}{\text{cm kg}}$$

$$\Delta\psi = \Delta\Phi \frac{I}{\Omega} = \frac{1}{\text{cm kg}} \frac{\text{cm}^4}{\text{cm}^2} = \frac{\text{cm}}{\text{kg}}$$

1.366 x 10⁻¹⁴

240
120

0-21.60

380

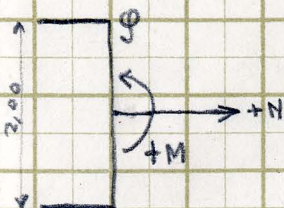
función del ángulo
función del ángulo
función del ángulo
función del ángulo

Comprobación de secciones en la última fase de hormigonado

Sección 11. (Babejas)

$N = -1.078 \text{ tons}$

$M = 285 \text{ mtons}$



$$\sigma_y = \frac{285 \times 1000 \times 1000 \times 94,6}{13.240.000} + \frac{1.078.000}{1.467} = 935 \text{ Kg/cm}^2$$

Sección 3 (Babejas)

$N = -1.131,2$

$M = 84,6$

$$\sigma_y = \frac{84,6 \times 1000 \times 1000 \times 92}{10.754.000} + \frac{1.131.200}{1227,2} = 1.000 \text{ Kg/cm}^2$$

Sección 2 (Babejas)

$N = -1.146,1$

$M = 42$

$$\sigma_y = \frac{42 \times 1000 \times 1000 \times 101}{9.640.000} + \frac{1.146.100}{1107} = 1.070 \text{ Kg/cm}^2$$

Sección 1 (Babejas)

$N = -1.156,6$

$M = 213,3$

$$\sigma_y = \frac{213,3 \times 1000 \times 1000 \times 101,5}{10.556.000} + \frac{1.156.600}{2.308,8} = 700 \text{ Kg/cm}^2$$

Diagonales (sección 2)

$T = 33.200 \text{ Kg}$

$\Omega = 136,8 \text{ ?}$

$\sigma = \frac{33.200}{136,8} = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Montantes (sección 2)

$P = -21.100 \text{ Kg}$

$\Omega = 109,6 \text{ ?}$

$l = 2,0 \text{ m}$

$\sigma = \frac{21.100 \times 1,15}{109,6} = 220 \text{ Kg/cm}^2$

Esfuerzos máximos admisibles
en los montantes

Sección = 109,6 cm²

Esfuerzo admisible = $\frac{109,6}{1,25} \times 1,200 = 109,600$ Kgs a
compresión

Esfuerzos máximos admisibles
en las diagonales

Sección = 136,8
a tracción:

$T = 136,8 \times 1,200 = 164.000$ Kgs.

Ahora bien, el esfuerzo constante que produce esta tracción

es $\frac{164.000}{1,57} = 105.000$ Kgs.

a compresión y transformado a esf. constante

$\frac{105.000}{2} = 52.500$ Kgs.

Peso propio del arco metálico
Cuadro de fuerzas exteriores.

Designación	Y (tons)	a	ΣY	aY	ΣaY
Y ₀	35		35	2.506,0	2.506,0
P ₁	-2		33	-138,9	2.367,1
2	"		31	-134,5	2.232,6
3	"		29	-130,6	2.102,0
4	"		27	-126,6	1.945,4
5	"		25	-122,4	1.852,7
6	"		23	-118,4	1.734,0
7	"		21	-114,4	1.619,3
8	"		19	-110,8	1.508,5
9	"		17	-106,9	1.401,6
10	"		15	-102,9	1.298,4
11	"		13	-99,0	1.199,4
12	"		11	-95,1	1.104,6
13	"		9	-91,2	1.013,4
14	"		7	-87,2	926,2
15	"		5	-83,2	843,0
16	"		3	-79,4	763,6
17	"		1	-75,5	688,1
18	"		-1	-71,6	616,5
19	"		-3	-67,7	548,8
20	"		-5	-63,8	485,0
21	"		-7	-60,0	425,0
22	"		-9	-56,0	369,0
23	"		-11	-52,0	317,0
24	"		-13	-48,1	268,9
25	"		-15	-44,2	224,7
26	"		-17	-40,2	184,5
27	"		-19	-36,3	148,2
28	"		-21	-32,4	115,8
29	"		-23	-28,5	87,3
30	"		-25	-24,5	62,8
31	"		-27	-20,5	42,3
32	"		-29	-16,6	25,7
33	"		-31	-12,6	13,1
34	"		-33	-8,4	4,4
35	"		-35	-4,3	0,1

Peso propio del arco metálico

Sección	x	y	ΣY	xΣY	Σxy	M _i	N _i ΣxΣY	Q _i ΣxΣY	M _i y	N _i cos α	X ₀ cos α	N _i	-x ₀ sen α	Q _t	X ₀ y	M _t
1	69,80	0,50	35	2.433,0	2.506,0	43,0	-12,005	32,900	36,5	-13.430x10 ⁻¹⁰	-85,2	-94,2	-31,1	1,8	-45,3	24,7
2	67,73	1,42	33	2.235,1	2.367,1	132,0	-10,692	31,218	187,4	-12.040x10 ⁻¹⁰	-85,8	-96,5	-29,4	1,8	-128,8	3,2
3	64,80	2,38	29	1.879,2	2.162,0	238,8	-8,584	27,695	532,2	-9.840x10 ⁻¹⁰	-86,6	-95,2	-26,8	0,9	-215,8	4,0
4	61,85	3,22	24	1.670,0	1.975,4	305,4	-7,263	26,001	983,4	-8.400x10 ⁻¹⁰	-87,3	-94,6	-24,4	1,6	-292,0	13,4
5	58,90	4,02	23	1.354,4	1.734,0	379,3	-5,543	22,333	1.574,8	-6.460x10 ⁻¹⁰	-88,0	-93,5	-21,9	0,4	-364,5	14,8
6	55,88	4,72	21	1.143,5	1.619,3	445,8	-4,431	20,538	2.104,2	-5.260x10 ⁻¹⁰	-88,7	-93,1	-19,1	1,4	-428,0	17,8
7	52,44	5,40	17	891,5	1.401,6	510,1	-3,009	16,728	2.754,5	-3.640x10 ⁻¹⁰	-89,2	-92,2	-16,0	0,7	-489,6	20,5
8	49,04	5,95	13	637,5	1.109,4	568,2	-1,846	12,870	3.245,1	-2.250x10 ⁻¹⁰	-89,8	-91,6	-12,9	0	-539,5	23,4
9	45,25	6,41	9	407,3	1.013,4	606,4	-0,918	8,955	3.885,1	-1.130x10 ⁻¹⁰	-90,2	-91,1	-9,2	-0,3	-581,2	24,9
10	41,45	6,73	5	207,3	843,0	635,7	-0,310	4,990	4.283,3	-380x10 ⁻¹⁰	-90,5	-90,8	-5,6	-0,6	-610,2	25,5
11	37,66	6,88	1	37,4	688,1	650,4	-0,022	1,000	4.474,8	-30x10 ⁻¹⁰	-90,7	-90,7	-2,0	-1,0	-623,8	26,6
12	33,94		-1	-33,9	616,5	650,4	-0,022	-1,000								
13			-5						24.011,3	-62.860						
14			-9													
15			-13													
16			-17													
17	15,72	4,72	-21		1.619,3	445,8	-4,431	-20,538			-88,7	-93,7	+19,7	-1,4	-428,0	17,8
18																
19																
20																
21																
22																

x10⁷ x10³

$$X_0 = \frac{-240113000000 \times 1.366 \times 10^{-14} - 62860000 \times 10^{-10}}{0,000036105582} = -90,670$$

$$\frac{327994358}{0,006286} = 90,670$$

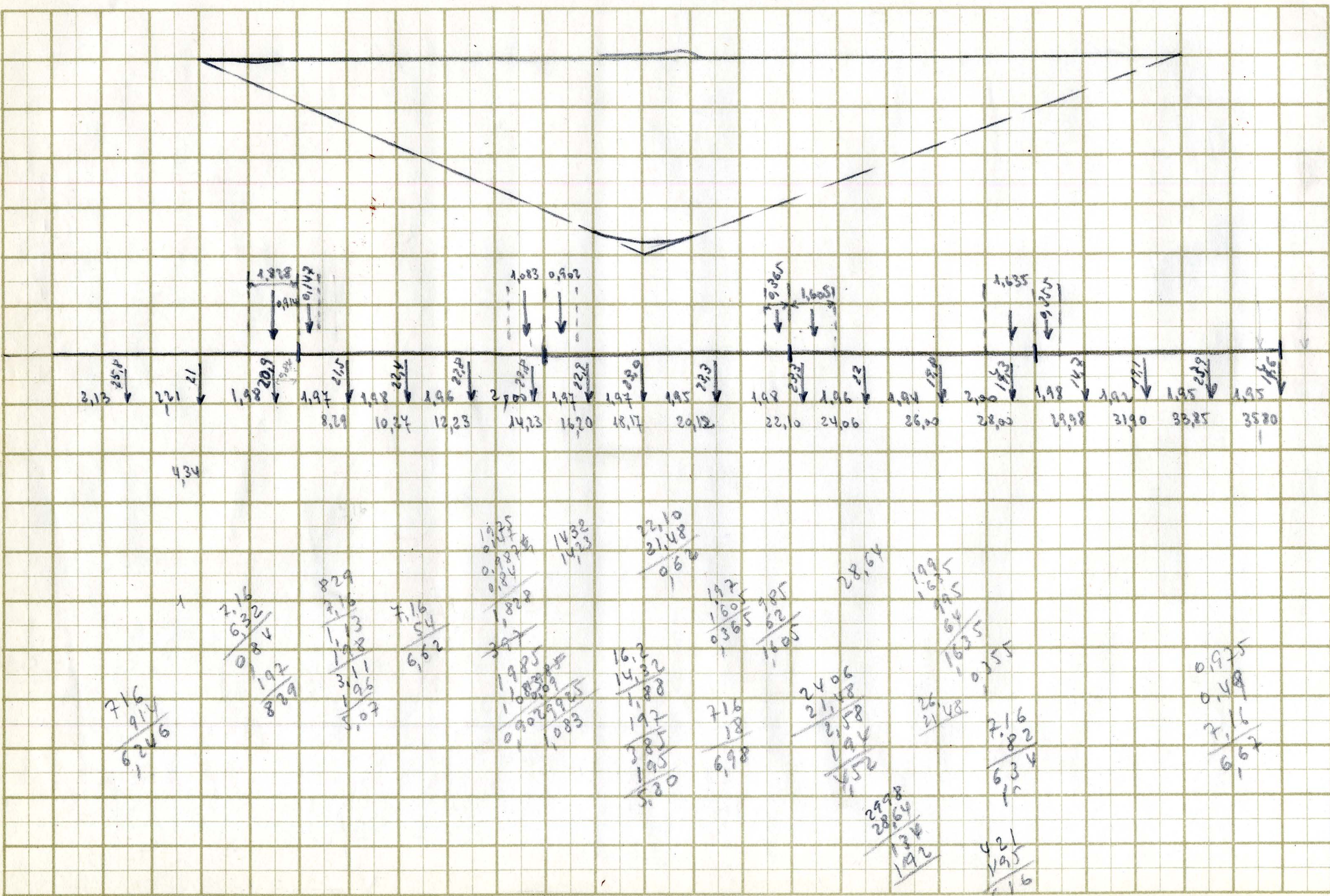
EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 9

Expensas Impresión del arco metálico propio

980

Quadro de forças reativas e em posição

EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 10



Fuerzas exteriores en cada dovela

$$25,80 \times 2,13 = 54,954$$

$$21,00 \times 4,34 = 91,140$$

$$20,90 \times 6,32 = 132,088$$

$$F1 = 67,45 \quad a = 278,18 : 67,4 = 4,109$$

Dist.	Y	a	ΣY	aY	ΣaY
Y ₀	3,885	41,60	3,885	278,17	278,18
F1	-67,40	4,109	-63815	-278,17	0

$$21,5 \times 8,29 = 178,235$$

$$22,4 \times 10,27 = 230,048$$

$$22,8 \times 12,23 = 278,844$$

$$11,4 \times 13,73 = 156,522$$

$$F2 = 78,1 \quad 843,649 : 78,1 = 10,802$$

Y ₀	11,283	41,60	11,283	843,649	843,649
F2	-78,1	10,802	-66317	-843,649	0

$$11,4 \times 14,73 = 167,922$$

$$22,9 \times 16,20 = 370,980$$

$$23,0 \times 18,17 = 417,910$$

$$23,3 \times 20,12 = 468,796$$

$$F3 = 80,6 \quad 1.425,608 : 80,6 = 17,687$$

Y ₀	19,911	41,6	19,911	1.425,608	1.425,608
F3	-80,6	17,687	-60689	-1.425,608	0

$$23,3 \times 22,10 = 514,930$$

$$22,0 \times 24,06 = 529,320$$

$$19,8 \times 26,00 = 514,800$$

$$17,3 \times 28,00 = 484,400$$

$$F4 = 82,4 \quad 2.043,450 : 82,4 = 24,799$$

Y ₀	28,54	41,60	28,54	2.043,45	2.043,45
F4	-82,40	24,799	-5386	-2.043,45	0

$$14,7 \times 29,98 = 440,706$$

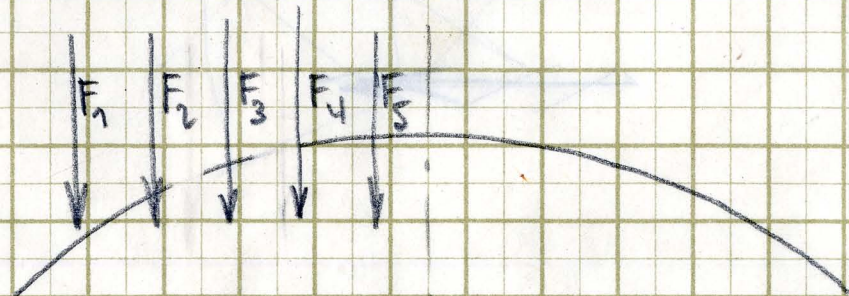
$$19,1 \times 31,90 = 609,290$$

$$23,9 \times 33,85 = 809,015$$

$$14,6 \times 35,31 = 621,456$$

$$F5 = 75,3 \quad 2.480,467 : 75,3 = 32,941$$

Y ₀	34,643	41,60	34,643	2.480,467	2.480,467
F5	-75,30	32,941	-40,657	-2.480,467	0



$\frac{2058}{216} = 9,527$
 $\frac{1074}{216} = 4,972$
 $\frac{1290}{216} = 5,972$

$\frac{9,927}{0,487} = 20,385$
 $\frac{4,972}{0,487} = 10,209$
 $\frac{5,972}{0,487} = 12,283$

$$M = \sum aY - b \sum Y$$

Actuando $F_1 =$ \dots

Sección	φ	Y	$\sum Y$	$\sum aY$	$\sum ay$	M_i	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{x} \sum Y$	$\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{x} \sum Y$	M_{iY}	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{x} \sum aY$	$X_0 \text{ and } X$	N_T	X_{0Y}	M_T	$-\text{fem} \times X_0$	Q_T
1	69,80	0,50	3,885	271,17	278,18	7,01	-1,333	3,653	3,5	-1,4911x10 ⁻¹⁰	-23,21	-24,54	-12,35	-5,34	-8,47	-4,82
2	67,73	1,42	"	263,13	"	15,05	-1,259	3,645	21,4	-1,419,6	-23,36	-24,62	-35,06	-20,04	-8,00	-4,32
3	64,80	2,38	"	251,45	"	26,43	-1,150	3,710	62,9		-23,58	-24,73	-58,77	-32,34	-7,31	-3,60
4	61,85	3,22	"	240,29	"	37,89	-1,045	3,741	122,0		-23,78	-24,83	-79,51	-41,62	-6,64	-2,90
5	58,90	4,02	"	228,83	"	49,35	-0,936	3,742	198,4		-23,98	-24,92	-99,27	-49,92	-5,95	-2,18
6	55,88	4,72	"	217,09	"	61,09	-0,820	3,800	288,3		-24,15	-24,97	-116,55	-55,46	-5,21	-1,44
7	52,44	5,40	"	203,73	"	74,45	-0,688	3,823	402,0		-24,30	-24,99	-133,34	-58,89	-4,37	-0,55
8	49,04	5,95	"	190,50	"	87,66	-0,552	3,846	521,6		-24,45	-25,00	-146,92	-59,26	-3,51	0,34
9	45,25	6,41	"	175,80	"	102,38	-0,396	3,866	656,3		-24,57	-24,97	-158,28	-55,90	-2,52	1,35
10	41,45	6,73	"	161,03	"	117,15	-0,241	3,877	788,4		-24,64	-24,84	-166,18	-49,03	-1,53	2,35
11	37,66	6,88	"	146,31	"	131,87	-0,085	3,885	907,3		-24,69	-24,78	-169,89	-38,02	-0,54	3,35
12	33,94	6,88	"	131,86	"	146,32	0,085	3,885	1006,7		-24,69	-24,60	-169,89	-23,57	0,54	4,42
13	30,15	6,73	"	117,13	"	161,05	0,241	3,877	1083,9		-24,64	-24,40	-166,18	-5,13	1,53	5,41
14	26,35	6,41	"	102,37	"	175,81	0,396	3,866	1126,9		-24,57	-24,17	-158,28	17,53	2,52	6,39
15	22,56	5,95	"	87,65	"	190,53	0,552	3,846	1133,7		-24,45	-23,90	-146,92	43,61	3,57	7,36
16	19,16	5,40	"	74,44	"	203,74	0,688	3,823	1100,2		-24,30	-23,61	-133,34	70,40	4,37	8,19
17	15,72	4,72	"	61,07	"	217,11	0,820	3,800	1024,8		-24,15	-23,33	-116,55	100,56	5,21	9,01
18	12,70	4,02	"	49,34	"	228,84	0,936	3,772	919,9		-23,98	-23,04	-99,27	129,57	5,95	9,72
19	9,75	3,22	"	37,88	"	240,30	1,045	3,741	773,8		-23,78	-22,73	-79,51	160,79	6,64	10,38
20	6,80	2,38	"	26,42	"	251,46	1,150	3,710	599,2		-23,58	-22,43	-58,77	192,99	7,31	11,02
21	3,87	1,42	-38,015	-147,12	54,95	202,07	-12,317	-35,962	286,9	-13,8886	-23,36	-35,68	-25,06	167,01	8,00	-27,96
22	1,80	0,50	-63,815	-114,87	0	114,87	-23,604	-59,986	57,4	-26,4034	-23,21	-46,81	-12,35	102,52	8,47	-51,50
									13,0855	-43,2027x10 ⁻¹⁰						

Resig	Y	a	$\sum Y$	aY	$\sum aY$
Y_0	3,885	71,60	3,885	278,182	278,182
$F1_1$	-20,90	6,32	-17,015	-132,088	146,094
$F1_2$	-21,00	4,34	-38,015	-91,140	54,954
$F1_3$	-25,80	2,13	-63,815	-54,954	0

$$X_0 = - \frac{13,0855 \cdot 0,0000 \times 1366 \times 10^{-14} - 43,2027 \cdot 000 \times 10^{-10}}{0,000042211164} = -24,693$$

1.78747930
00432027
1.78315903

Soluciones hiperestáticas para la Sección 1.

Actuando $F_2 =$ tons.

lección	x	y	xy	$\sum xy$	$\sum ay$	M_i	$M_i = \frac{M_i}{\sum x \sum y}$	$Q_i = \frac{Q_i}{\sum x \sum y}$	M_{ij}	$M_{ij} \cdot \sum x \sum y$	$X_0 \cdot \sum x$	N_i	X_{0y}	M_{ij}	$- \sum x \sum y$	Q_i	
1	69,80	0,50	11,783	822,45	843,65	21,20	-4,042	11,046	10,6	-4,5214x10 ⁻¹⁰	-67,26	-4130	-3578	-14,58	-24,54	-1346	
2	67,43	1,42	"	748,06	"	45,59	-3,818	11,147	6417	-4,3052"	-67,69	-4151	-10161	-56,02	-23,18	-1203	
3	64,30	2,38	"	463,54	"	80,11	-3,488	11,253	1907	-3,9972"	-68,34	-4183	-17031	-90,20	-21,18	-993	
4	61,85	3,22	"	728,78	"	114,84	-3,170	11,347	369,9	-3,6633"	-68,91	-4208	-23042	-115,55	-19,25	-790	
5	58,90	4,02	"	694,02	"	149,63	-2,840	11,441	601,5	-3,3092"	-69,48	-4232	-28766	-138,03	-17,25	-581	
6	55,88	4,72	"	658,43	"	185,22	-2,486	11,524	874,2	-	-69,98	-4247	-33775	-152,53	-15,10	-358	
7	52,44	5,40	"	617,90	"	225,75	-2,086	11,594	1219,1	-	-70,41	-4250	-38641	-160,66	-12,67	-108	
8	49,04	5,95	"	577,84	"	265,81	-1,673	11,665	1581,6	-	-70,84	-4251	-42577	-159,96	-10,16	150	
9	45,25	6,41	"	533,18	"	310,44	-1,202	11,724	1990,1	-	-71,20	-4240	-45869	-148,22	-7,30	443	
10	41,45	6,73	"	488,41	"	355,24	-0,731	11,759	2390,8	-	-71,41	-4214	-48159	-126,35	-4,44	432	
11	37,66	6,88	"	443,45	"	399,90	-0,257	11,783	2751,3	-	-71,56	-4182	-49089	-90,89	-1,56	1023	
12	33,94	6,88	"	399,92	"	443,73	0,257	11,783	3052,9	-	-71,56	-4130	-49089	-47,16	1,56	1334	
13	30,15	6,73	"	355,26	"	488,39	0,731	11,759	3286,9	-	-71,41	-4068	-48159	6,80	4,44	1620	
14	26,35	6,41	"	310,48	"	533,17	1,202	11,724	3417,6	-	-71,20	-4000	-45869	44,48	7,30	1901	
15	22,56	5,95	"	265,82	"	577,83	1,673	11,665	3438,1	-	-70,84	-6947	-42577	152,06	10,16	2182	
16	19,16	5,40	"	225,76	"	617,89	2,086	11,594	3336,6	-	-70,41	-6832	-38641	234,48	12,67	2426	
17	15,72	4,72	"	185,23	"	658,42	2,486	11,524	3107,7	-	-69,98	-6749	-33775	320,67	15,10	2662	
18	12,70	4,02	0,383	4,86	687,13	682,27	0,092	0,372	2,7427	107,20	-69,48	-6934	-287,66	394,61	17,25	1762	
19	9,75	3,22	-44817	-436,97	178,24	615,21	-12,056	-43,159	1,981,0	-13,93190	-68,91	-80,97	-230,42	384,79	19,25	-2390	
20	6,80	2,38	-66317	-450,96	0	450,96	-19,630	-63,333	1,073,3	-22,496,0"	-68,34	-84,97	-170,31	280,65	21,18	-4215	
21	3,87	1,42	"	-256,65	"	256,65	-21,487	-62,736	364,4	-24,2287"	-67,69	-89,18	-101,61	155,04	23,18	-3956	
22	1,80	0,50	"	-119,37	"	119,37	-22,747	-62,338	59,7	-25,4448"	-67,26	-90,01	-35,78	83,59	24,54	-3780	
											37905,4	-105790,5x10 ⁻¹⁰					

lección	y	a	$\sum y$	$\sum ay$	$\sum ay$
Y_0	11,783	71,60	11,783	843,649	843,649
F_2	-11,400	13,73	0,383	-156,571	687,137
F_2	-22,800	12,23	-22,417	-278,800	408,333
F_2	-22,400	10,27	-44,817	-239,048	178,235
F_2	-21,500	8,29	-66,317	-178,235	0

$$X_0 = - \frac{37905,4 \cdot 0,000000 \cdot 1,366 \times 10^{-14} - 105790,500 \times 10^{-10}}{0,000042211164} = -41,558$$

$$\frac{5,17784764}{0,01054905} = 516729859$$

EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 13

Expensas hipotéticas para la ley 2

Actuando $F_3 =$ tons.

Recepción	x	y	Σy	Σxy	Σay	M_i	$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i$	$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i$	M_{iy}	$\sum_{i=1}^n x_i \Delta \phi$	$X_0 \Delta x$	N_f	$X_0 y$	M_{fy}	$-\sum_{i=1}^n x_i X_0$	Q_f
1	69,80	0,50	19,911	1.389,79	1.425,61	35,82	-6,829	18,416	17,9	-4,6389	-104,57	-111,40	-55,62	-19,80	-38,16	-19,44
2	67,73	1,42	"	1.348,57	"	47,04	-6,456	18,836	109,14	-4,2741	-105,23	-111,68	-157,96	-80,92	-36,04	-17,20
3	64,80	2,38	"	1.290,23	"	135,38	-5,894	19,015	322,2	-6,7545	-106,24	-112,13	-264,76	-129,38	-32,93	-13,91
4	61,85	3,22	"	1.231,50	"	194,11	-5,356	19,174	625,0	-6,1894	-107,13	-112,49	-358,20	-164,09	-29,92	-10,75
5	58,90	4,02	"	1.172,76	"	252,85	-4,799	19,334	1.016,5	-5,5918	-108,02	-112,82	-447,19	-194,34	-26,81	-7,48
6	55,88	4,72	"	1.112,63	"	312,98	-4,201	19,473	1.477,3	-4,9836	-108,79	-112,99	-525,06	-212,08	-23,47	-4,00
7	52,44	5,40	"	1.044,15	"	381,48	-3,524	19,592	2.060,0	-4,2651	-109,46	-112,98	-600,71	-219,23	-19,69	0,10
8	49,04	5,95	"	976,44	"	449,17	-2,827	19,712	2.672,6	-	-110,13	-112,96	-661,89	-212,79	-15,80	3,91
9	45,25	6,41	"	900,98	"	524,63	-2,031	19,811	3.362,9	-	-110,69	-112,72	-713,06	-188,46	-11,35	8,46
10	41,45	6,73	"	825,31	"	600,30	-1,234	19,871	4.040,0	-	-111,02	-112,25	-748,66	-148,36	-6,90	12,97
11	37,66	6,88	"	749,85	"	675,76	-0,434	19,911	4.649,2	-	-111,24	-111,28	-765,34	-89,58	-2,43	17,48
12	33,94	6,88	"	675,78	"	749,83	0,434	19,911	5.158,8	-	-111,24	-110,81	-465,34	-15,51	2,43	22,34
13	30,15	6,73	"	600,32	"	825,29	1,234	19,871	5.554,2	-	-111,02	-109,79	-748,66	76,63	6,90	26,77
14	26,35	6,41	"	524,65	"	900,96	2,031	19,811	5.775,2	-	-110,69	-108,66	-713,06	187,90	11,35	31,16
15	22,56	5,95	"	449,19	"	976,42	2,827	19,712	5.809,7	-	-110,13	-107,30	-661,89	314,53	15,80	35,51
16	19,16	5,40	-3,389	-64,93	956,81	1.021,74	-0,600	-3,335	5.571,4	-726,2	-109,46	-110,06	-600,71	421,03	19,69	16,35
17	15,72	4,72	-4,289	-74,82	167,92	942,44	-10,400	-48,205	4.449,7	-12.337,5	-108,79	-119,19	-525,06	417,68	23,47	-24,74
18	12,70	4,02	-6,689	-70,75	0	770,75	-14,626	-58,929	3.098,4	-17.042,2	-108,02	-122,64	-447,19	323,56	26,81	-32,12
19	9,75	3,22	"	-59,72	"	591,72	-16,325	-58,444	1.905,3	-18.865,2	-107,13	-123,46	-358,20	233,52	29,92	-28,52
20	6,70	2,38	"	-42,69	"	412,69	-17,964	-57,958	982,2	-20.586,7	-106,24	-124,20	-264,76	147,93	32,93	-25,03
21	3,77	1,42	"	-23,87	"	234,87	-19,663	-57,412	333,5	-22.172,0	-105,23	-124,89	-157,96	76,91	36,04	-21,37
22	1,80	0,50	"	-10,24	"	109,24	-20,816	-57,048	54,6	-23.284,8	-104,57	-125,39	-55,62	53,62	38,16	-18,89
										58.992,0	-157.712,0	0,10				

Recepción	y	a	Σy	Σay	Σay
Y_0	19,911	71,60	19,911	1.425,608	1.425,608
F_3	-23,30	20,12	-3,389	-468,716	956,812
F_3	-23,00	18,17	-26,389	-417,910	538,902
F_3	-22,40	16,70	-49,289	-370,982	167,922
F_3	-11,40	14,73	-60,689	-167,922	0

$$X_0 = - \frac{589220.000000 \times 1.366 \times 10^{-14} - 157712.000 \times 10^{-10}}{0.00007221164} = -111.242$$

$$\begin{array}{r} 8.04874520 \\ 9.0157712 \\ \hline 8.03297400 \end{array}$$

EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 11

Oficina Técnica para la Sonda M

Actuando $F_4 =$ tons

Acción	x	y	Σy	$y \Sigma y$	Σay	M_i	$u_i = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y}$	$q_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}$	M_{ix}	$u_i \sigma_x \Delta \phi$	$X_{0 \text{ ext } x}$	N_i	X_{0y}	M_i	$- \text{seu } X_j$	Q_t	
1	69,80	0,50	28,54	1992,09	2,043,45	51,36	-9,789	26,828	25,68	-10,950 x 10 ⁻¹⁰	-133,16	-142,95	-70,83	-19,44	-48,59	-21,76	
2	67,73	1,42	"	1933,01	"	110,44	-9,247	26,999	156,82	-10,4269	-134,01	-143,26	-20,116	-9,972	-45,90	-18,90	
3	64,80	2,38	"	1849,39	"	194,06	-8,448	27,256	461,86	-9,6814	-135,28	-143,48	-33,715	-143,09	-41,93	-14,64	
4	61,85	3,32	"	1765,70	"	272,25	-7,677	27,480	895,97	-8,8765	-136,42	-144,10	-456,14	-177,89	-38,11	-10,63	
5	58,90	4,02	"	1,681,01	"	362,44	-6,878	27,712	1,457,01	-8,0142	-137,55	-144,43	-569,47	-207,03	-34,14	-6,43	
6	55,88	4,72	"	1,594,82	"	448,63	-6,022	27,912	2,117,53	-7,1439	-138,54	-144,56	-668,63	-220,00	-29,89	-1,92	
7	52,44	5,40	"	1,496,64	"	546,81	-5,052	28,083	2,952,77	-6,1144	-139,39	-144,44	-764,96	-218,15	-25,07	3,01	
8	49,04	5,95	"	1,399,60	"	643,85	-4,053	28,255	3,830,91	-4,9353	-140,24	-144,24	-842,47	-198,62	-20,12	8,13	
9	45,75	6,41	"	1,291,44	"	752,01	-2,911	28,397	4,820,38	-3,5799	-140,95	-143,86	-908,63	-156,02	-14,45	13,45	
10	41,45	6,73	"	1,182,98	"	860,47	-1,769	28,483	5,790,96		-141,38	-143,15	-953,37	-92,90	-8,78	19,40	
11	37,66	6,88	"	1,074,82	"	968,63	-0,622	28,540	6,664,17		-141,66	-142,78	-974,61	-5,98	-3,09	25,45	
12	33,94	6,88	"	968,65	"	1,075,80	0,622	28,540	7,404,50		-141,66	-141,04	-974,61	101,19	3,09	31,63	
13	30,15	6,73	"	860,48	"	1,182,98	1,769	28,483	8,095,06	1,409,80	-140,95	-139,80	-908,63	354,85	14,45	25,63	
14	26,35	6,41	11,24	296,17	1,559,05	1,262,88	1,146	11,184	8,095,06	1,409,80	-140,95	-139,80	-908,63	354,85	14,45	25,63	
15	22,55	5,95	-30,56	-689,43	514,93	1,204,36	-4,340	-30,254	7,165,94	-5,284,80	-140,24	-144,58	-842,47	361,89	20,12	-10,13	
16	19,16	5,40	-53,86	-1,031,96	0	1,031,96	-9,533	-52,998	5,572,58	-11,537,80	-139,39	-148,92	-764,96	267,00	25,07	-24,93	
17	15,72	4,72	"	-846,68	"	846,68	-11,364	-52,675	3,996,33	-13,481,00	-138,54	-149,90	-668,63	172,05	29,89	-22,49	
18	12,70	4,02	"	-684,02	"	684,02	-12,980	-52,298	2,749,76	-15,124,30	-137,55	-150,53	-569,47	114,55	34,14	-18,16	
19	9,75	3,22	"	-525,14	"	525,14	-14,488	-51,867	1,690,95	-16,742,30	-136,42	-150,91	-476,14	69,00	38,11	-13,76	
20	6,80	2,38	"	-366,25	"	366,25	-15,943	-51,436	871,68	-18,270,70	-135,28	-151,22	-337,15	29,10	41,93	-9,50	
21	3,84	1,42	"	-208,44	"	208,44	-17,456	-50,952	2,959,88	-19,676,70	-134,01	-151,46	-201,16	7,28	45,90	-5,05	
22	1,80	0,50	"	-96,95	"	96,95	-18,474	-50,628	48,48	-20,665,00	-133,16	-151,63	-70,83	26,12	48,59	-2,03	
											45,023,71	-189,091,8 x 10 ⁻¹⁰					

Design	y	a	Σy	aY	Σay
Y_0	28,54	4,60	28,54	2,043,45	2,043,45
F_{V_1}	-14,30	28,00	11,24	-484,40	1,559,05
F_{V_2}	-19,80	26,00	-8,56	-514,80	1,044,25
F_{V_3}	-22,00	24,06	-30,56	-529,32	514,93
F_{V_4}	-23,30	22,10	-53,86	-514,93	0

$$X_0 = - \frac{45,023,71 \cdot 0,00000 \times 1,366 \times 10^{-14} - 189,091,800 \times 10^{-10}}{0,00000 \cdot 2241164} = -141,659$$

$$\begin{array}{r} 10,248238786 \\ 0,01890918 \\ \hline 10,229329606 \end{array}$$

EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 15

Expensas informativas para la obra N.º

Actuando $F_5 =$ tons.

Acción	y	y	Σy	αΣy	Σαy	Mi	$\sum_{i=1}^n \alpha_i \Sigma y_i$	$\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \Sigma y_i$	Miy	$\sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta \phi$	$X_0 \cos \alpha$	N_t	$X_0 y$	M_t	$-\sum_{i=1}^n \alpha_i X_0$	Q_t
1	69,80	0,50	34,643	2,418,08	2,480,44	62,39	-11,883	32,564	39,2	-13,2923x10 ⁻¹⁰	-135,51	-147,39	-72,08	-9,69	-49,45	-16,89
2	67,73	1,42	"	2,346,37	"	134,10	-11,224	32,772	190,42	-12,6567"	-136,34	-147,59	-204,70	-40,60	-46,71	-13,93
3	64,80	2,38	"	2,244,87	"	235,60	-10,254	33,084	160,73	-11,7511"	-137,67	-147,92	-343,09	-104,49	-42,67	-9,59
4	61,85	3,30	"	2,142,67	"	337,80	-9,319	33,361	108,772	-10,769,0"	-138,82	-148,14	-464,18	-126,38	-38,78	-5,42
5	58,90	4,02	"	2,040,47	"	440,00	-8,349	33,638	176,840	-9,728,3"	-139,97	-148,32	-579,50	-139,50	-34,74	-1,10
6	55,88	4,72	"	1,935,85	"	544,62	-7,310	33,881	257,0,61	-8,671,9"	-140,98	-148,29	-680,41	-135,49	-30,42	3,46
7	52,44	5,40	"	1,816,68	"	663,74	-6,132	34,089	3,584,67	-7,421,6"	-141,85	-147,98	-778,44	-114,65	-25,52	8,57
8	49,04	5,95	"	1,698,89	"	781,58	-4,919	34,297	4,659,40	-5,989,9"	-142,71	-147,63	-857,72	-76,14	-20,17	13,83
9	45,25	6,41	"	1,567,60	"	912,87	-3,534	34,470	5,851,50	-4,346,1"	-143,43	-146,96	-924,03	-11,16	-14,70	19,77
10	41,45	6,73	"	1,435,95	"	1,044,52	-2,148	34,574	7,029,62	-2,649,6"	-143,87	-146,02	-970,16	74,36	-8,94	25,63
11	37,66	6,88	"	1,304,66	"	1,175,81	-0,755	34,643	8,089,57	-933,2"	-144,16	-144,92	-991,49	184,02	-3,14	31,50
12	33,94	6,88	17,043	578,44	1,859,01	1,280,57	0,372	17,043	8,810,32	459,8"	-144,16	-143,39	-994,79	288,78	3,14	20,18
13	30,15	6,73	-25,957	-782,60	440,74	1,223,31	-1,609	-25,905	8,300,18	-1,984,7"	-143,87	-145,48	-970,16	253,15	8,94	-16,96
14	26,35	6,41	-40,657	-1,071,31	0	1,071,31	-4,147	-40,454	6,867,10	-5,100,0"	-143,43	-147,57	-924,03	147,28	14,70	-25,75
15	22,56	5,95	"	-917,22	"	917,22	-5,773	-40,250	5,457,16	-7,029,8"	-142,71	-148,48	-857,72	59,50	20,47	-19,78
16	19,16	5,40	"	-778,99	"	778,99	-4,196	-40,006	4,206,55	-8,709,3"	-141,85	-149,05	-778,44	0,55	25,52	-14,49
17	15,72	4,72	"	-639,13	"	639,13	-2,579	-39,763	3,016,69	-10,177,3"	-140,98	-149,56	-680,41	-41,28	30,42	-9,34
18	12,70	4,02	"	-516,34	"	516,34	-9,798	-39,478	2,075,69	-10,251,4"	-139,97	-149,95	-579,50	-63,16	34,74	-4,74
19	9,75	3,22	"	-396,41	"	396,41	-10,937	-39,153	1,276,44	-12,638,8"	-138,82	-149,76	-464,18	-67,77	38,78	-0,37
20	6,80	2,38	"	-276,47	"	276,47	-12,034	-38,827	658,00	-13,700,9"	-137,67	-149,70	-343,09	-66,62	42,67	3,84
21	3,87	1,42	"	-157,34	"	157,34	-13,173	-38,462	222,42	-14,853,9"	-136,34	-149,54	-204,70	-47,36	46,71	8,25
22	1,80	0,50	"	-73,18	"	73,18	-13,945	-38,218	36,60	-15,999,9"	-135,51	-149,46	-72,08	1,10	49,45	11,23

$\sum_{i=1}^{22} \alpha_i \Sigma y_i = 187,7944 \times 10^{-10}$

Design	y	a	Σy	ay	Σay
Y_0	34,643	7,160	34,643	2,480,44	2,480,44
F_5	-17,60	35,31	17,043	-621,456	1,859,011
F_2	-23,90	33,85	-6,857	-809,015	1,049,996
F_3	-19,10	31,90	-25,957	-609,790	440,706
F_4	-14,70	29,98	-40,657	-400,706	0

$$X_0 = \frac{46342,6900000 \times 1,366 \times 10^{-14} - 187,794,400 \times 10^{-10}}{0,000042211164} = -144,155$$

10,428411454
0,018779440
10,409632014

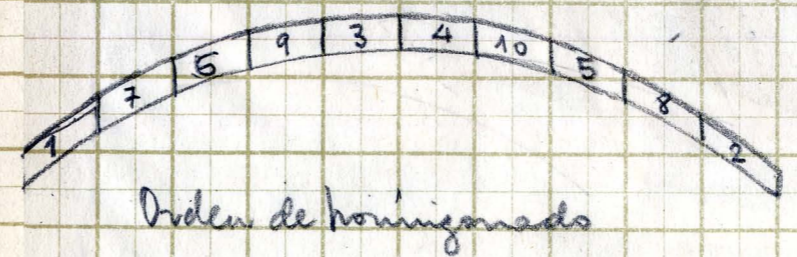
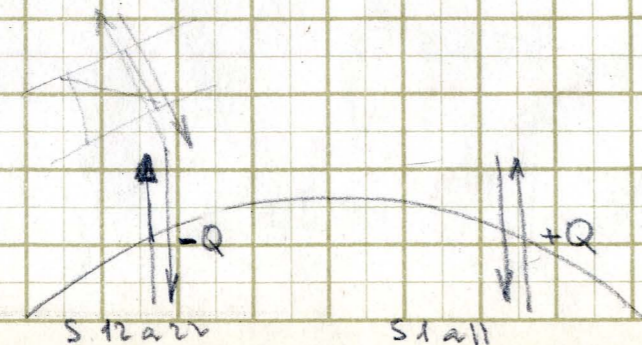
EDUARDO TORROJA. OFICINA TÉCNICA HOJA N.º 16

Refuerzos hiperestáticos para la losa L5

Señales en cada sección durante los distintos
pasos del homogeneado

Sección	Peso propio	M										Peso propio	N										Peso propio	Q										
		P+F ₁	+F ₁	+F ₂	+F ₃	+F ₄	+F ₅	+F ₆	+F ₇	+F ₈	+F ₉		P+F ₁	P+F ₂ +F ₁	+F ₅	+F ₆	+F ₇	+F ₈	+F ₉	+F ₁₀	+F ₁₁	P+F ₁		P+F ₂ +F ₁	+F ₅	+F ₆	+F ₇	+F ₈	+F ₉	+F ₁₀	+F ₁₁			
1	22,4	22,4	124,9	115,2	116,3	169,9	150,1	135,5	219,1	199,6	225,4	-9,2	-12,4	-168,5	-315,9	-465,4	-590,2	-402,2	-443,5	-463,5	-1006,5	-1158,1	1,8	-3,02	48,48	315,9	20,36	39,25	-19,81	6,35	44,15	22,39	24,42	X
2	3,2	-16,8	150,2	49,6	32,2	109,1	28,2	-27,8	127,2	36,5	43,8	-96,5	-12,1	-156,8	-301,4	-453,9	-578,8	-690,5	-762,0	-851,2	-944,5	-1146,0	1,8	-2,52	25,44	11,51	3,26	24,63	4,43	-4,60	34,96	16,06	21,11	X
3	4,0	-25,3	167,4	60,2	-6,4	141,5	12,1	-78,1	202,6	59,5	88,6	-95,1	-119,9	-142,3	-290,2	-439,9	-564,1	-676,7	-748,0	-836,0	-929,3	-1130,9	0,9	-2,76	-13,72	-23,31	-27,15	-2,12	-16,03	-25,96	16,19	1,52	11,02	X
4	13,4	-28,2	132,6	6,2	-61,6	141,9	7,8	-104,8	247,0	99,1	168,1	-94,6	-119,4	-142,1	-290,2	-440,0	-563,5	-676,0	-748,1	-829,1	-923,2	-1124,1	1,6	-1,30	-11,68	-17,10	-16,43	11,49	1,04	-6,86	17,04	6,41	20,17	X
5	14,8	-35,1	94,5	-45,0	-108,2	215,4	81,1	-116,9	247,4	40,4	185,3	-93,5	-118,4	-141,4	-289,4	-439,4	-562,3	-675,1	-747,4	-816,8	-961,2	-1111,4	0,4	-1,48	-11,50	-12,60	-4,86	24,26	16,78	10,97	-6,65	-13,08	5,08	X
6	17,8	-37,7	62,9	-42,9	-114,2	303,5	91,4	-61,1	259,6	39,6	247,4	-93,1	-118,1	-141,4	-289,4	-439,3	-558,5	-671,5	-747,0	-811,5	-956,1	-1106,0	1,4	-0,01	-9,02	-5,56	3,78	28,52	24,52	20,94	-5,68	-7,66	15,13	X
7	20,5	-38,4	32,0	-82,6	-82,0	339,0	119,8	-40,9	190,6	-27,6	239,4	-92,2	-117,2	-140,8	-288,2	-437,9	-548,0	-661,0	-733,5	-801,8	-946,2	-1095,1	0,4	0,15	-8,04	0,53	15,02	-1,33	-1,43	-2,51	-26,77	-23,76	4,17	X
8	22,7	-36,6	4,0	-69,1	-9,6	304,9	92,1	-64,9	84,2	-114,4	247,5	-91,6	-116,6	-140,5	-288,1	-436,6	-543,9	-656,9	-729,4	-798,6	-942,9	-1087,5	0	0,34	-7,02	6,81	26,59	-8,92	-5,01	-3,51	-25,33	-17,20	-7,07	X
9	24,9	-31,0	-13,5	-24,4	128,6	310,5	128,6	-26,2	48,3	-107,4	247,2	-91,1	-116,1	-140,3	-287,3	-434,9	-543,7	-656,4	-728,8	-798,8	-942,7	-1082,5	-0,3	1,05	-5,34	14,43	40,18	9,02	12,48	21,90	2,88	16,83	-8,80	X
10	25,5	-23,5	-28,6	45,8	299,0	375,6	227,2	100,8	107,6	14,7	244,3	-90,8	-115,6	-140,0	-286,0	-431,5	-541,3	-653,6	-725,7	-796,4	-939,6	-1079,2	-0,6	1,45	-3,66	21,97	38,93	12,16	25,13	32,45	16,35	35,95	-1,31	X
11	26,6	-11,4	-35,0	119,0	437,8	422,3	332,7	241,4	194,5	188,5	289,4	-90,4	-115,5	-140,1	-285,0	-428,4	-539,2	-650,5	-722,3	-793,6	-935,9	-1076,9	-1,0	2,35	-2,07	29,43	9,25	-7,09	4,39	14,61	7,27	26,72	-4,91	X
12	26,6	3,0	-35,0	253,8	437,8	348,2	332,7	185,5	194,5	295,4	289,4	-90,7	-115,3	-140,1	-283,5	-428,4	-539,4	-650,5	-721,8	-793,6	-934,6	-1076,9	1,0	5,42	-2,07	28,25	-9,25	-26,73	-4,39	8,95	-1,27	30,36	4,91	-
13	25,5	20,4	-28,6	224,6	299,0	150,6	227,2	230,0	107,6	337,7	244,3	-90,8	-115,7	-140,0	-285,5	-431,5	-543,8	-653,6	-724,3	-796,4	-936,0	-1079,2	0,6	6,01	3,66	-13,30	-38,93	-51,90	-25,13	-8,93	-16,25	21,01	1,31	-
14	24,9	47,4	-13,5	133,8	122,6	-65,9	122,0	196,5	48,3	403,2	247,2	-91,1	-115,3	-140,3	-287,9	-434,9	-547,6	-656,3	-726,3	-798,7	-938,5	-1082,4	0,3	6,69	5,34	-20,41	-40,18	-48,64	-17,48	1,54	-2,88	22,45	8,80	-
15	27,7	66,3	4,0	66,5	-9,6	-222,4	92,1	244,2	84,2	446,1	247,5	-91,6	-115,5	-140,5	-289,0	-436,6	-549,6	-656,9	-726,1	-798,6	-943,2	-1087,5	0	4,36	7,02	-12,76	-26,59	-30,50	5,01	26,83	25,33	15,20	7,07	-
16	20,5	99,9	32,0	32,6	-82,0	-301,2	119,8	351,3	190,6	457,6	239,4	-92,2	-115,8	-140,8	-289,9	-437,9	-550,9	-661,0	-729,3	-801,8	-950,7	-1095,1	-0,4	7,49	8,04	-6,45	-15,02	-14,92	1,43	25,69	26,77	-1,16	-4,17	-
17	17,8	118,4	62,9	21,6	-114,2	-326,3	91,4	412,1	259,6	434,4	217,4	-93,1	-116,4	-141,4	-291,0	-439,3	-552,3	-671,5	-739,0	-811,5	-961,4	-1106,0	-1,4	7,61	9,02	-0,32	-3,78	0,22	-24,52	2,10	5,68	-17,11	-15,13	-
18	14,8	144,4	94,5	31,3	-108,2	-302,5	21,1	415,7	247,4	392,3	185,3	-93,5	-116,5	-141,4	-291,4	-439,4	-552,5	-675,1	-744,5	-816,8	-967,3	-1111,4	-0,4	9,32	11,50	6,48	7,88	15,36	-16,76	0,86	6,67	-11,49	-5,06	-
19	13,4	144,2	132,6	64,8	-61,6	-225,4	7,8	392,6	247,0	346,0	168,1	-94,6	-117,3	-142,1	-291,9	-440,0	-552,5	-676,0	-757,0	-829,1	-980,0	-1124,1	-1,6	8,78	11,68	11,31	16,43	27,48	-1,04	-24,94	-17,04	-30,80	-20,17	-
20	4,0	200,0	167,4	101,1	-6,4	-135,8	12,1	292,8	202,6	237,7	88,6	-95,2	-117,6	-142,3	-292,0	-439,9	-552,0	-676,2	-764,2	-836,0	-987,2	-1130,9	-0,9	10,12	13,72	17,56	27,15	41,04	16,01	-26,14	-16,21	-25,71	-11,04	-
21	3,2	140,2	150,2	102,8	32,7	-48,4	28,2	183,2	127,2	134,5	43,8	-96,5	-132,2	-156,8	-306,3	-453,9	-565,6	-690,5	-777,4	-851,2	-1002,7	-1146,0	-1,8	-29,76	-25,44	-14,19	-3,26	13,94	-4,43	-46,99	-34,96	-40,01	-21,11	-
22	27,7	130,2	124,9	126,0	116,3	96,5	150,1	233,7	219,1	345,2	225,4	-92,2	-114,0	-168,5	-318,0	-465,4	-576,8	-702,2	-787,2	-863,5	-1015,1	-1158,1	-1,8	-53,30	-48,48	-37,25	-20,36	-0,92	-19,81	-57,61	-44,15	-46,18	-24,42	-

1.044,380
1.027,460



Comprobación de secciones

Montantes

Máxima compresión = 57.610 Kgs

$$\sigma = \frac{57.610 \times 1,2}{109,6} = \underline{\underline{630 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

Diagonales

Máxima compresión = 41.040 x 1,57 = 64.500 Kgs

$$\sigma = \frac{64.500 \times 2,2}{136,8} = \underline{\underline{940 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

Baleras

Sección 1

M = 245,2 mtms

N = -1.015,19 tons

$$\sigma = \frac{245,2 \times 100,0}{105,56} + \frac{1015,1}{2,31} = \underline{\underline{675 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

A sobrecarga total = 700 u

Sección 2

M = 183,2

N = -779,7

$$\sigma = \frac{183,2 \times 101}{96,4} + \frac{779,7}{1,11} = \underline{\underline{900 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

A sobrecarga total = 1.070 u

Secciones 3 a 6

X M = 217,7

N = -1.106,0

X M = 437,7

N = -961,4

$$\sigma = \frac{217,7 \times 92}{107,54} + \frac{1.106,0}{1,27} = \underline{\underline{1.085 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

$$\sigma = \frac{437,7 \times 375}{961,4} + \frac{961,4}{1,11} = \underline{\underline{1.160 \text{ u}}}$$

Secciones 7 y 8

$$M = 457,6$$

$$N = -950,4$$

$$M = 217,5$$

$$N = -1.087,5$$

$$\sigma = \frac{457,6 \times 102}{121,2} + \frac{950,4}{1,347} = \underline{\underline{1.085 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

$$\sigma = \frac{217,5 \times 210}{810} + \frac{1.087,5}{1,347} = \underline{\underline{1.020 \text{ n}}}$$

Secciones 9 a 11

$$M = 437,8$$

$$N = -428,4$$

$$M = 289,4$$

$$N = -1.044,0$$

$$\sigma = \frac{437,8 \times 94,6}{132,7} + \frac{428,4}{1,467} = \underline{\underline{602 \text{ Kgs/cm}^2}}$$

$$\sigma = \frac{289,4 \times 205}{730} + \frac{1.044}{1,467} = \underline{\underline{935 \text{ n}}}$$

Nota: las tensiones de trabajo ~~en el acero~~ son el 10% mayores para tener en cuenta el encofrado.

Conclusiones sobre el hormigonado
de los arcos

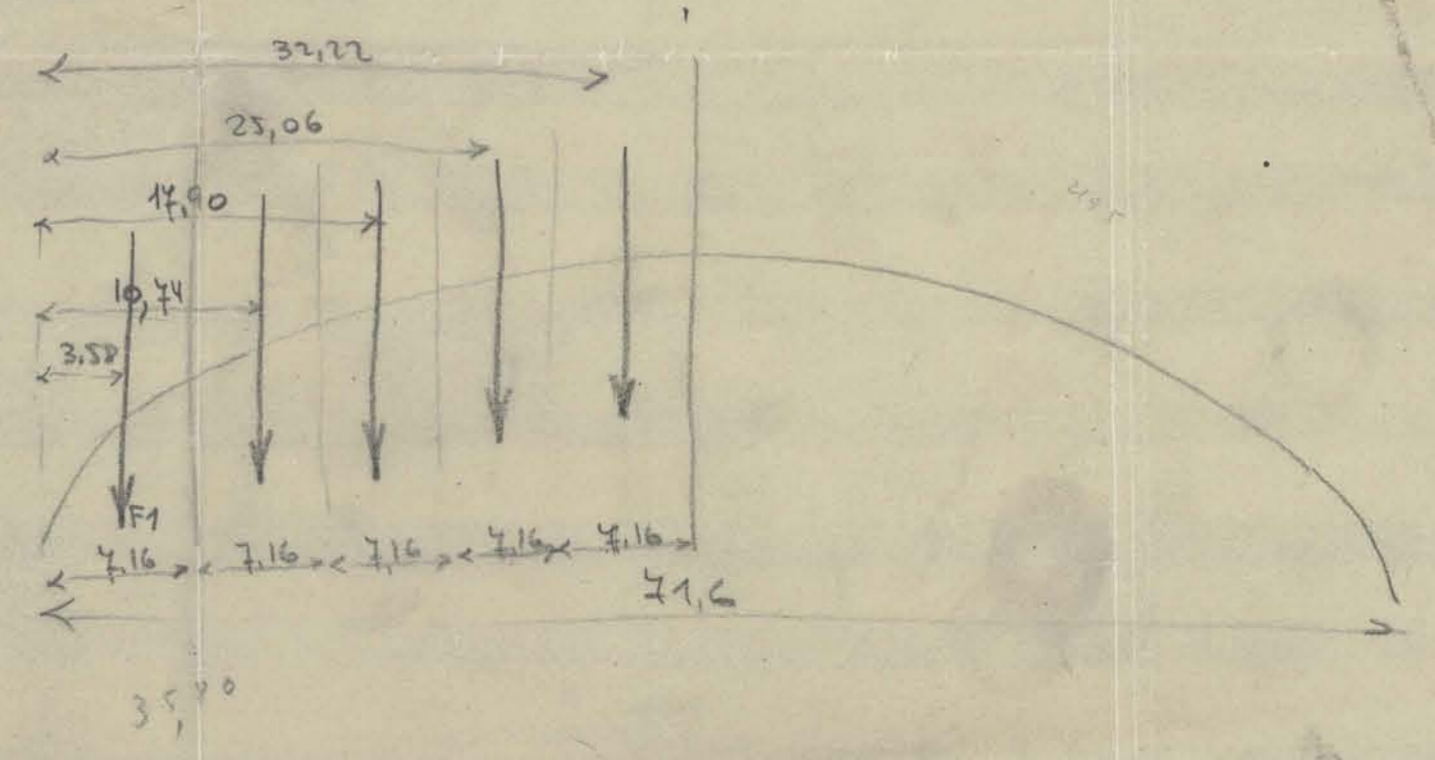
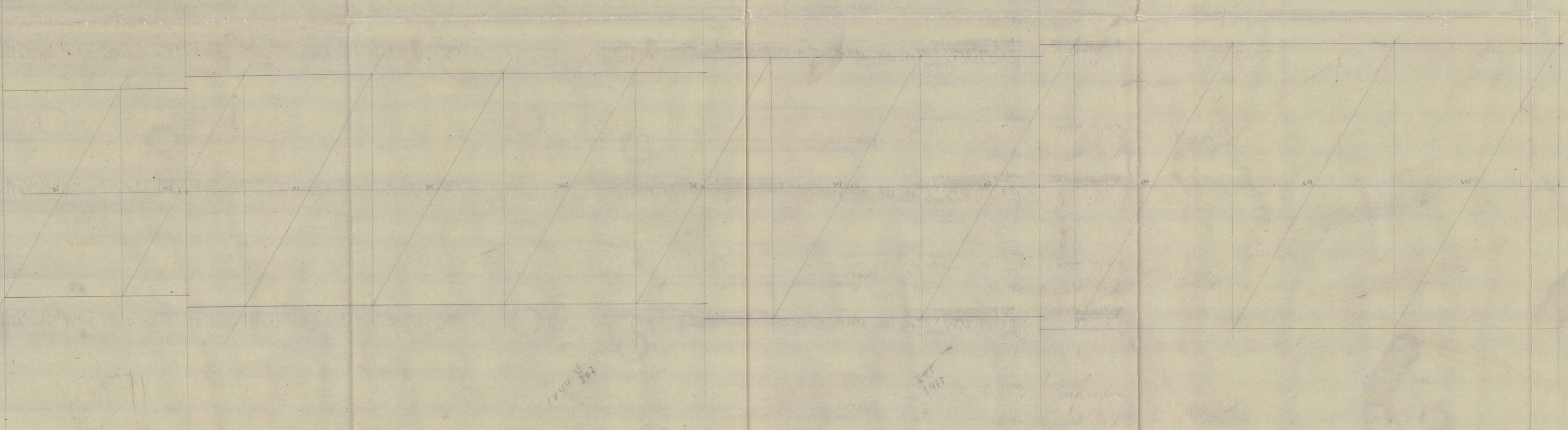
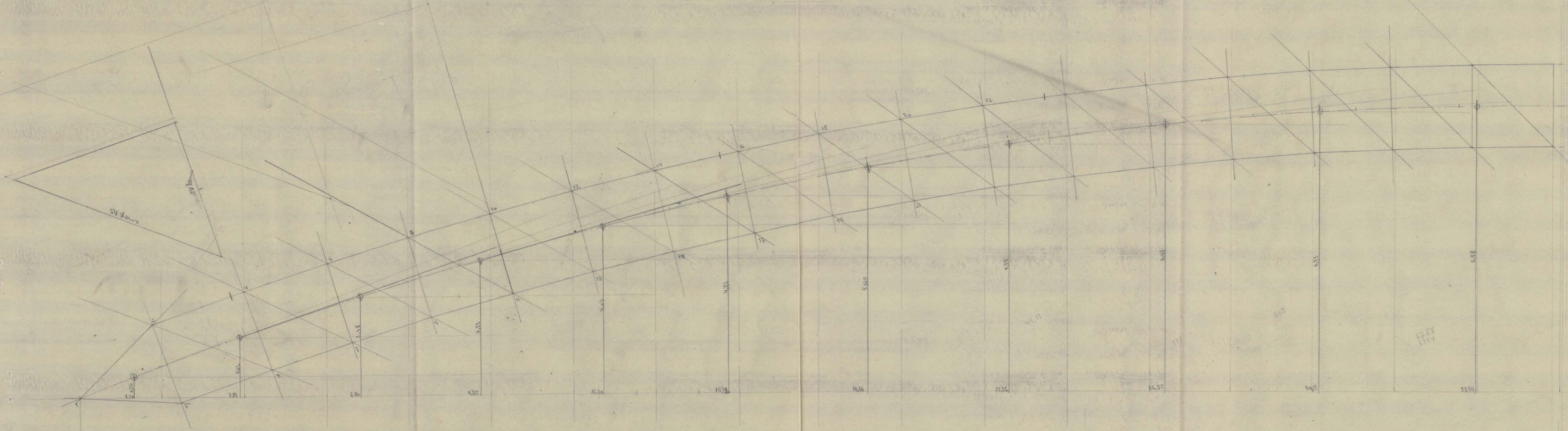
Con el plan de hormigonado establecido se puede ejecutar cuidando de que el encofrado cubra exclusivamente de los nudos del arco metálico.

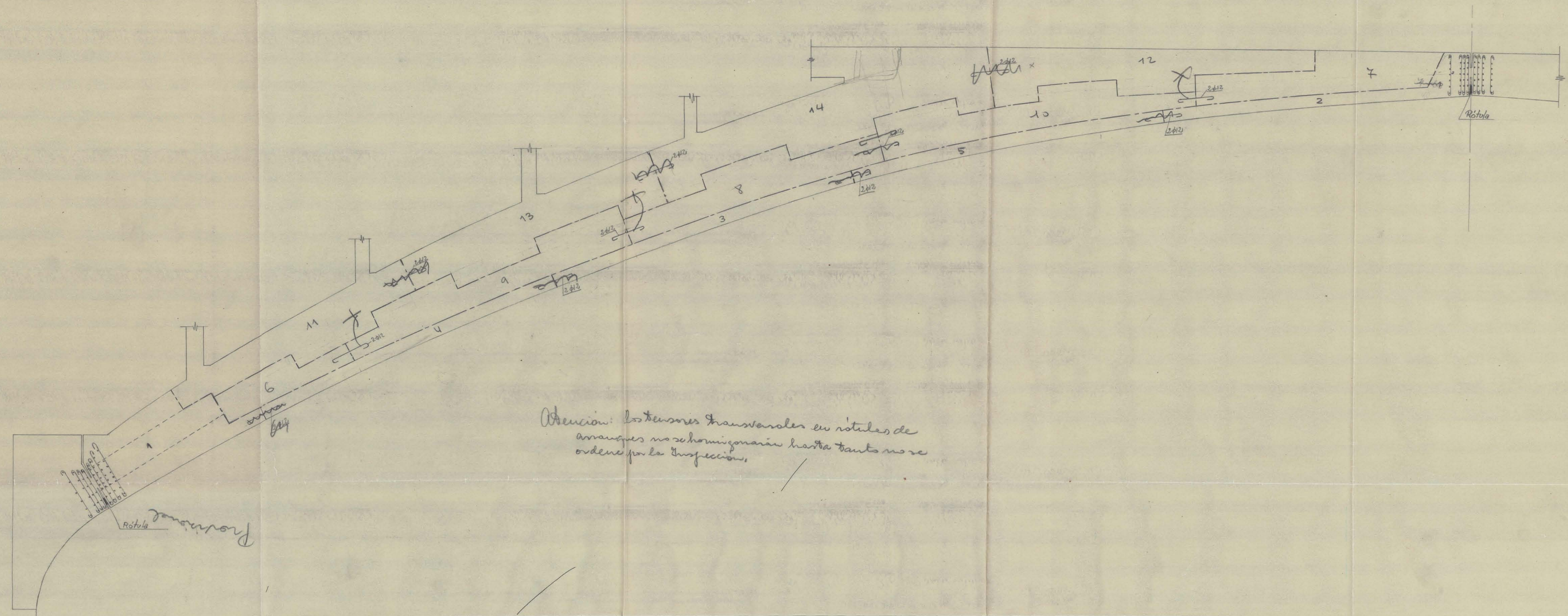
Las tensiones de trabajo en los cables son de 1.260 Kg/cm^2 como máximo; de 1.000 Kg/cm^2 en las diagonales y de 700 Kg/cm^2 en los montantes.

1294625.45

1319
961
625

6189
hot
opt
tohn
cu12
828





Atencion: los sensores transversales en rotulas de anillos no se homogeneizan hasta tanto no se ordene por la Inspeccion.