

EDUARDO TORROJA - OFICINA TÉCNICA

CALCULOS JUSTIFICATIVOS

=====

FECHA Abril de 1948

N.º 666.301

TABLERO DE PISO

VOLADIZO DE ANDEN.-

Las cargas actuantes son:

Sobrecarga: 450 kg/m².

Berandilla: 20 kg/m.l.

Peso propio: 0,09x2.400 = 215 kg/m²

Momento flector en la sección de arranque:

$$M_a = (450+2,15) \times \frac{0,7^2}{2} + 20 \times 0,7 = 177 \text{ mkg/m.l.}$$

Comprobación de la sección:

Ancho: a = 100 cm.

Canto total: d = 10 cm.

" útil : e = 7 "

Armadura de tracción: t = 2,5 cm²

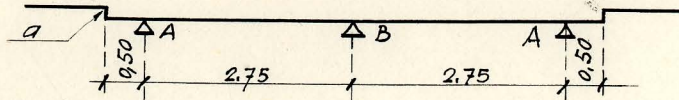
Tensión de trabajo a compresión en el hormigón: H = 29
kg/cm².

Tensión de trabajo a tracción en el acero: A = 1.120
kg/cm².

FORJADO DE CALZADA.-

La sección transversal es la indicada en el esque-

ma siguiente:



Las sobrecargas que marca la Instrucción de Puentes para carretera, son las del tren tipo nº 2, y la carga aislada de 13 ton. Esta última, para que la compresión que produce sobre el hormigón en que apoya sea de 50 kg/cm², ha de estar repartida en un cuadrado de

$$\sqrt{\frac{13.000}{50}} = 16 \text{ cm.}$$

de lado.

Tomando 580 kg/m² para peso propio del forjado entre largueros, los momentos flectores por peso muerto son:

En el arranque A:

$$M_A = - 20 \times 1,25 - (0,09 \times 0,60 \times 0,95 + 0,15 \times 0,12 \times 0,575 + 0,13 \times 0,65^2 + 0,10 \times \frac{0,65^2}{2}) \times 2,400 = - 250 \text{ kg/m.l.}$$

En el centro de AB:

$$M_{AB} = 580 \times \frac{2,75^2}{2} + \frac{M_A + M_B}{2} = 210 \text{ mkg/m.l.}$$

En el arranque B:

$$M_B = - (580 \times \frac{2,75^2}{8} - \frac{250}{2}) = - 420 \text{ mkg/m.l.}$$

Los momentos debidos a la sobrecarga son los siguientes:

En el arranque A, el momento más desfavorable corresponde a la carga aislada de 13 tons, como el nervio longitudinal en línea de bordillo (Punto a del esquema) tiene 25 cm. de canto, la carga anterior puede, holgadamente, considerarse repartida en un ancho de 2,0 m. pues no supone más que ocho veces el canto del nervio; se tiene pues

$$M_A = - \frac{13.000}{2,0} \times (0,5-0,08) = 2.730 \text{ mkg/m.l.}$$

En el centro del vano, la carga de 13 toneladas aplicada en dicho centro y repartida en un ancho igual a los dos tercios de la luz, según ordena la Instrucción para el proyecto de obras de hormigón, da un momento máximo de

$$M_{AB} = \frac{13.000 \times 3}{2 \times 2,75} \times 0,2031 \times 2,75 = 3.950 \text{ mkg/m.l.}$$

En el arranque B, se puede tomar el mismo momento que en el centro, ó sea:

$$M_B = - 3.950 \text{ mkg/m.l.}$$

Los momentos totales y la comprobación de las secciones adoptadas son las indicadas a continuación:

Arranque A.

$$M = - (250 + 2.730) = - 2.980 \text{ mkg/m.l.}$$

Ancho: a = 100 cm.

Canto total: d = 23,1 cm.

-Canto útil: c = 19,1 "

Armadura de tracción: t = 15 cm².

Tensión de trabajo a compresión en el hormigón:

$$H = 49$$

Tensión de trabajo a tracción en el acero A = - 1.180

Centro de AB

$$M = 210 + 3.950 = 4.160 \text{ mkg/m.l.}$$

$$a = 110 \text{ cm.}$$

$$d = 25,3 \text{ "}$$

$$c = 21,3 \text{ "}$$

$$t = 19,0 \text{ cm}^2$$

$$H = 49,5$$

$$A = - 1.180$$

Arranque B

$$M = - (420 + 3.950) = - 4.370 \text{ mkg/m.l.}$$

$$a = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 26 \text{ "}$$

$$c = 23 \text{ "}$$

$$t = 18 \text{ "}$$

$$H = 50 \text{ "}$$

$$A = 1.210$$

La carga de 13 ton origina una tensión cortante en el hormigón, de

$$\frac{13.000}{4 \times 21 \times (16 + 4 + 21)} = 3,5 \text{ kg/cm}^2$$

LARGUEROS DE BORDE

Se trata de una viga continua de tres vanos de 6,50 m. de luz cada uno.

Peso muerto del forjado

$$20 + (0,09 \times 0,55 + \frac{0,27}{2} \times 0,05 + 0,15 \times 0,12 + 0,13 \times 0,65 + 0,096 \times \frac{0,475}{2} + 0,175 \times 0,10 + 0,242 \times \frac{2,75}{2}) \times 2.400 + \frac{250 - 420}{2,75} = 1.230 \text{ kg/m.l.}$$

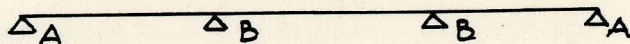
Peso propio de la viga:

$$0,33 \times 0,78 \times 2.400 = 620 \text{ kg/m.l.}$$

Peso muette total

$$1.230 + 620 = 1.850 \text{ kg/m.l.}$$

Momentos flectores por peso muerto:



En el centro de AB

$$M_{AB} = 1.850 \times \frac{6,5^2}{13,3} = 5.900 \text{ mkg.}$$

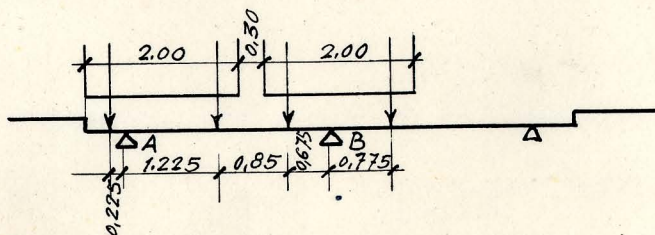
En el arranque B.

$$M_B = - 1.850 \times \frac{6,5^2}{10} = - 7.800 \text{ mkg.}$$

En el centro de BB

$$M_{BB} = 1.850 \times \frac{6,5^2}{40} = 1.960 \text{ mkg.}$$

Las cargas puntuales debidas al tren tipo N° 2 para la posición transversal del esquema (dejando una holgura transversal, entre trenes, de 0,30 metros), resulta de



resulta de

$$3.075 \times \left(1 + \frac{0,675 + 0,85 - 0,422}{2,75}\right) = 4.300 \text{ kg.}$$

Estas cargas actúan simultáneamente con la sobrecarga uniforme de andén, cuyo valor es:

$$450 \times 0,75 \left(1 + \frac{0,875}{2,75} \times \frac{5}{4}\right) = 470 \text{ kg/m.l.}$$

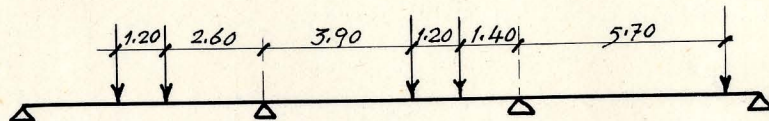
Por otra parte, en lugar del tren tipo nº 2 y de la sobrecarga de andén, puede actuar la carga aislada de 13 ton.

Los momentos flectores por sobrecarga, en cada una de las secciones, son los siguientes:

En el centro de AB, para la carga puntual de 13 ton situada en el centro del vano:

$$M_{AB} = 13.000 \times 0,20 \times 6,5 = 16.900 \text{ mkg.}$$

En el arranque B, para el tren de cargas nº 2 en la posición del esquema, y con sobrecarga de andén en



los dos tramos contiguos al apoyo, se tiene:

$$M_B = - \left(470 \times \frac{6,5^2}{8,5} + 4.300 \times 0,292 \times 6,5\right) = - 10.500 \text{ mkg.}$$

En el centro del vano BB para la carga de 13 ton

$$M_{BB} = 13.000 \times 0,175 \times 6,5 = 14.800 \text{ mkg.}$$

Los momentos totales y la comprobación de las secciones adoptadas son las indicadas a continuación:

Centro de AB.

$$M = 5.900 + 16.900 = 22.800 \text{ mkg.}$$

Ancho de la cabeza de compresión: $a = 200 \text{ cm}$

" del nervio $b = 30 \text{ "}$

Espesor de la cabeza de compresión $e = 21 \text{ "}$

$d = 91 \text{ "}$

$c = 86 \text{ "}$

$t = 25 \text{ cm}^2$

$H = 17,5$

$A = - 1.130$

Arranque B.

$$M = - (7.800 + 10.500) = - 18.300 \text{ mkg.}$$

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

$d = 91 \text{ cm.}$

$c = 86 \text{ "}$

$t = 20 \text{ cm}^2$

$H = 49,5 \text{ "}$

$A = - 1.220$

Centro de BB

$$M = 1.960 + 14.800 = 16.760 \text{ mkg.}$$

$t = 18 \text{ cm}^2.$

$H = 14,6$

$A = - 1.140$

Los esfuerzos portantes máximos son:

En la pieza AB:

$$T_A = 1.850 \times \frac{6,5}{2} - \frac{7.800}{6,5} + 13.000 = 17.800 \text{ kg.}$$

$$T_B = \text{ " " " " " } = 20.200 \text{ "}$$

En la pieza BB:

$$T_B = 1.850 \times \frac{6,5}{2} + 13.000 = 19.000 \text{ kg.}$$

La tensión de trabajo máxima a esfuerzo cortante, corresponde al arranque interior de la pieza AB y vale

$$B = \frac{20.200}{30 \times 75} = 9,0 \text{ kg/cm}^2$$

Esta tensión resulta superior a la admisible en el hormigón, por lo que se disponen las siguientes armaduras:

En la pieza AB; 1 horquilla de 8 mm a 4,9 cm. de separación en el arranque A, a 4,3 cm en el B y a 13,2 cm. en el centro.

En la pieza BB; 1 horquilla de 8 mm a 4,6 cm. en los dos arranques y a 13,2 cm. en el centro.

LARGUERO INTERIOR.-

Peso muerto del forjado

$$0,255 \times 2,75 \times 2,400 + \frac{420-250}{2,75} \times 2 = 1.810 \text{ kg/m.l.}$$

Peso propio de la viga

$$0,35 \times 0,70 \times 2,400 = 590 \text{ kg/m.l.}$$

Peso muerto total:

$$1.810 + 590 = 2.400 \text{ kg/m.l.}$$

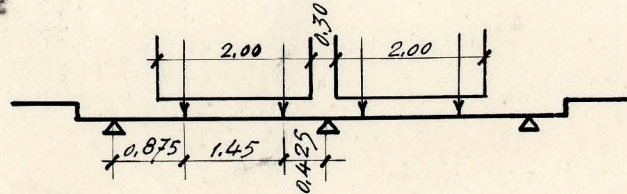
Momento peso muerto:

$$M_{AB} = 2.400 \times \frac{6,5^2}{13,3} = 7.640$$

$$M_B = - 2.400 \times \frac{6,5^2}{10} = - 10.150$$

$$M_{BB} = - \quad " \quad \times \frac{6,5^2}{40} = 2.530$$

Tren nº 2



$$3.075 \times \left(\frac{0,875 + 2,325}{2,75} + 0,13 \right) \times 2 = 8.000 \text{ kg.}$$

Por sobrecarga

$$M_{AB} = 13.000 \times 6,5 \times 0,2 = 16.900 \text{ mkg.}$$

Para igual posición que en el larguero de borde

$$M_B = - 8.000 \times 0,292 \times 6,5 = - 15.200$$

$$M_{BB} = 13.000 \times 0,175 \times 6,5 = 14.800$$

Centro de AB

$$M = 7.640 + 16.900 = 24.540 \text{ mkg.}$$

$$a = 300 \quad b = 35 \quad e = 25$$

$$d = 94 \quad e = 89 \quad t = 26$$

$$H = 14 \quad A = 1.120$$

Arranque B.

$$M = - (10.150 + 15.200) = - 25.350 \text{ mkg.}$$

$$t = 28 \quad H = 52 \quad A = - 1.170$$

Centro de BB

$$M = 2.530 + 14.800 = 17.330 \text{ mkg.}$$

$$t = 18,5 \quad H = 11,3 \quad A = -1,110$$

$$T_A = 2.400 \times \frac{6,5}{2} - \frac{10.150}{6,5} + 8.000 \times (1 + \frac{5,3}{6,5} - 0,045) + 1.200 \times \frac{2,3 \times 1,15}{6,5} = 20.880 \text{ kg.}$$

$$T_B = 2.400 \times \frac{6,5}{2} - \frac{10.150}{6,5} + 8.000 \times (1 + \frac{5,3}{6,5} + 0,10) = 24.670 \text{ kg.}$$

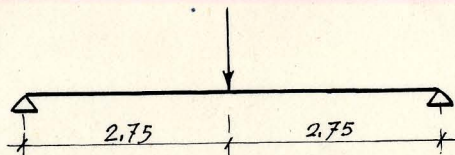
$$T_B = \quad " \quad " \quad + 8.000 \times (1 + \frac{5,3}{6,5} + 0,09) + 1.200 \times \frac{2,3 \times 1,15}{6,5} = 23.520$$

$$\tau = \frac{24.670}{35 \times 11} = 9,2 \text{ kg/cm}^2$$

En AB. 1 horq. ϕ 8 a 4,3 en A, a 3,6 en B y a 10,0 en el centro.

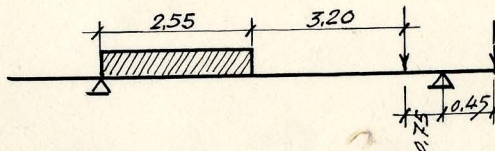
En BB. " " 3,8 en B, y a 10,0 en el centro.

Traviesa en la palizada de clave.-



$$\text{Por peso tablero: } P = [(0,2565 \times 2,75 + 0,35 \times 0,7) \times 2.400 + \frac{420-250}{2,75} \times 2] \times (3,70 - 0,65) = 7.350$$

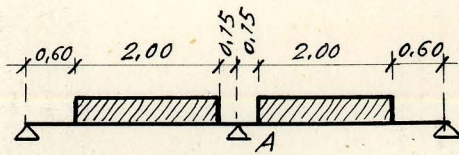
Por tren nº 2



$$8.000 \times (1 + \frac{5,75 + 0,35}{6,50}) + 1.200 \times (2,55 \times \frac{1,275}{6,5} - 0,17) = 15.900$$

$$\text{Peso propio: } 0,25 \times 0,80 \times 2.400 = 480 \text{ kg/m.l.}$$

Sobrecarga a continuación del tren



Sobrecarga: 450 kg/m².

$$R_A = 450 \times (2,0 \times \frac{1,6}{2,75} + 0,0565 \times 2,75) \times 2 = 1.200 \text{ kg/m.l.}$$

$$M_C = 23.250 \times \frac{5,5}{4} + 480 \times \frac{2,2^2}{8} = 33.800 \text{ mkg.}$$

$$T = 11.625 + 1.320 = 12.925 \text{ kg.}$$

$$a = 300 \quad b = 25 \quad e = 25 \quad d_c = 104$$

$$c = 100 \quad t = 29$$

$$H = 15,2 \quad A = 1.220$$

$$= \frac{12.925}{25 \times 95,5} = 5,4 \text{ kg/cm}^2.$$

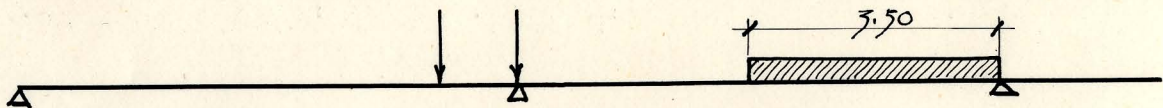
3 estribos \varnothing 8 a 23 centímetros de separación.

Traviesa en las palizadas intermedias:

$$\text{Peso del tablero: } 2.405 \times (6,5 + 0,65) = 17.420 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso propio: } 0,80 \times 0,35 \times 2.400 = 670 \text{ kg/m.l.}$$

Tren nº 2:



$$8.000 \times (1 + \frac{5,3}{6,5} + 0,09) + 1.200 \times (\frac{3,50 \times 1,75}{6,5} - 0,065) = 16.440$$

$$M_C = 33.860 \times \frac{5,5}{4} + 670 \times \frac{2,2^2}{8} = 49.200 \text{ mkg.}$$

$$T = 16.930 + 1.790 = 18.720 \text{ kg.}$$

$$a = 300 \quad b = 35 \quad e = 25 \quad d_c = 104 \quad c = 100$$

EDUARDO TORROJA
OFICINA TÉCNICA

$$t = 46$$

$$H = 18,2$$

$$A = - 1.140$$

$$\tau = \frac{18.720}{94 \times 35} = 5,7 \text{ kg/cm}^2.$$

$$4 \text{ e } 8 \text{ a } 21_c$$

Traviesa en la palizada de arranque

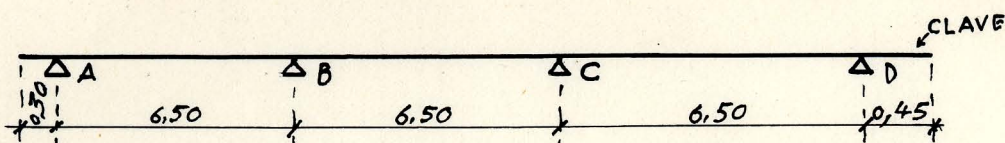
Este elemento no ha de soportar ningún esfuerzo por la triangulación vertical entre palizadas. Por viento

$$H = - 15.700$$

$$40 \times 30 \quad 4 \text{ } \phi 12 \text{ e } 8 \text{ a } 25_c$$

ARCO Y PALIZADA.

Sobrecarga equivalente por zona de 2,00 m: 1.578 kg/m.l. que sumada a la de la acera de 450 Kg/m2 da un total de $450 \times 0,75 + 1.578 = 1.915$ kg/m.l.



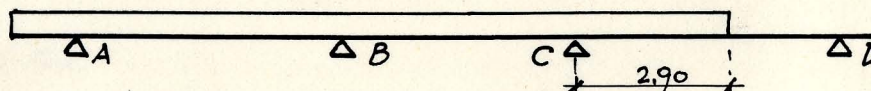
Para sobrecarga total se tiene:

$$R_A = 1.915 \times (3,25 + 0,30 - 0,65) = 5.550 \text{ kg.}$$

$$R_B = R_C = 1.915 \times (6,5 + 0,65) = 13.700 \text{ "}$$

$$R_D = 1.915 \times (3,25 + 0,45 - 0,65) = 5.850 \text{ "}$$

Para sobrecarga en los 2/5 de la luz (16,20 m.)



$$M_B = 1.915 \times 6,5^2 \times 0,109 = 1.915 \times 6,5 \times 0,71$$

$$M_C = \text{"} \times 0,080 = \text{"} \times 0,52$$

$$R_A = 1.915 \times (3,25 + 0,30 - 0,71) = 5.450 \text{ kg.}$$

$$R_B = \text{"} \times (6,5 + 0,90) = 14.150 \text{ kg.}$$

$$R_C = \text{"} \times (6,5 + 0,33) = 13.100 \text{ kg.}$$

$$R_D = \text{"} \times (2,90 \times \frac{1,45}{6,5} - 0,52) = 250 \text{ kg.}$$

El peso muerto rectificado del tablero es, sin tra

viesas, $20 \times 1,341 \times 2.400 = 3.240 \text{ kg/m.l.}$

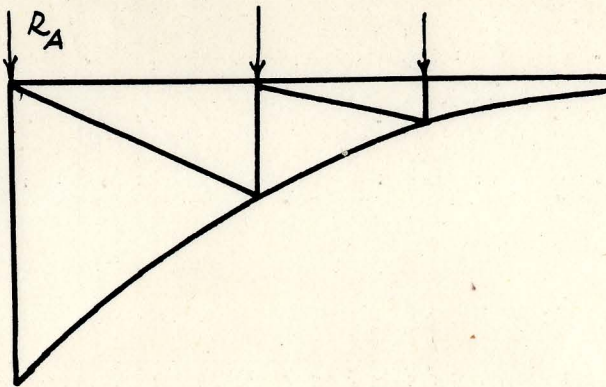
Incluyendo las traviesas se tiene:

$$R_A = 3.240 \times (3,25 + 0,30 - 0,65) + 0,50 \times 0,25 \times 2,375 \times 2.400 = 10.110 \text{ kg}$$

$$R_B = R_C = 3.240 \times (6,5 + 0,65) + 0,80 \times 0,35 \times 2,375 \times 2.400 = 25.100 \text{ kg.}$$

$$R_D = \quad \quad \quad " \times (3,25 + 0,45 - 0,65) + 0,80 \times 0,25 \times 2,375 \times 2.400 = 11.040 \text{ kg}$$

El peso muerto de la palizada y arriestramiento vale



$$R_A = (0,5^2 \times 21,6 + 0,25 \times 0,4 \times 5,8 + 0,3^2 \times 6,4 \times 4 + 0,3^2 \times 2,5 \times 4) \times 2.400 = 22.000 \text{ kg.}$$

$$R_B = (0,5^2 \times 10,0 \times 0,25 \times 0,4 \times 9,1 + 0,5 \times 0,4 \times 2,65) \times 2.400 = 9.450 \text{ kg.}$$

$$R_C = (0,5^2 \times 2,5 + 0,25 \times 0,4 \times 3,3 + 0,5 \times 0,4 \times 0,25 \times 2,85 \times 2,3 \times \frac{2}{3}) \times 2.400 = 6.180 \text{ kg.}$$

$$R_D = 0,25 \times 2,85 \times 2,3 \times \frac{1}{3} \times 2.400 = 1.310 \text{ "}$$

Resumen de pesos muertos de tablero y palizada.

$$R_A = 10.110 + 22.000 = 32.110 \text{ kg.}$$

$$R_B = 25.100 + 9.450 = 34.550 \text{ kg. kg.}$$

$$R_C = 25.100 + 6.180 = 31.280 \text{ kg.}$$

$$R_D = 11.040 + 1.310 = \frac{12.350}{110.290} \text{ kg.}$$

Peso muerto del arco

$$0,80 \times 0,7 \times 2.400 = 1.340 \text{ kg/m.l.}$$

ó sea para cada dovela,

$$\text{Dovela 1} = 1.340 \times 4,80 = 6.430$$

$$2 = \text{ " } \times 4,35 = 5.820$$

$$3 = \text{ " } \times 4,00 = 5.360$$

$$4 = \text{ " } \times 3,55 = 4.750$$

$$5 = \text{ " } \times 3,25 = 4.350$$

$$6 = \text{ " } \times 2,85 = 3.820$$

$$7 = \text{ " } \times 2,60 = 3.480$$

$$8 = \text{ " } \times 2,30 = 3.080$$

$$9 = \text{ " } \times 2,20 = 2.950$$

$$10 = \text{ " } \times 2,30 = \underline{3.080}$$

43.120 kg.

Para la triangulación, el peso propio del arco da las siguientes cargas:

$$R_A = (6.430 \times 5,80 + 5.820 \times 3,80 + 5.360 \times 1,80) \times \frac{1}{6,50} = 10.650 \text{ kg.}$$

$$R_B = (\text{ " } \times 0,7 + \text{ " } \times 2,70 + \text{ " } \times 4,70 + 4.750 \times 6,3 + 4.350 \times 4,3 + 3.820 \times 2,3 + 3.480 \times 0,3) \times \frac{1}{6,5} = 15.950$$

$$R_C = (4.750 \times 0,2 + 4.350 \times 2,2 + 3.820 \times 4,2 + 3.480 \times 6,2 + 3.080 \times 4,8 + 2.950 \times 3,7 + 3.080 \times 0,675) \times \frac{1}{6,5} = 11.650$$

$$R_D = (3.080 \times 1,7 + 2.950 \times 2,80 + 3.080 \times 5,825) \times \frac{1}{6,5} = 4.850$$

En total por peso muerto

$$R_A = 32.110 + 10.650 = 42.760$$

$$R_B = 34.550 + 15.950 = 50.500$$

$$R_C = 31.280 + 11.680 = 42.960$$

$$R_D = 12.350 + 4.850 = \frac{17.200}{158.410}$$

ESFUERZOS EN EL ARCO.-

De los Anejos nº 1 y 2 se deducen los esfuerzos axiales (en ton) siguientes

Barras	Por peso muerto	Sobrecarga			
		Total	1	4	2/5
1-3	-123,5	-38,6	-19,4	-19,3	-13,5
3-5	- 81,5	-26,8	- 6,50	-19,8	-0,6
5-7	- 57,0	-19,2	7,0	-25,0	13,7
1-2	- 32,11	- 4,00	-12,0	8,00	-14,4
3-4	- 34,55	-13,70	-19,0	5,00	-20,2
5-6	- 33,59	-14,20	-12,0	-2,50	-10,4
2-3	0	- 1,80	7,7	-9,2	10,3
4-5	0	- 0,30	12,2	-11,8	14,4
2-4	0	1,00	4,2	5,0	-5,6
4-6	0	1,30	-15,2	15,6	-18,7
6-7	0	1,30	-15,2	15,70	-18,8

Con estos esfuerzos se procede a continuación a la comprobación de secciones.

Pieza 1-3. Centro

Peso propio: 1.340 kg/m.l.

$$N = - (123,5 + 38,6) = - 162,1 \text{ ton.}$$

$$M = - 162,1 \times 0,20 + 1,34 \times 14,7 \times \frac{6,5}{12} = - 21,7$$

$$d = 80 \quad e = 76 \quad t = u = 19 \text{ cm}^2 = 3 \ 0 \ 20$$

$$E = 50$$

Arranque

$$N = - 162,1$$

$$M = + 162,1 \times 0,20 - 1,34 \times \frac{14,7 + 9,6}{24} \times 6,5 = 23,62$$

Pieza 3-5. Arranque izquierdo.

$$N = - (81,5 + 26,8) = - 108,3$$

$$M = 23,62$$

Centro

$$N = - 108,3$$

$$M = - 108,3 \times 0,2 + 1,34 \times \frac{9,6 \times 6,5}{24} = 19,18$$

Piezas 2-4 y 4-6

$$N = + 15,6 \text{ ton.}$$

$$N = - 18,7 \text{ ton.}$$

La compresión no tiene importancia para el tablero.

La armadura de reparto de la losa es de $12 \ \phi \ 12 = 13,6 \text{ cm}^2$, a la que corresponde una tensión a tracción de

$$A = \frac{15.600}{13.600} = 1.140 \text{ kg/cm}^2.$$

Pieza 2-3

$$N = - 9,2 \text{ ton.}$$

$$N = 7,70 \text{ "}$$

Peso propio = 0,288 ton/m.l.

$$30 \times 40 \quad t = u = 2 \ \phi \ 18 = 5,1$$

$$Lv = 12,1 \quad L = 6,05 \quad kv = 2,5 \quad k = 1,26$$

$$H = 0,3^2 \times 2,4 \times 2,75 \times \frac{6,5}{6} + 0,288 \times 12,1 \times \frac{6,5}{12} = 0,84 \text{ mton}$$

$$H = 15 \times 2,5 \times 37,50 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = \left(\frac{7.700}{2} + \frac{840}{0,35} \right) \times \frac{1}{5,10} = 1.220$$

Pieza 4-5

$$N = - 11,8$$

$$M = 14,4$$

$$25 \times 40 \quad t = u = 2 \text{ } \emptyset \text{ } 25$$

$$L = 7,2$$

$$H = 0,24 \times \frac{7,2 \times 6,5}{10} = 1,12 \text{ mton.}$$

$$K = 1 + \left(0,07 \times \frac{720}{25} - 0,9 \right)^2 = 2,25$$

$$t = u = 2 \text{ } \emptyset \text{ } 25 = 9,8 \text{ cm}^2.$$

$$H = 19,3 \times 2,25 = 43,4 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = \left(\frac{14.400}{2} + \frac{1.120}{0,34} \right) \times \frac{1}{9,80} = 1.080 \text{ kg/cm}^2.$$

Pieza 5-6

$$N = - (33,6 + 14,20) = - 47,8 \text{ ton.}$$

$$50 \times 50$$

$$4 \text{ } \emptyset \text{ } 16$$

$$\Omega_{\text{util}} = 1320$$

$$H = \frac{47800}{1320} = 37 \text{ kg/cm}^2.$$

Pieza 3-4

$$N = - (34,55 + 20,2) = - 54,75$$

50x50

$$4 \text{ } \phi \text{ } 22 \text{ } \Omega = 2.290$$

$$L = 10,2$$

$$k = 1,81$$

$$H = \frac{54.750}{2.290} \times 1,81 = 43$$

Pieza 1-2 (En su parte inferior)

Como palizada del arco: Por pesos muertos: $N = - 32,11$

Por sobrecarga, $N = - 14,40$

Por efecto del viento: $N = \pm 49$ ton.

$$N = - (32,1 + 49,0) = - 81,1 \text{ ton.}$$

$$M = - 32,1 + 49,0 = + 16,9 \quad "$$

$$L_{\text{pandeo}} = 11,6 \text{ m.}$$

$$50 \times 50 \quad 4 \text{ } \phi \text{ } 25 \text{ } \Omega = 2.795$$

$$k = 1 + (0,07 \times \frac{1160}{50} - 0,9)^2 = 1,53$$

$$H = \frac{81.100}{2.795} \times 1,53 = 45$$

$$A = \frac{16.900}{20} = 850 \text{ kg/cm}^2.$$

Rótula de clave:

	Horizontal	Vertical
Peso muerto	-55,0	0
Sobrecarga total	-17,0	0
" $\frac{1}{5}$	- 8,6	9,5
" $\frac{2}{5}$	- 6,0	6,5

Rótula de 70x20

$$H = \frac{72.000}{70 \times 20} = 52 \text{ kg/cm}^2.$$

<u>Rótula de arranque</u>	Vertical	Horizontal
Peso muerto	- 153,5	55,0
Sobrecarga total	- 38,8	17,0

$$M_{\text{máx}} = - 212 \text{ ton.}$$

100 x 20

$$H = \frac{212.000}{100 \times 20} = \underline{\underline{106 \text{ kg/cm}^2.}}$$

En la hipótesis de viento:

$$N = - (153,5 + 69,5) = - 222,0 \text{ Ton.}$$

$$H = \frac{222.000}{100 \times 20} = \underline{\underline{111 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Rejilla:

$$p = \left(\frac{212.000}{2.000} \times 3 - 150 \right) \times \frac{1}{4} = 42 \text{ kg/cm}^2.$$

Separación entre barras = 5 cm. Altura de planos 5 cm.

$$\frac{42 \times 5 \times 5}{2.400} = 0,45 \text{ cm}^2 = 1 \text{ } \phi \text{ 8}$$

Riostras horizontales entre arcos:

$$\text{Peso propio: } 0,50 \times 1,0 \times 2.400 = 1.200 \text{ kg/m.l.}$$

$$L = 5,5$$

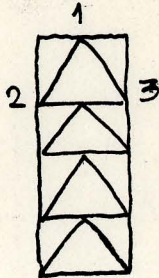
$$M = 1.200 \times \frac{5,5^2}{8} = 4.500 \text{ mkg.}$$

$$a = b = 100 \quad d = 50 \quad c = 47 \quad t = 2 \text{ } \phi \text{ 25}$$

$$T = 1.200 \times 2,4 = 2.900$$

1 cerco ϕ 8 a 16

Arriostramiento entre los dos montantes de la palizada sobre arranques.-



Todas las diagonales

$N = + 18 \text{ ton.} \quad L = 6,5$

$30 \times 30 \quad 4 \text{ } \phi \text{ } 25 \quad k = 1 + (0,07 \times \frac{650}{30} -$

$-0,9)^2 = 1,38$

$H = 0,216 \times \frac{6,5 \times 2,75}{10} = 0,385 \text{ mton.} \quad e = 2,15$

$H = \frac{18.000}{1.190} \times (1 + \frac{6 \times 2,15}{30}) \times 1,38 = 30 \text{ kg/cm}^2.$

$A = (\frac{18.000}{2} + \frac{385}{0,25}) \times \frac{1}{9,8} = 1.080$

Todos los montantes

$N = + 8 \text{ ton.} \quad L = 5,5$

$H = 0,216 \times \frac{2,75^2}{10} = 0,163 \text{ mton.}$

$30 \times 30 \quad 4 \text{ } \phi \text{ } 16$

$k = 1,16 \quad e = 2,05$

$H = \frac{8.000}{1.020} \times (1 + \frac{6 \times 2,05}{30}) \times 1,16 = 13 \text{ kg/cm}^2.$

$A = (4.000 + 650) \times \frac{1}{4} = 1.170$

En las piezas 1-2 y 2-3 via no hay viento se tiene:

1-2 $N = - 13,4$

2-3 $N = + 5,8$

Y si hay viento

1-2 $N = - 31,4 \quad H = 52,0$

2-3 $N = - 6$

Riestra entre piezas 2-3

$25 \times 40 \quad t = u = 2 \text{ } \phi \text{ } 12$

CIMIENTO DE ARCO Y ESTRIBO

Por arco:

$$\text{Carga vertical } P_v = 153,5 + 38,8 = 192,3 \text{ ton.}$$

$$\text{" horizontal } H = 55 + 17 = 72,0$$

Por estribo:

$$P_v = 42,6 + 5,6 = 47,8 \text{ ton.}$$

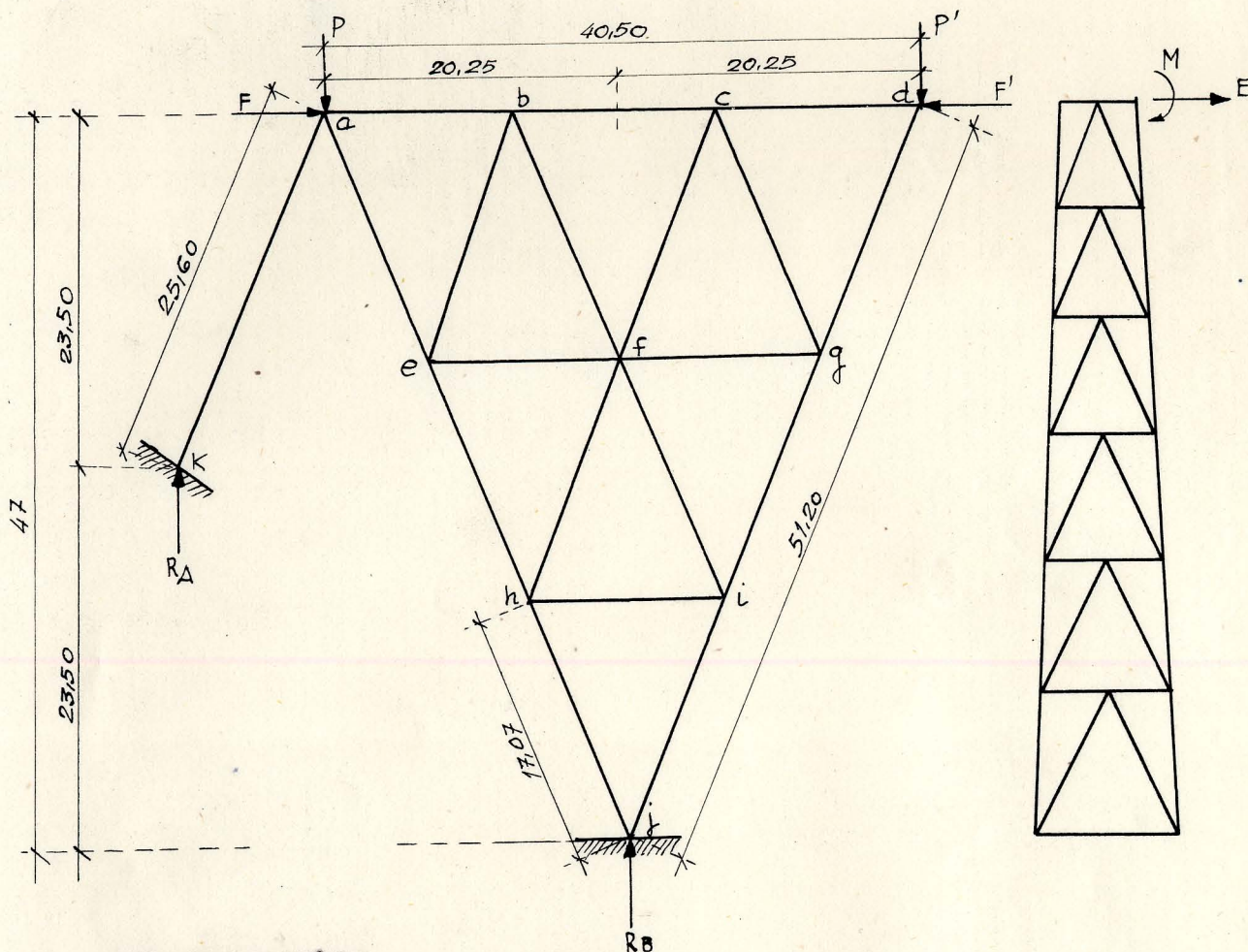
Total: $P = 240,1 \text{ ton.}$

$$H = 72 \text{ ton.}$$

Zapata de $1,00 \times 1,00$

$$\frac{250.000}{10.000} = 25 \text{ kg/cm}^2.$$

TRIANGULOS DE APOYO



Peso muerto:

Tablero, arco y palizadas:

$$P = P' = (43,12 + 110,29) \times 2 = 306,82 \text{ ton.}$$

$$N = (\text{Analíticamente}) \text{ Barra e-j: } \frac{306,82}{47} \times 51,2 = - 334 \text{ ton}$$

$$N = (\quad " \quad) \text{ Barra a-d: } \frac{306,82}{47} \times 20,25 = + 132 \text{ ton}$$

Peso propio de la triangulación.

Las piezas a-j y d-f pesan $1,3 \times 1,3 \times 2,4 = 4,05 \text{ ton/m.l.}$

Barras restantes

$$2,4 \times (0,70 \times 0,3 + 0,25 \times 0,9) = 1,04 \text{ ton/m.l.}$$

Las riostras entre pareja de triangulaciones en dudos
b-c y 7 pesan $\frac{5,5}{2} 0,70 \times 0,7 \times 2,4 = 3,2 \text{ ton.}$

Se tiene:

$$P_a = 4,3 + 4,05 \times \frac{17,07}{2} + 1,04 \times \frac{25,6 + 13,5}{2} = 59,0 \text{ ton.}$$

$$P_b = P_c = 1,04 \times (15,5 + 17,07) + 3,2 = 37,0 \text{ ton.}$$

$$P_d = 4,3 + 4,05 \times \frac{17,07}{2} + 1,04 \times \frac{13,5}{2} = 45,0 \text{ "}$$

$$P_e = P_g = 10,8 + 4,05 \times 17,07 + 1,04 \times \frac{13,5 + 17,07}{2} = 96,0 \text{ ton.}$$

$$P_f = 1,04 \times (17,07 \times 2 + 13,5) + 3,2 = 52,8 \text{ ton.}$$

$$P_h = P_i = 13,2 + 4,05 \times 17,07 + 1,04 \times \frac{13,5 + 17,07}{2} = 98,4 \text{ ton.}$$

$$P_j = 29,6 + 4,05 \times 17,07 = 98,7 \text{ "}$$

$$P_k = 1,04 \times \frac{25,6}{2} = 13,3 \text{ "}$$

$$R_B = (98,4 + 96,0 + 45,0 + 37,0) \times 2 + 98,7 + 52,8 + \frac{14}{3} = 709,0 \text{ "}$$

$$R_A = \frac{14}{3} \times 2 + 13,3 = 22,6 \text{ "}$$

Sobrecarga

1º En todo el primer arco:

$$P = 5,55 + 13,7 + 13,7 + 5,85 = 38,8 \text{ ton.}$$

$$P' = 0$$

$$F = 17,0$$

$$F' = 0$$

2º en todo el 2º arco

$$P = P' = 38,8 \text{ ton.}$$

$$F = F' = - 17,0$$

3ª en todo el 3º arco

$$P = 0$$

$$P' = 38,8 \text{ ton.}$$

$$F = 0$$

$$F' = 17,0$$

4ª En los tres arcos

$$P = P' = 38,8 \times 2 = 77,6 \text{ ton.}$$

$$F = F' = 0$$

Empuje de viento

El empuje de viento en los arcos vale

$$P_a = 15,4 \times 2 = 30,8 \text{ ton.} = 30,8 \text{ ton.}$$

$$P_b = 5,15 \times 2 = 10,3 \text{ "}$$

y en el triángulo

$$P_b = 0,27 \times 1,20 \times (20,25 + \frac{25,6}{2}) + 0,27 \times 1,3 \times 3,0 = 11,75$$

$$P_{b\text{total}} = 10,3 + 11,75 = 22,05$$

$$P_c = 0,27 \times 1,3 \times 6,4 = 2,25$$

$$P_d = \text{"} \quad \times 7,0 = 2,45$$

$$P_e = \text{"} \quad \times 7,7 + 0,27 \times 1,2 \left(\frac{26,5 + 20,25}{2} \right) \times \frac{4,7}{8,1} = 7,10$$

$$P_f = \text{"} \quad \times 8,5 + \text{"} \quad \times \frac{3,4}{8,1} = 6,15$$

$$P_g = \text{"} \quad \times 9,4 = 3,30$$

Refuerzos en el Crumona Anejo nº 3.

(Aún cuando se ha variado la triangulación expuesta al viento no influye casi en los esfuerzos)

Barra h1 y i1:

$$\text{Por peso muerto } N_m = - (334,0 + 345,0) = - 678,0 \text{ ton.}$$

$$\text{Sobrecarga } N_s = - 84,0 \text{ ton.}$$

$$\text{Viento } N_v = \pm 328,0 \text{ "}$$

$$L = 17,07 \text{ m.}$$

$$130 \times 130 \quad t = u = 60 \text{ cm}^2 \quad \Omega = 18.700 \text{ cm}^2 \quad k = 1$$

$$N_{\text{vertical}} = (4,05 + 0,75) \times 17,07 \times \frac{20,25}{3} \times \frac{1}{10} = 55 \text{ mton.}$$

$$H = \frac{678 + 84}{18.700} \times 1.000 = 43 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = \frac{678 + 328}{18.700} \times \left(1 + \frac{6 \times 5,5}{130}\right) = 67 \text{ kg/cm}^2. \quad e = \frac{55}{1.000} = 0,055 \text{ m.}$$

Barras eh y gi:

$$N_h = - (334,0 + 190) = - 524,0 \text{ ton.}$$

$$N_s = - 84,0 \text{ ton.}$$

$$N_v = + 286,0 \text{ "}$$

$$N_{\text{vert.}} = 55 \text{ mton.}$$

Intermedia entre la hj y la ae

Barras ae y dg

$$N_m = - (334,0 + 56,0) = - 390 \text{ ton.}$$

$$N_g = - 84 \text{ ton.}$$

$$N_v = + 209 \text{ "}$$

$$M = 55 \text{ mtons.}$$

Para máxima tracción en el acero:

$$N = 55 \text{ mton.} \quad N = - 390 + 209 = - 181 \text{ ton.}$$

$$130 \times 130 \quad t = u = 60 \text{ cm}^2.$$

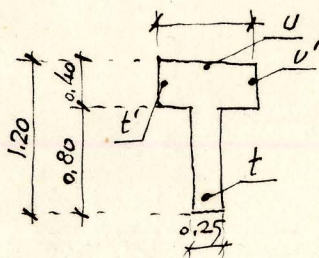
$$A = - 25 \text{ kg/cm}^2.$$

Barras ab, bc y cd

$$N_m = 132 \times 20 = 152 \text{ ton.}$$

$$N_g = 33,6 \text{ ton.}$$

$$N_v = \frac{98}{47} \times 20,25 \pm \frac{103,4}{5,5} = 61 \text{ ton.}$$



$$M_{PP} = - (0,44 + 0,072) \times 2,4 \times \frac{13,2^2}{11} = 20,4 \text{ mton.}$$

$$M_v = 0,324 \times \frac{8^2}{12} = 2,17 \text{ mton.}$$

El hormigón, sin contar tracción está a menos de 50 kg/cm².

$$t = u = 84 \text{ cm}^2. \quad t' = u' = 3$$

Sin viento:

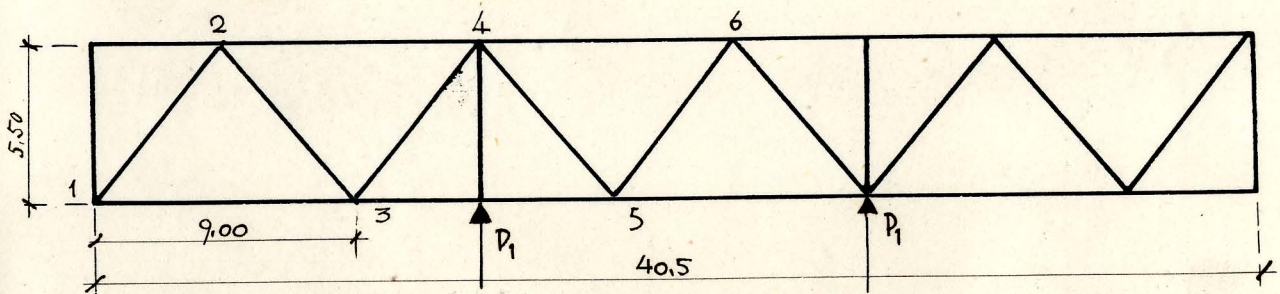
$$A = \left(\frac{185.600}{2} + \frac{20.400}{1,1} \right) \times \frac{1}{84} = 1.200 \text{ kg/cm}^2$$

Con viento:

$$A = \left(\frac{213.000}{2} + 18.500 \right) \times \frac{1}{84} = 1.480 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A' = \frac{2.170}{0,56} \times \frac{1}{3} = 1.300 \text{ kg/cm}^2.$$

Triangulación horizontal en plano ed:



$$P_1 = 0,27 \times 0,6 \times 17 = 2,76 \text{ ton.}$$

$$\text{Por m.l. } 0,27 \times 1,2 = 0,324 \text{ ton/m.l.}$$

Esfuerzo en las cabezas:

$$M_f = \pm \left(2,76 \times \frac{40,5}{3} + 0,324 \times \frac{40,5^2}{6} \right) = \pm 103,4 \text{ mton}$$

Esfuerzos en las diagonales

Barras: 1-2 y 2-3: $\pm (2,76 + 0,324 \times 18) \times \frac{7}{5,5} = \pm 11 \text{ ton.}$

$L = 7,00 \text{ m. } 40 \times 30 \quad t = 9 \quad u = 3 \quad H = 0,29 \times \frac{7^2}{8} = 1,78 \text{ mton}$
 $k = 1,53$

$A = \left(\frac{11.000}{2} + \frac{1780}{0,34} \right) \times \frac{1}{9} = 190 \quad H = 29,5 \times 1,53 = 45$

Barra 3-4 $\pm (2,76 + 0,324 \times 11,25) \times \frac{7}{5,5} = \pm 8,15$

$t = 8 \quad u = 3$

Barra 4-5 y 5-6. $\pm 0,324 \times 9 \times \frac{7}{5,5} = \pm 3,6 \text{ ton.}$

$t = 6 \quad u = 3$

$A = \left(\frac{3.600}{2} + 5.200 \right) \times \frac{1}{6} = 1.170$

Piezas ef y fg.-

$N_m = 58 \text{ ton.} \quad N_v = \pm \frac{69,5}{7} = \pm 10 \text{ ton.}$

$M_{pp} = 20,4 \text{ mton.}$

$M_v = 2,17 \text{ mton.}$

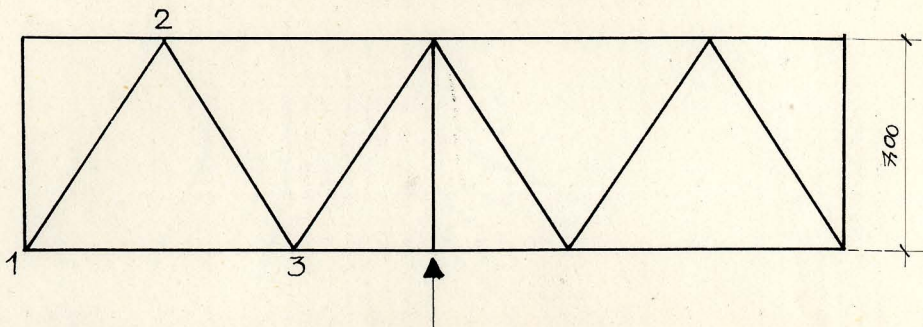
$t = u = 40 \quad t' = u' = 3$

Sin viento: $A = \left(\frac{58.000}{2} + \frac{20.400}{1,1} \right) \times \frac{1}{40} = 1.200$

Con viento: $A = \left(\frac{58.000}{2} + 18.500 \right) \times \quad " \quad = 1.310$

$A' = 1.300$

Triangulación en el plano ef



$$P_v = 0,27 \times (0,6 + 0,7) \times 17 = 5,9 \text{ ton.}$$

$$\text{Por m.l.} = 0,324 \text{ ton/m.l.}$$

Esfuerzos en las cabezas:

$$M_f = \pm (5,9 \times \frac{27}{4} + 0,324 \times \frac{27^2}{8}) = - 69,5 \text{ mton.}$$

Esfuerzos en las diagonales

$$\text{Barras 1-2 y 2-3. } N = \pm (2,95 + 0,324 \times 15,75) \times \frac{8,4}{7} = \pm 9,6 \text{ ton.}$$

$$L = 8,4 \quad M = 0,29 \times \frac{8,4^2}{8} = 2,55 \text{ mton.} \quad k = 2,08$$

$$A = (4.800 + 7.300) \times \frac{1}{10} = 1.200 \quad H = 30 \times 2 = 60 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Barra 3-4} \quad N = \pm 2,95 \times \frac{8,4}{7} = \pm 3,5 \text{ ton.}$$

$$A = (1.750 + 7.300) \times \frac{1}{7} = 1.290.$$

Barra hi

$$N_{hi} = 82 \text{ ton.}$$

$$M_{pp} = 20,4 \text{ mton.}$$

$$M_v = 0,324 \times \frac{13,5^2}{8} = 7,4 \text{ mton.}$$

$$t = u = 50 \quad t' = u' = 10,0$$

$$\text{Sin viento: } A = \left(\frac{82.000}{2} + \frac{20.400}{1,1} \right) \times \frac{1}{50} = 1.200 \text{ kg/cm}^2$$

Con viento: $A = 1.200 \text{ kg/cm}^2$.

$$A' = \frac{7.400}{0,54} \times \frac{1}{10,0} = 1.380 \text{ kg/cm}^2$$

Barras eb - bf - cf y eg

$$60 \times 60 \quad 12 \text{ } \neq \text{ } 25. \quad l = 17,00 \quad k = 2,16$$

$$P.p = 0,86 \text{ ton/m.l.}$$

$$M_{PP} = 0,86 \times 6,75 \times \frac{17}{10} = 9,9 \text{ mton.}$$

$$M_V = 0,6 \times 0,27 \times \frac{17^2}{10} = 4,68 \text{ mton.}$$

$$H = - 20 \text{ ton.}$$

En la hipótesis sin viento sin contar pandeo.
 $a = b = 60 \quad t = u = 20 \text{ cm}^2. \quad e = 5,6 \text{ cm}^2.$
A flexión compuesta. $H = 29,5$

$$A = 530$$

En la hipótesis de viento:

Se comprueba a flexión simple y se suman las tensiones con las anteriores.

$$t = u = 20 \text{ cm}^2. \quad d = 60 \quad e = 56 \quad a = 60$$

$$Ez + 20g - 600 = 0 \quad g = 16,45$$

$$I = 60 \times \frac{16,45^3}{3} = 89.000$$

$$300 \times 12,45^2 = 46.500$$

$$300 \times 39,55^2 = \frac{468.500}{604.000}$$

$$H = 12,8$$

$$A = 460$$

$$\text{Totales: } H = 29,5 + 12,8 = 42,3$$

$$A = 530 + 460 = 990$$

Barras fh y fi.-

70x60 = 17 k = 2,16

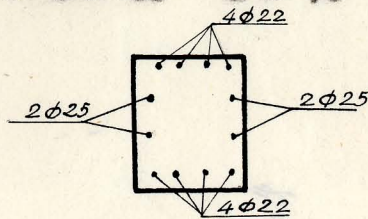
Peso propio = 1 ton/m.l. N = - 80000 kg.

$M_{pp} = 1 \times 6,75 \times \frac{17}{10} = 11,5$ mton.

$M_v = 0,27 \times 0,7 \times \frac{17^2}{10} = 5,45$ mton.

Se comprueba igual que la anterior

a = b = 60 d = 70 c = 66 t = u = 15,2 cm²



A compresión compuesta

H = 36

A = 0

A flexión simple lateral

a = b = 70 d = 60 c = 56 t = u = 2 φ 25 + 2 φ 22 = 17,4

$35 g^2 + 522g - 15.660 = 0$ g = 15,0

$I = 70 \times \frac{15,0^3}{3} = 79.000$

H = 15,0

$261 \times II^2 = 31.500$

A = 610

$261 \times 4I^2 = \underline{438.500}$

549.000
=====

TOTALES:

H = 36 + 15 = 51,0
=====

A = + 610,0
=====

ARRIOTRAMIENTO ENTRE PATAS.-

Barra	Esfuerzo en ton.
0-1	31,0
0,2	131,0
1-2 +	45,0
2-3 "	20,0
2-4 "	170,0
3-4 "	44,0
4-5	20,0
4-6	210,0
5-6	42,0
6-7	24,0
6-8	246,0
7-8	45,0
8-9	24,0
8-10	286,0
9-10	48,0
10-11	23,0
10-12	329,0
11-12	47,0
12-13 -	39,0

Los valores de las diagonales se multiplican por $k = 1,09$. Los de las cabezas en 0-2 por $k = 0$ y en 10 -12 por $k = \frac{51}{47} = 1,09$ variando linealmente.

Diagonales 1-2; 3-4 y 5-6

$$L = 8,20 \times 1,09 = 8,9 \text{ m.} \quad H = \pm 42 \times 1,9 = \pm 45,6 \text{ ton.}$$

$$H = 0,48 \times 4,1 \times \frac{8,9}{8} = 2,18 \text{ mton.}$$

$$60 \times 35 \quad k = 1,77 \quad e = 100 \times \frac{2.180}{45.600} = 4,8 \text{ cm.}$$

$$t = u = 20 \text{ cm}^2 \quad = 2.100 + 600 = 2.700$$

$$H = \frac{45.600}{2.700} \times \left(1 + \frac{6 \times 4,8}{60}\right) \times 1,77 = 45 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = \left(\frac{42.000}{2} + \frac{2010}{0,50}\right) \times \frac{1}{20} = 1.250 \text{ kg/cm}^2.$$

Diagonales 7-8; 9-10 y 11-12

$$L = 11,1 \times 1,09 = 12,1 \quad N = \pm 47 \times 1,09 = \pm 51,1 \text{ ton.}$$

$$M = 0,6 \times 5 \times \frac{12,1}{6} = 4,55 \text{ mton.}$$

$$65 \times 45 \quad k = 1,96 \quad e = 8,9 \quad t = u = 25 \text{ cm}^2 \quad \Omega = 3.675$$

$$H = 51$$

$$A = \left(\frac{51.100}{2} + \frac{4550}{0,55}\right) \times \frac{1}{25} = 1.350 \text{ kg/cm}^2.$$

MONTANTES.-

$$N = \pm 23 \text{ ton.}$$

$$M = 0,36 \times \frac{4,5^2}{8} = 0,91 \text{ mton.}$$

$$30 \times 50 \quad t = u = 10 \quad \Omega = 1.800$$

$$L = 9,0 \quad k = 2,44 \quad e = 4$$

$$H = \frac{23.000}{1.800} \times \left(1 + \frac{6 \times 4}{50}\right) \times 2,44 = 46 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \left(\frac{23.000}{2} + \frac{910}{0,40}\right) \times \frac{1}{20} = 1.350$$

Barra 12-13

$$L = 10,0 \text{ m.} \quad N = - 39 \text{ ton.}$$

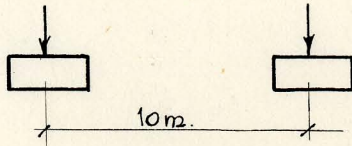
$$M = 0,4 \times 0,6 \times 2.400 \times \frac{10^2}{12} = 4,8 \text{ mton.}$$

$$40 \times 60 \quad K = 1,72$$

$$t = u = 10 \text{ cm}^2.$$

$$H = 30,1 \times 1,72 = 52 \text{ kg/cm}^2.$$

Cimiento



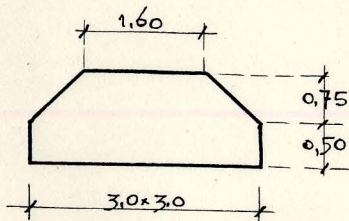
Peso muerto $N = 306,8 \times 2 + 709,0 = - 1.322,6 \text{ Ton.}$

Sobrecarga $N_s = 77,6 \times 2 = - 155,2 \text{ "}$

Viento $N_v = \pm 370 \times 2 = \pm 740 \text{ "}$

Peso propio del cimiento:

$$\left[3^2 \times 0,5 + \frac{0,70}{6} (9 + 2,56 + 4 \times 5,29) \right] \times 2,4 = 20 \text{ ton.}$$

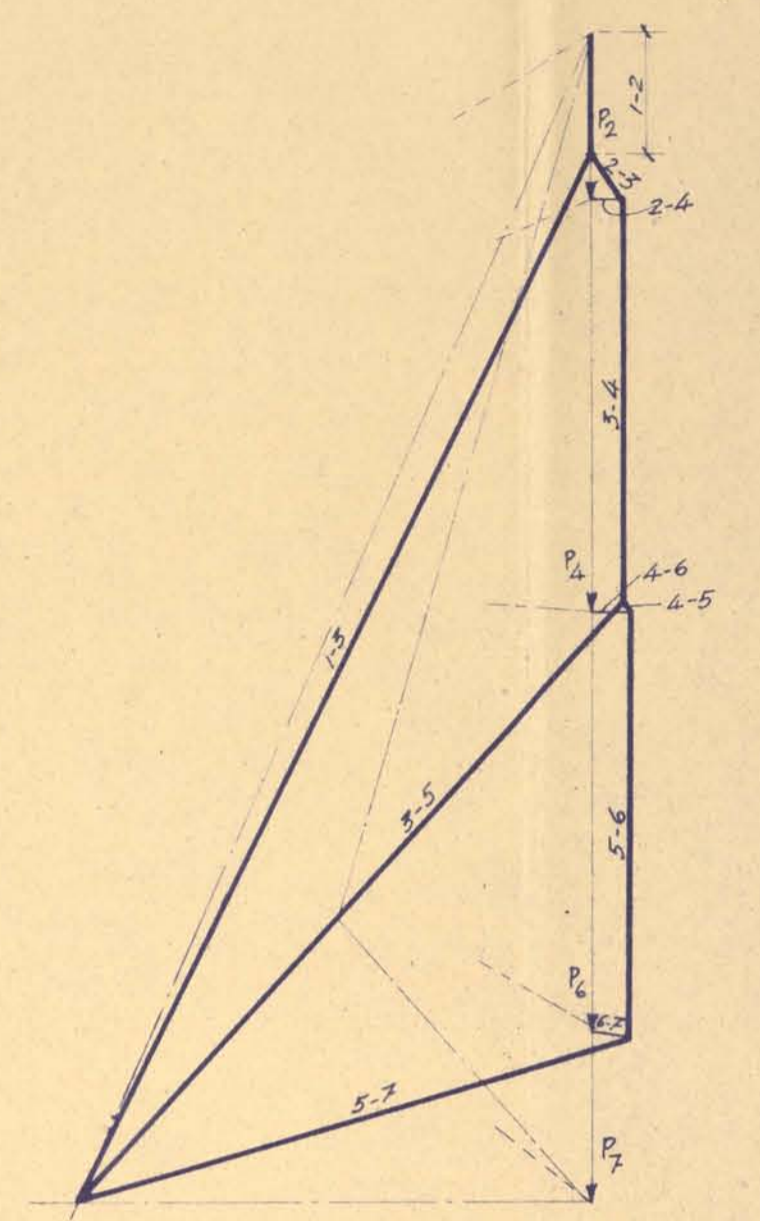


Carga máxima:

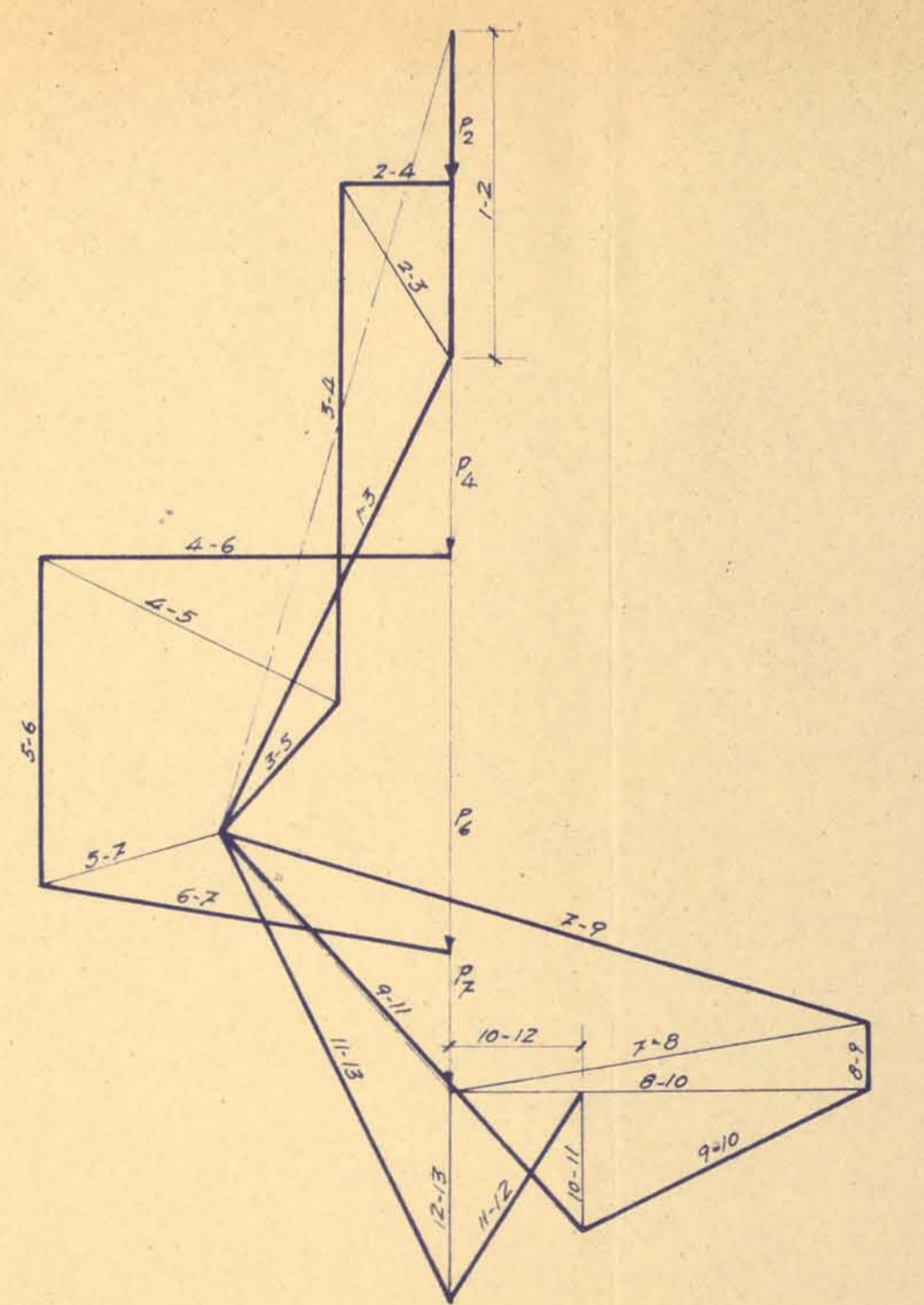
$$1.322,6 + 20 + 740 = 2.082,6 \text{ ton.}$$

$$\sigma = \frac{2.082,600}{300} = 23,20 \text{ kg/cm}^2.$$

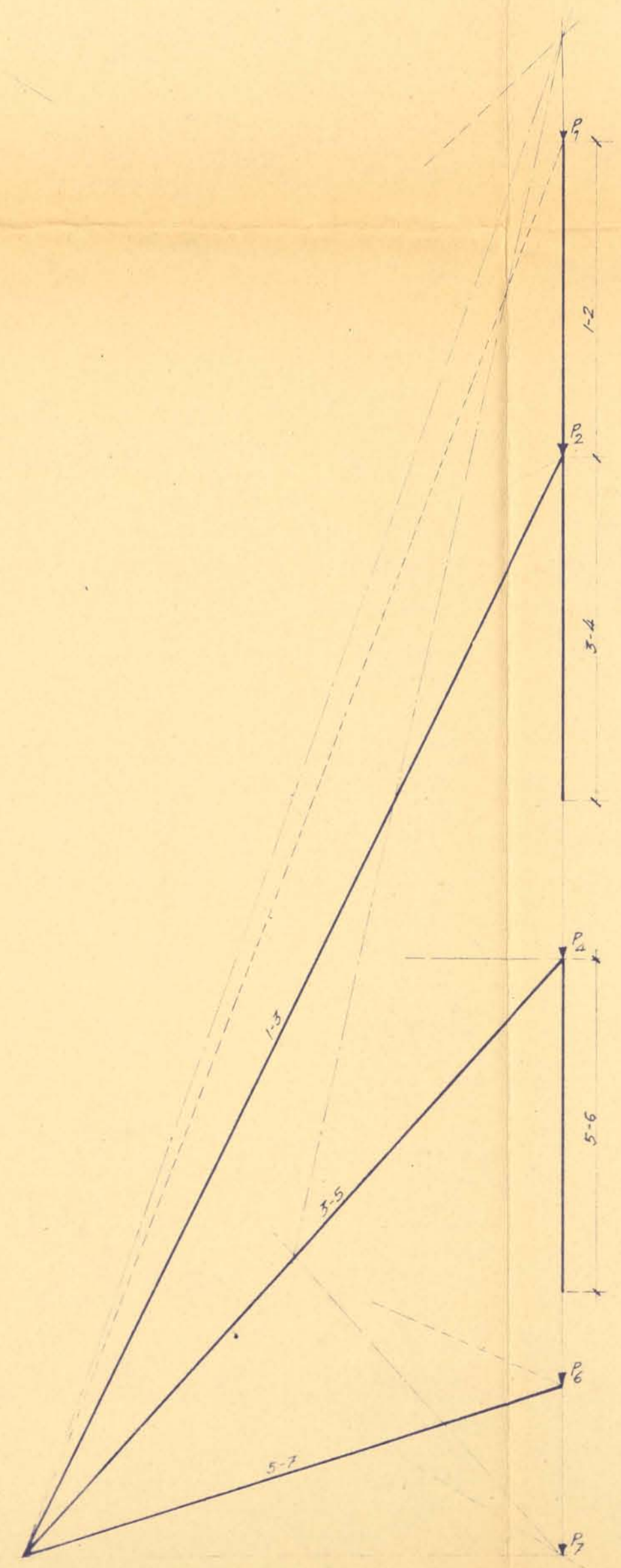
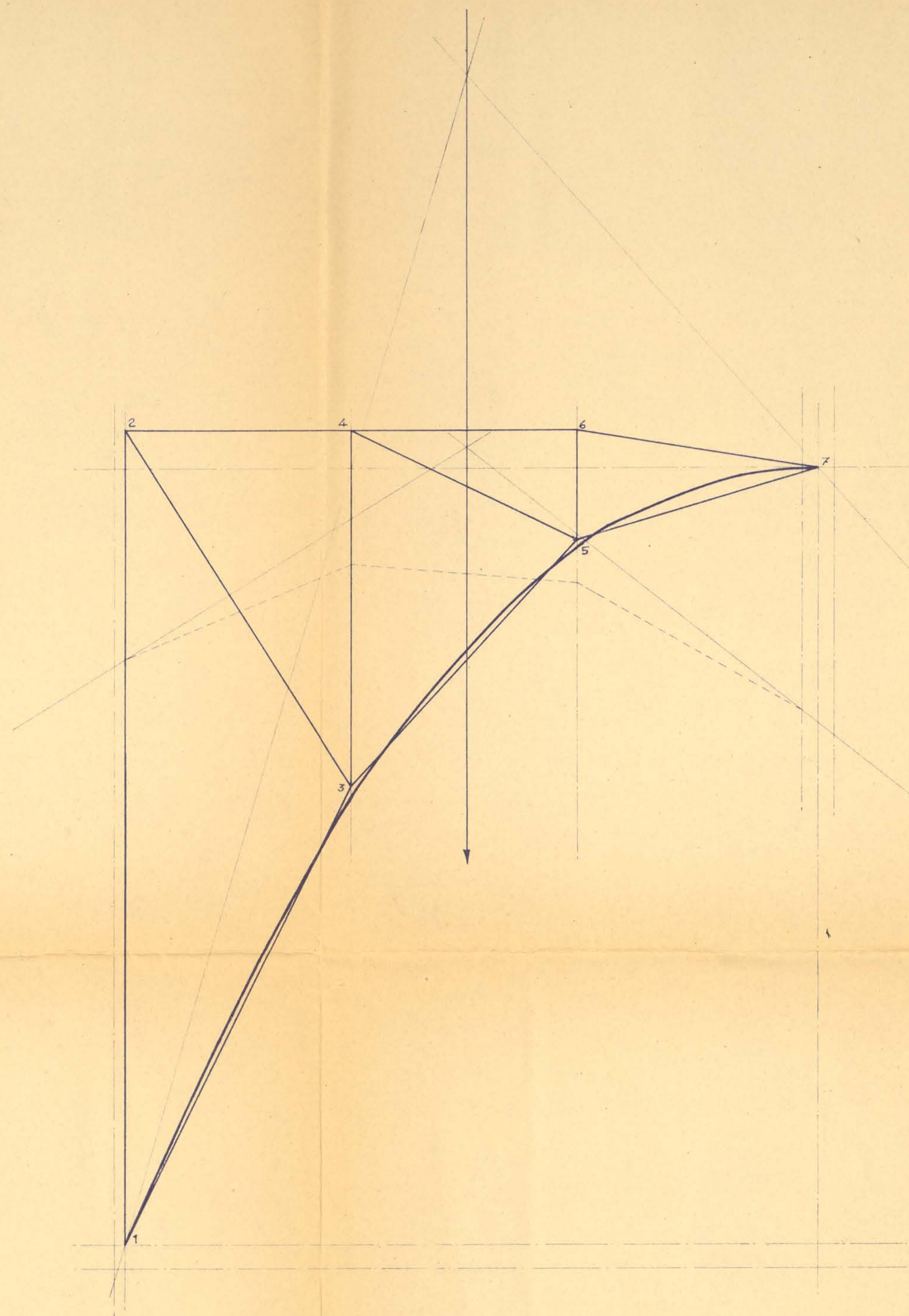
SOBRECARGA TOTAL
ESCALA 2cms = 5 tons.



SOBRECARGA EN MEDIO ARCO
ESCALA 2cms = 5 tons.

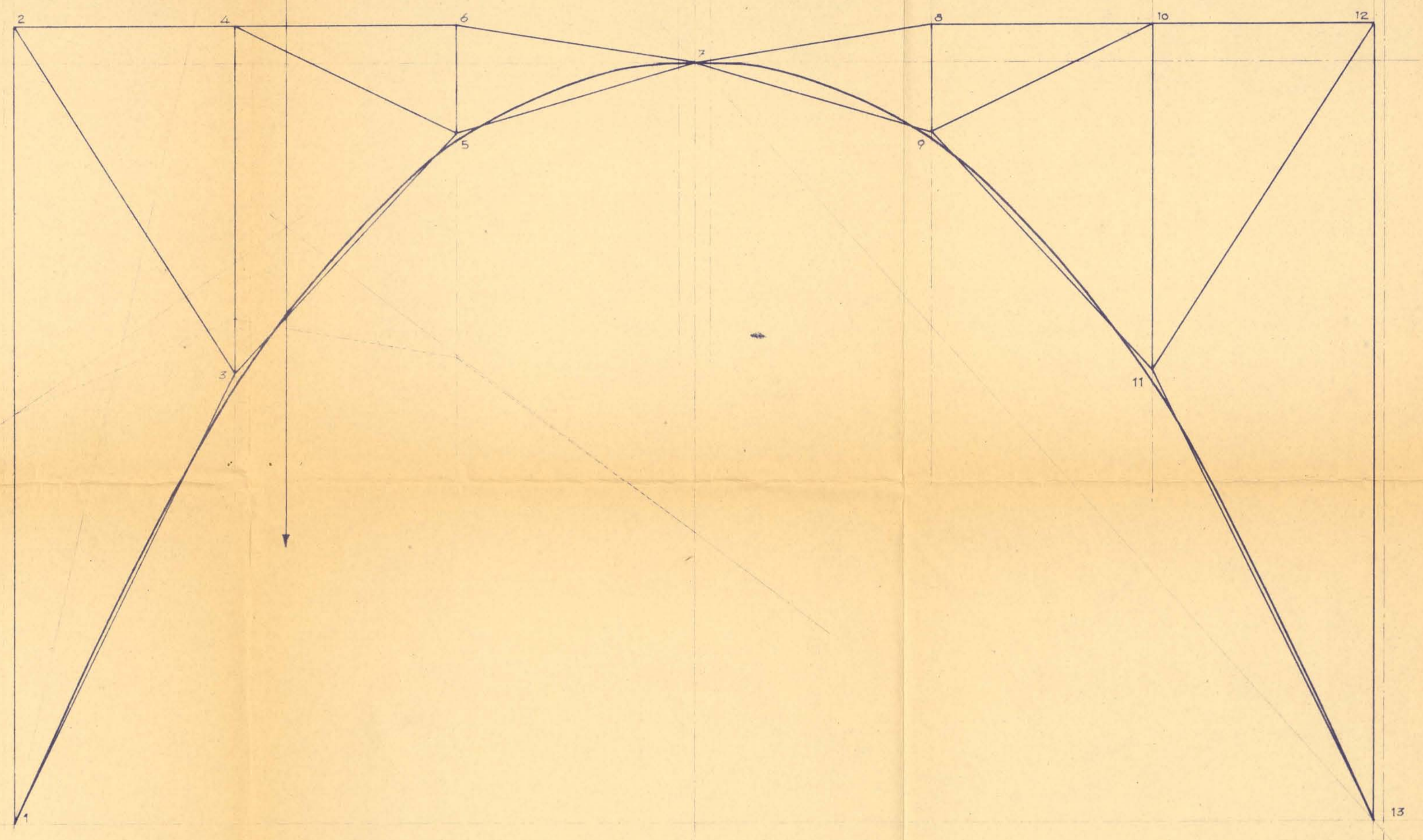


PESO MUERTO
ESCALA 1cm = 5 tons.

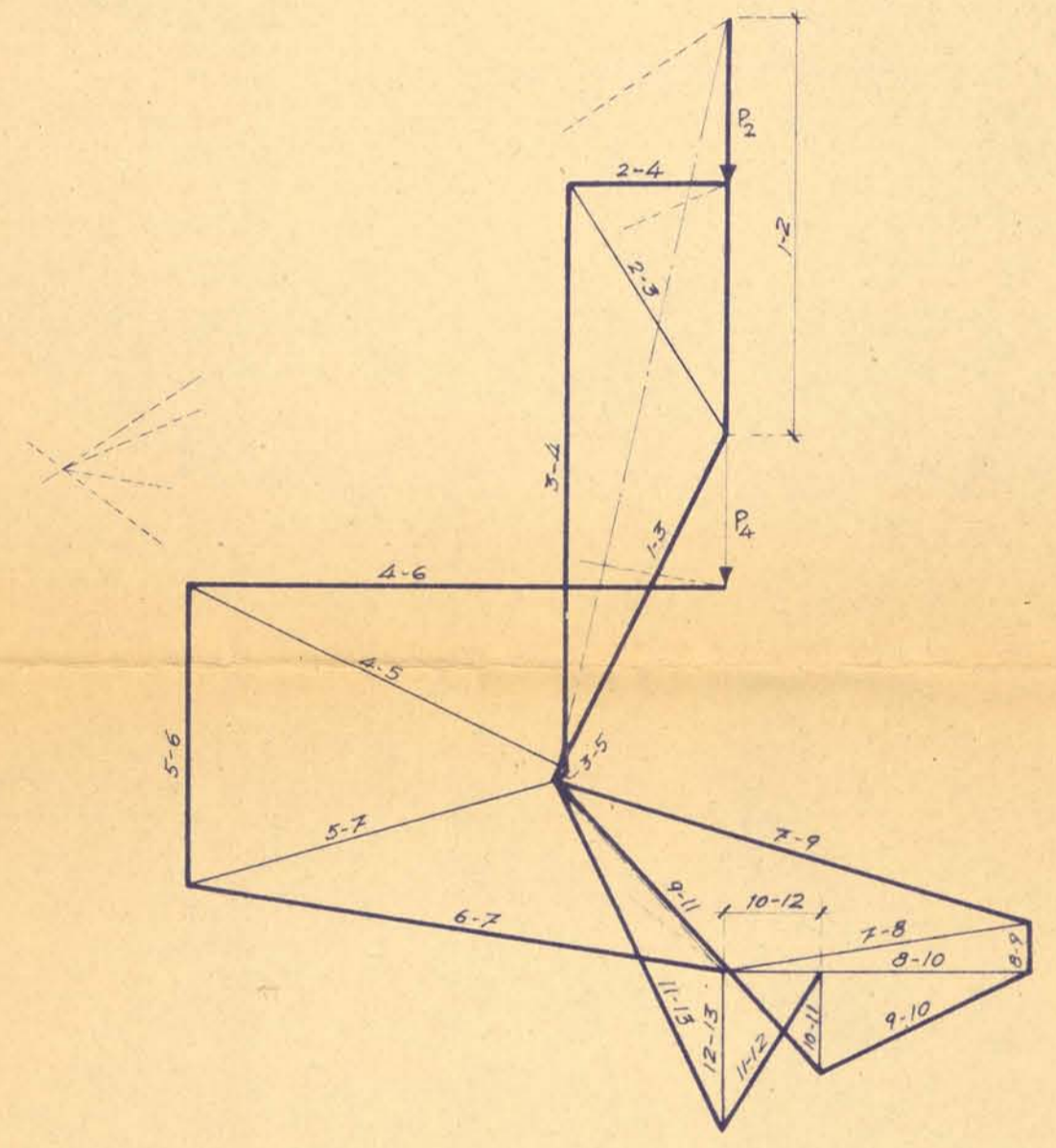


— Tracciones.
— Compresiones.

EDUARDO TORROJA 4 1948 ORD
OFICINA TECNICA N° 666 02
TRAZ DIB COMPTA AL PROC



SOBRECARGA EN LOS 2/5 DEL ARCO
ESCALA 2 cms. = 5 tons.

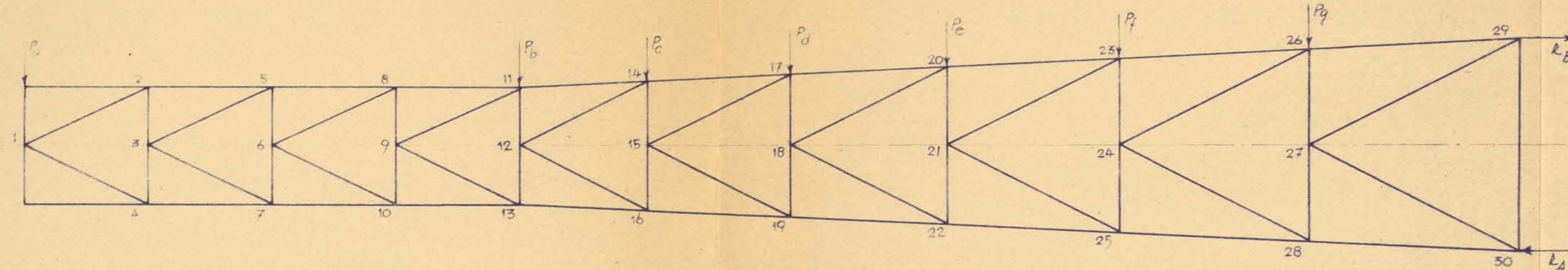


— Tracciones
— Compresiones

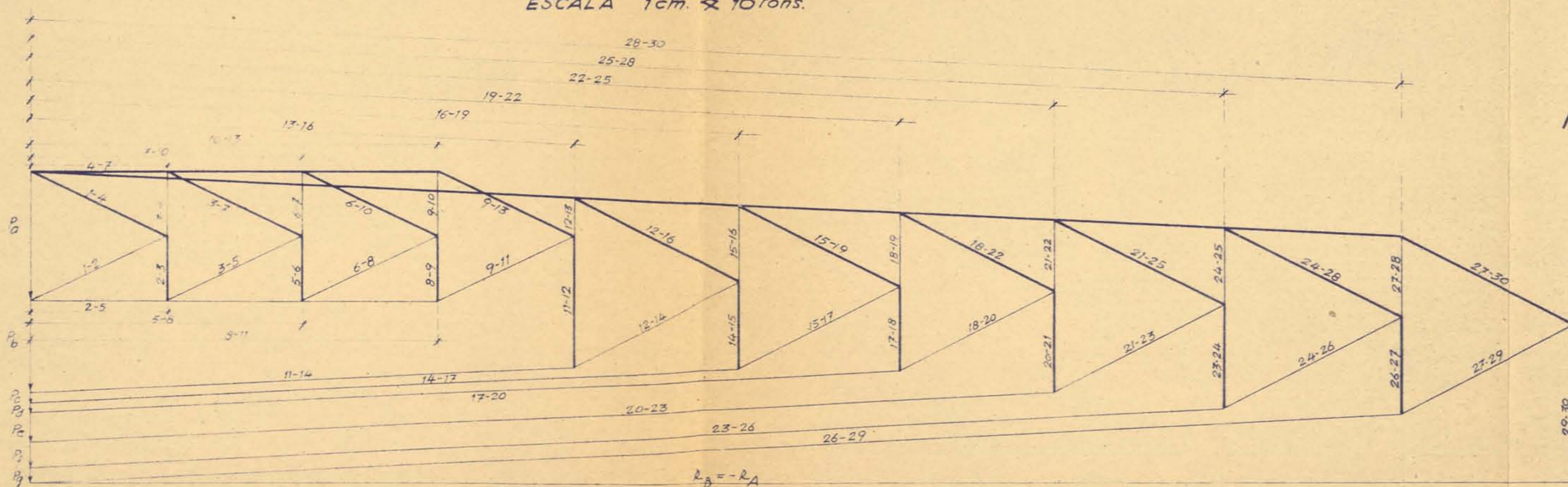
EDUARDO TORROJA / 4 / 1926 ORD. / OFICINA TECNICA Nº 666 / 03
DIB. / TRAZ. / COMP. / ANULA AL. / PROC.

EDUARDO TORROJA 4 194 6 ORD. OFICINA TECNICA N° 666 704 TRAZ. DIB. COMP. ANUAL. PROC.

ARRIOSTRAMIENTO TRANSVERSAL



ESCALA 1cm. \times 10 tons.

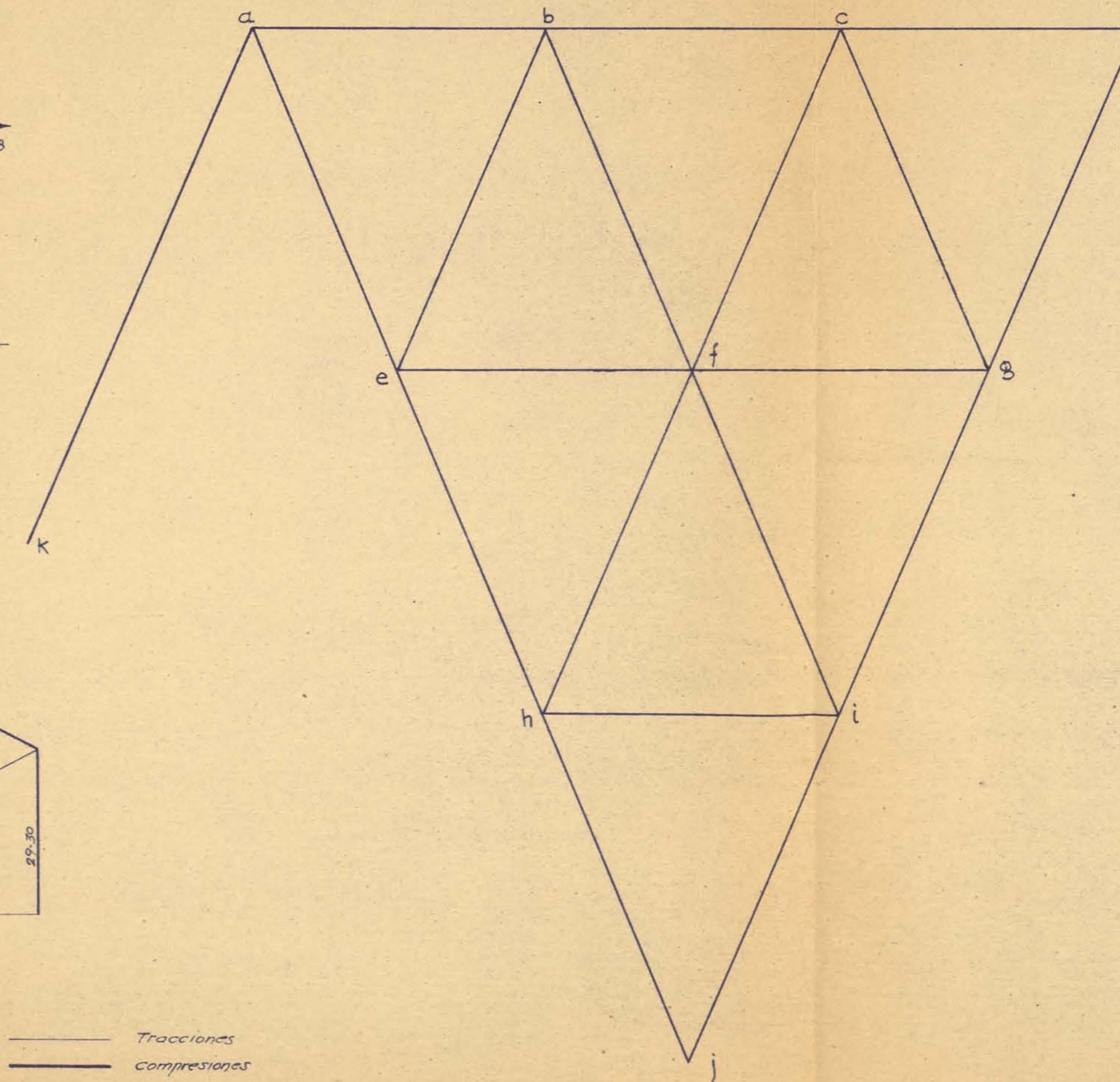


$R_B = -R_A$

Tracciones
Compresiones

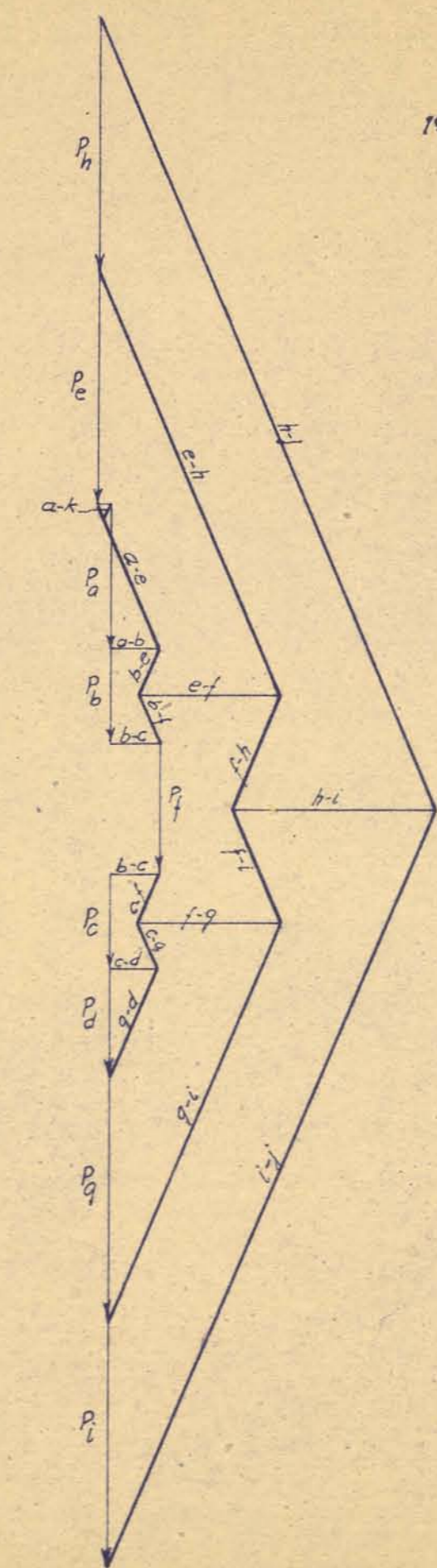
PILA

ESCALA 1:200



PESO MUERTO

ESCALA 1cm \times 25 tons.

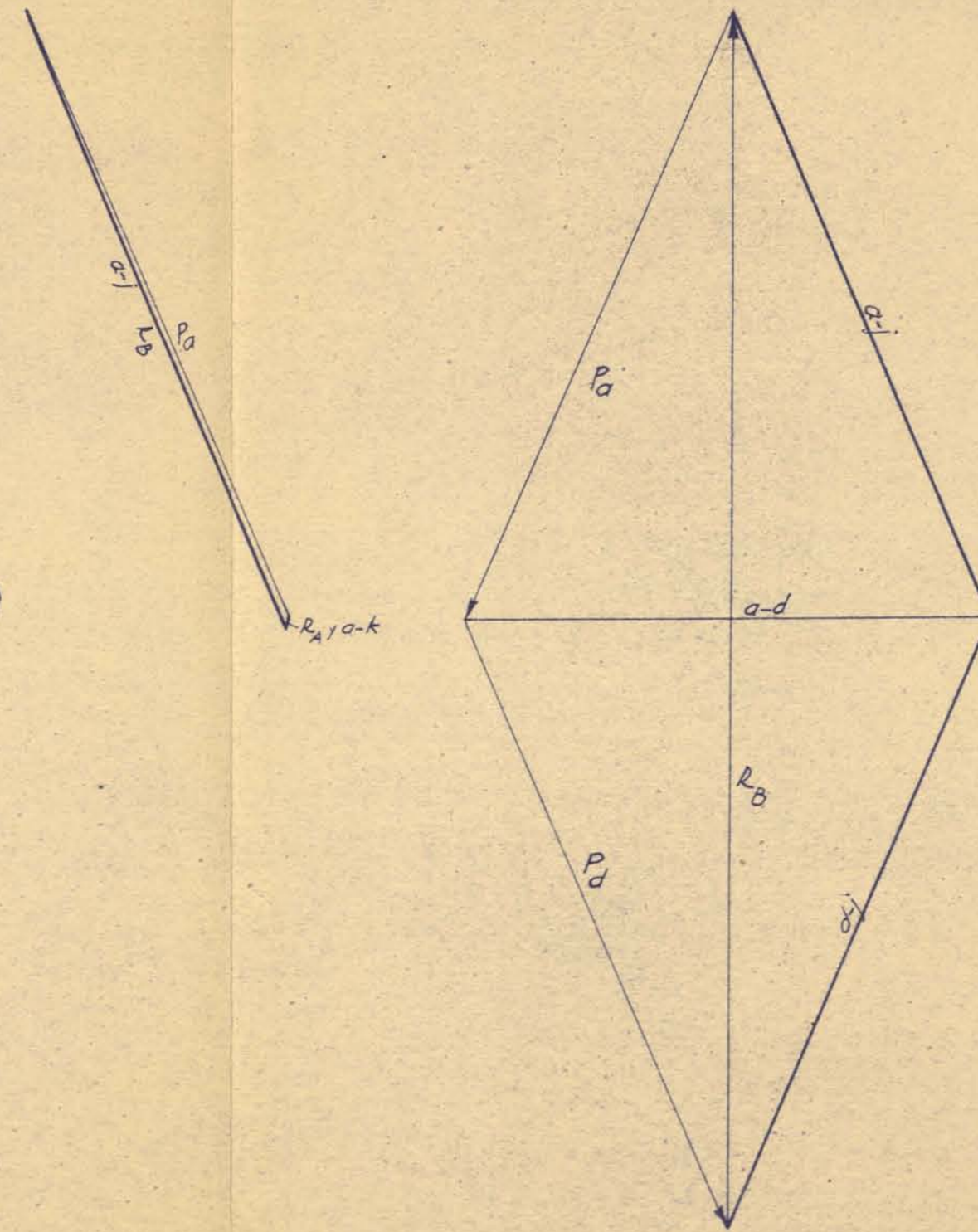


1ª HIPOTESIS

SOBLECARGA

ESCALA 1cm \times 4 tons.

3ª HIPOTESIS



4ª HIPOTESIS

