

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

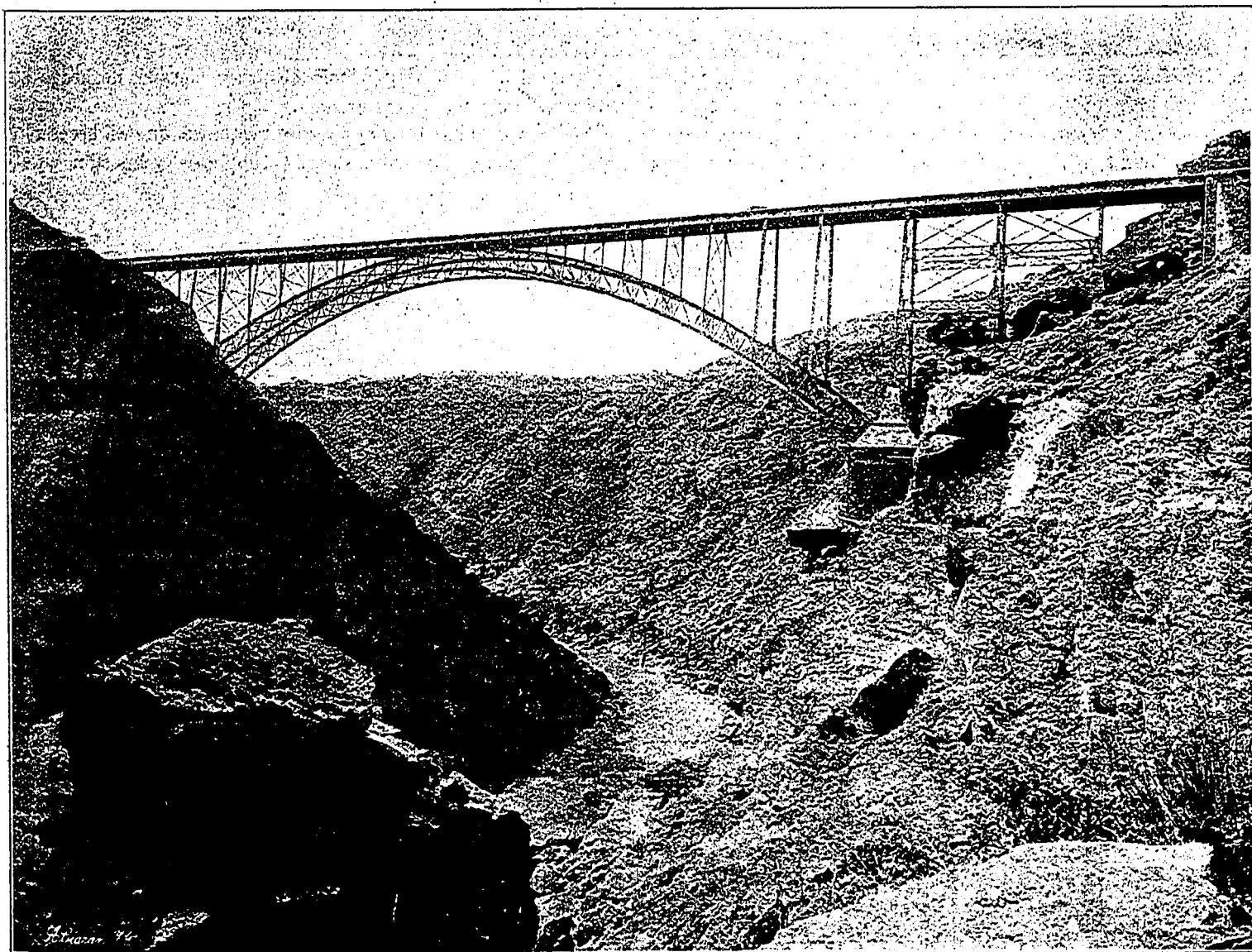
Puente-viaducto de Requejo.

SU MONTAJE

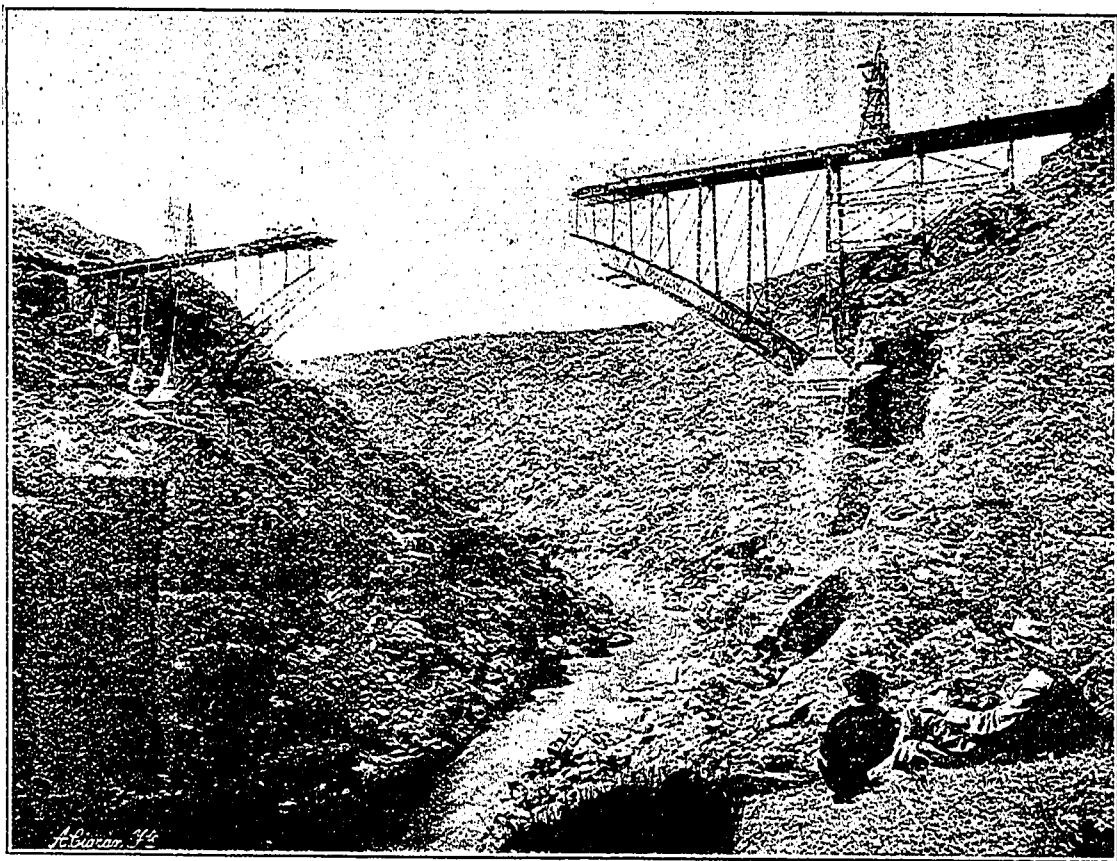
Estudiado este puente por el autor del proyecto, Sr. Ribera, con el detenimiento que la obra requiere, en su libro *Estudio sobre los grandes viaductos*, nada hemos de decir sobre ello puesto que nuestro estudio sería solamente una glosa muy deficiente; por

ello diremos nada más cuatro palabras sobre el montaje, única parte de la obra que el Sr. Ribera no estudia, indicando solamente que el montaje ha de hacerse en voladizo, dada la altura que sobre el río tiene el tablero (90 metros).

El montaje se ha ejecutado colocando, esto es lógico, primeramente los tramos correspondientes á las palizadas de tierra hasta la IV, IV', continuando después el montaje, constituyendo un puente-grúa en cada una de las margenes; este puente-grúa se formó del modo siguiente: la cabeza superior por las vigas que



Puente terminado (10 Julio 1914).

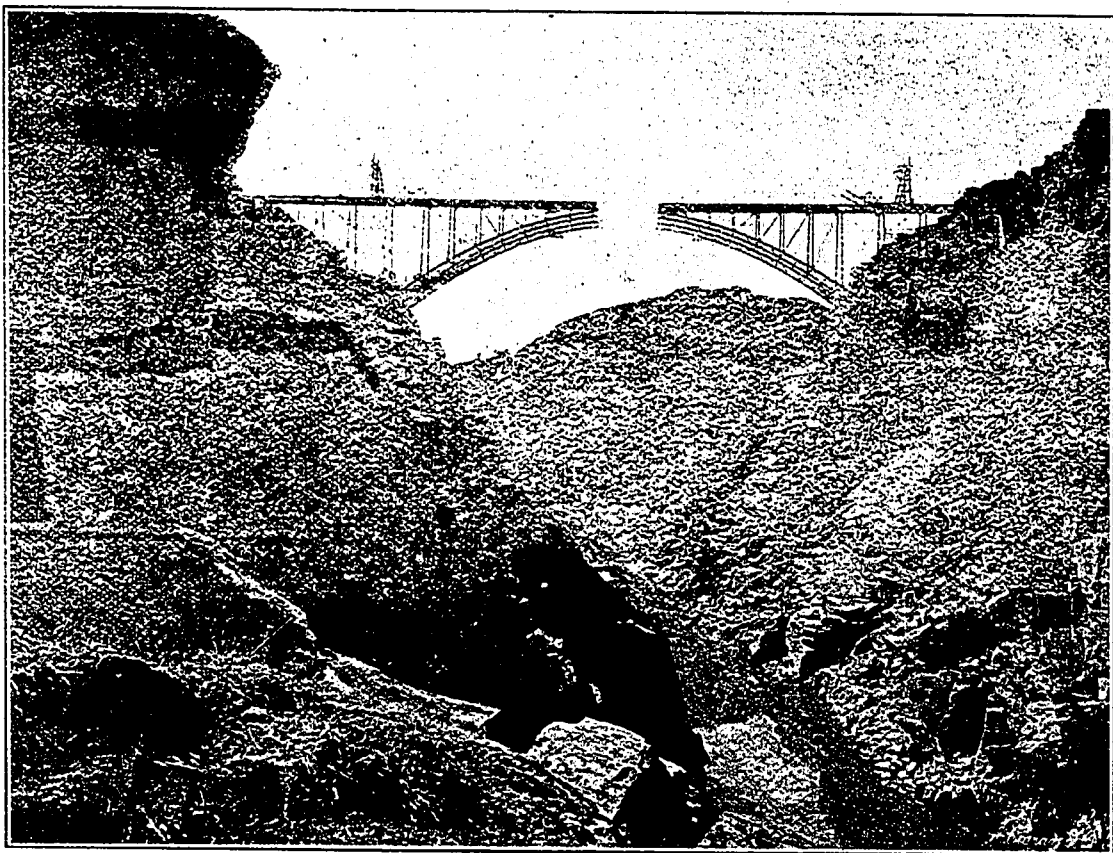


Estado de la obra en 1.º de Julio de 1913.

forman los tramos rectos y la inferior por la viga parabólica que constituye el arco; los montantes que enlazan estas vigas los forman las palizadas correspondientes y el triángulo por medio de diagonales auxiliares que han desaparecido después del montaje;

y no se colocó el piso ni los andenes hasta después de hecha la unión en la clave para evitar peso.

Con estas bases se calculan los diagonales que es necesario introducir como piezas auxiliares del montaje y lo están en el

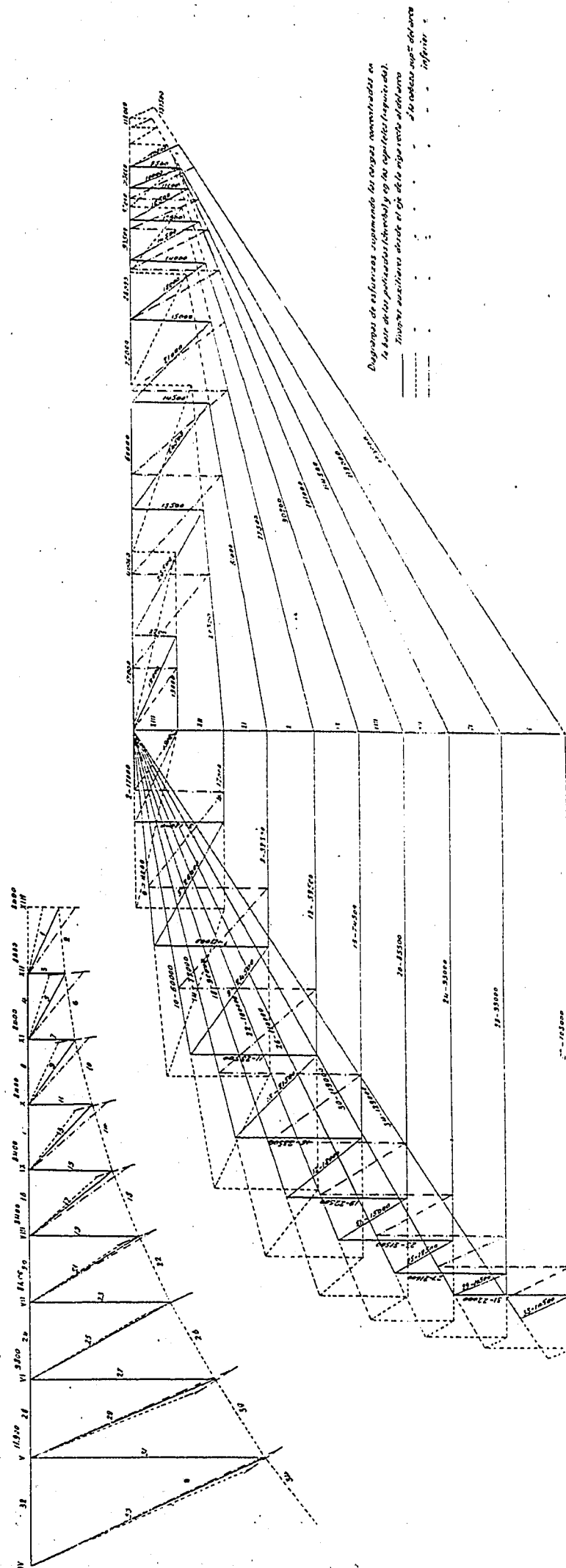


Estado en 1.º de Agosto de 1913.

**PUENTE PRODUCTO DE PEQUEÑO
SOBRE EL DUERO**

SOBRE EL DUEÑO

Cálculo gráfico del montaje en voladizo.



trazado gráfico que se acompaña y del que se deduce el cuadro á descontar roblones siguiente:

Esfuerzo de los diagonales.

Número de las barras.	POSICIONES			Esfuerzo más favorable.
	Del centro de la viga al centro del arco.	Del centro de la viga á la cabeza superior del arco.	Del centro de la viga á la cabeza inferior del arco.	
1	19,000	33,500	13,500	33,500
5	26,500	32,500	22,500	32,500
9	24,500	23,000	25,000	25,000
13	21,500	15,300	23,500	23,500
17	18,000	11,000	21,500	21,500
21	15,000	8,000	18,500	18,500
25	12,500	6,000	16,000	16,000
29	10,500	4,500	14,000	14,000
33	10,500	4,500	13,000	13,000

Tomando los esfuerzos máximos en cada una de las tres posiciones del gráfico, en el siguiente cuadro van las secciones adoptadas y sus coeficientes de trabajo.

Trabajo de las diagonales.

Número de las barras.	Esfuerzo en kilogramos.	Perfiles.	Secciones en milímetros cuadrados		Coeficiente de trabajo por milímetros cuadrados.
			Sin deducir roblones.	Deduciendo roblones.	
1	33500	4 L 80 × 80 × 10	6000	5200	6,44
5	32500	4 L 80 × 80 × 10	6000	5200	6,25
9	25000	4 L 70 × 70 × 10	5200	4400	5,70
13	23500	4 L 60 × 60 × 9 Sección.	3996	3348	7,02
17	21500	4 L 60 × 60 × 8	3584	3008	7,14
21	18500	4 L 60 × 60 × 8	3584	3008	6,15
25	16000	4 L 60 × 60 × 8	3584	3008	5,32
29	14000	4 L 60 × 60 × 8	3584	3008	4,65
33	13000	4 L 60 × 60 × 8	3584	3008	4,32

Como se ve, podían haberse empleado para las diagonales secciones inferiores, pero no se hizo, para ponernos á salvo de cualquier esfuerzo imprevisto.

Como puede comprobarse fácilmente, todos los elementos que constituyen la viga son suficientemente resistentes para sufrir los esfuerzos á que han de estar expuestas durante el montaje.

Cabeza superior.—La tensión máxima que se transmite por esta cabeza es de 112000 kilogramos.

La sección de la viga está formada por

	Milímetros cuadrados.
Un alma, 1,050 × 7.....	7350
Cuatro cantoneras, 60 × 60 × 8....	3584
Dos planos, 200 × 8.....	3200
Suma.....	14134

Milímetros cuadrados.

Dos de 23 × 17.....	= 782
Nueve de 17 × 7.....	= 1071
Total.....	1853
SECCIÓN NETA.....	12281

El coeficiente de trabajo será, por tanto,

R = 112000 / 12281 = 9,12,

coeficiente menor de 10 kilogramos señalado en el proyecto para estas vigas.

Cabeza inferior.—El esfuerzo máximo que esta cabeza debe resistir es de 137500 kilogramos.

La sección que resulta, descontando agujeros de los roblones, es de 49200 milímetros cuadrados.

Por tanto, el coeficiente de trabajo será R = 137500 / 49200 = 280 kilogramos por milímetro cuadrado, coeficiente que es insignificante, como debía suceder, dada la forma parabólica de la viga.

Desde luego, se observa que, dada la disposición de la marcha del montaje, el primer tramo del arco quedaría en el aire hasta la colocación de la primera diagonal y la palizada V, y para evitarlo, esta parte del arco que está inmediata á tierra se montó sobre el andamio, como se ve en las fotografías.

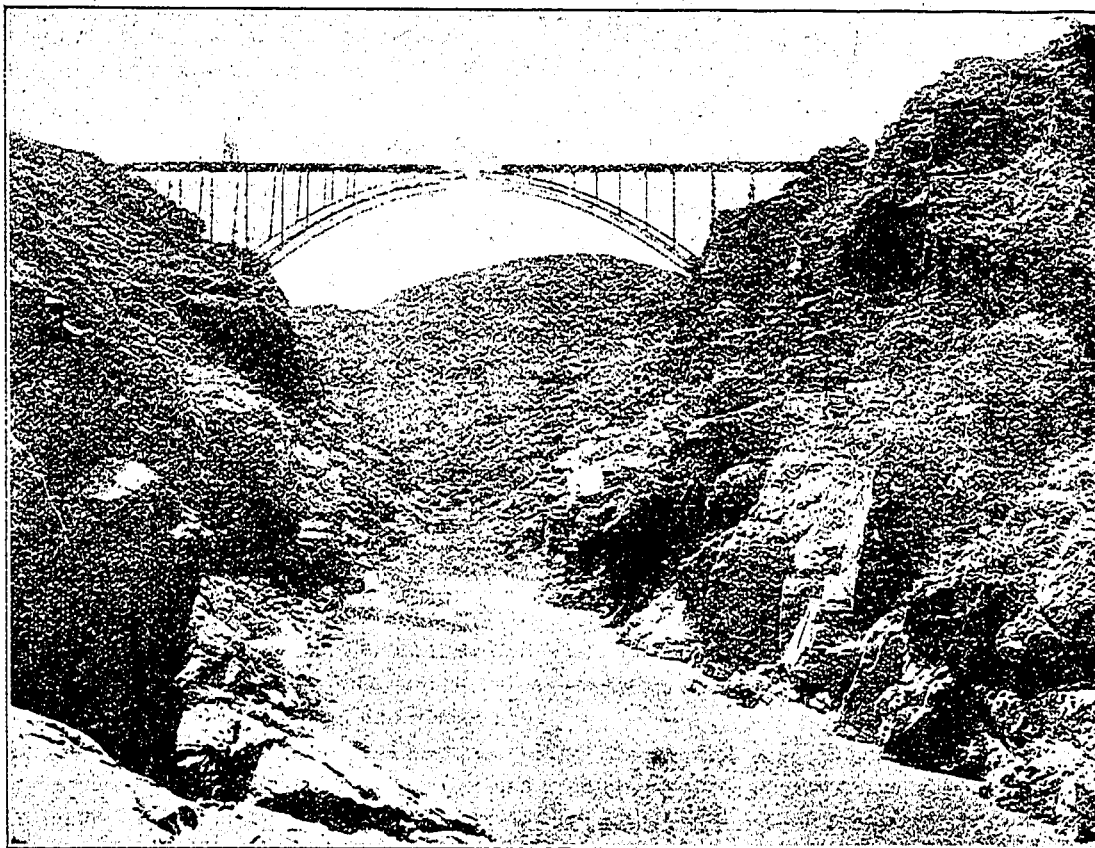
Nos queda solamente por comprobar las palizadas, y lo haremos únicamente para la IV, que es la más comprometida, toda vez que al llegar al cierre del arco la carga que ha de actuar será de unos 80500 kilogramos.

La sección de la palizada es de 10,152 milímetros cuadrados y el coeficiente de trabajo será 80500 / 10152 = 7,93 kilogramos por milímetro cuadrado.

Pero según se ve en el libro del Sr. Ribera, al estudiar los efectos del pandeo (pág. 87), aplicando la fórmula de Praukine, la palizada IV puede sufrir un esfuerzo límite de 234800 kilogramos, quedando, por tanto, un coeficiente de seguridad de 234800 / 80,500 = 2,91.

A pesar de este coeficiente de seguridad, y cuando aun no se había llegado más que á la palizada VII, el pandeo se produjo en la palizada IV, saliéndose de la vertical unos 2 centímetros, circunstancia que obligó á enlazar todas las palizadas de tierra entre sí por medio de los arriostramientos, que se ven en las fotografías, formados por vigas en celosía de un metro de altura y triangulando el espacio intermedio por cruces de San Andrés; con este arriostramiento volvió á su posición la palizada IV, desapareciendo el pandeo, pudiendo terminarse con felicidad el cierre del arco sin ningún incidente.

Desde luego se ve que este montaje no debe hacerse sin estar las vigas que constituyen la cabeza superior perfectamente amarradas á las extremidades del puente, y la disposición adoptada para ello fué la siguiente: detrás de cada estribo del puente se abrió una excavación en la que colocaron dos gruesas placas de fundición de 3 toneladas de peso cada una, que sujetaban un extremo de doce fuertes tirantes, que después de atravesar la roca y el hormigón con que se macizó la excavación, terminaba en dos vigas suplementarias unidas á las cabezas del puente; los tirantes en ambos extremos llevaban doble tuerca con objeto de poderlos torcer cuando fuera necesario.

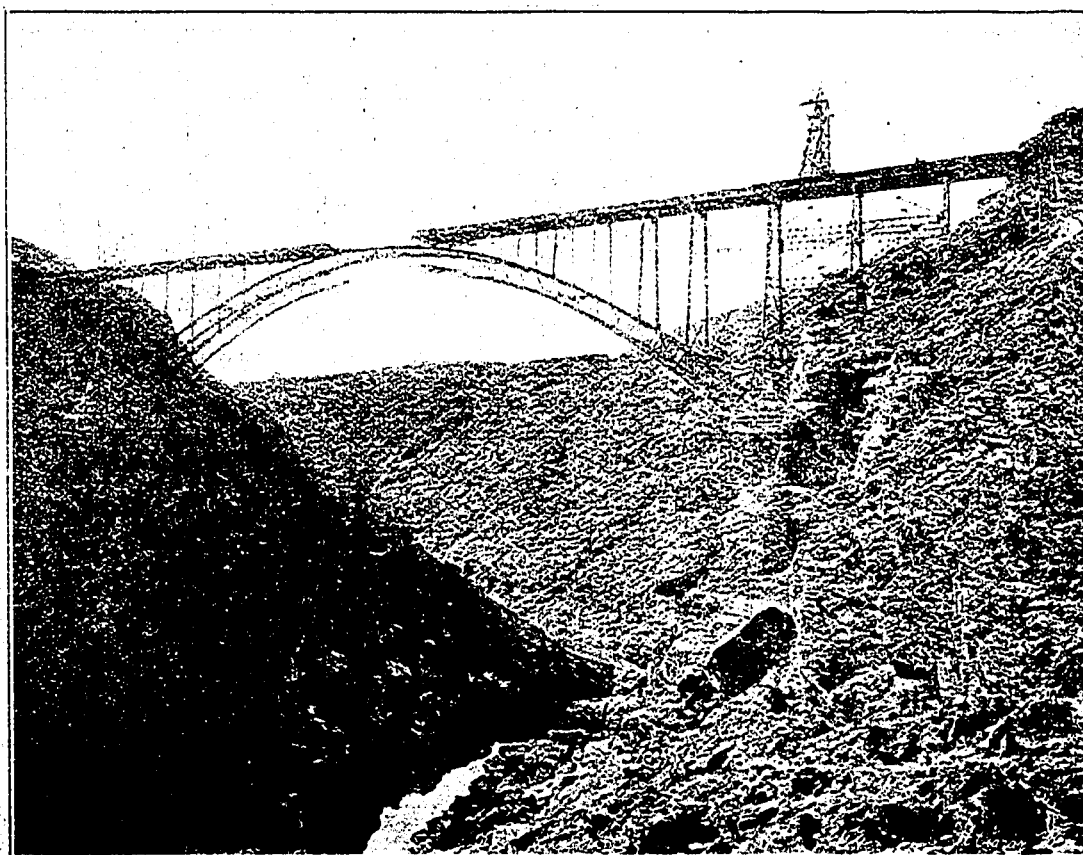


Estado en 25 de Agosto de 1913.

Para poder colocar en forma conveniente las vigas de anclaje fué preciso poner unos suplementos á las cabezas de las vigas.

Además, y para evitar los efectos de los fuertes vientos que

primera vez Diputado á Cortes por esta provincia de Zamora, ofreció trabajar para que se construyera este puente, y poco después D. Eduardo López Navarro lo estudiaba para el emplaza-



Estado en 15 de Septiembre de 1913.

casi constantemente reinan en el lugar del emplazamiento, se sujetaron al terreno las carenas de las vigas con fuertes cables.

Haremos una ligera reseña histórica de este puente: por el año 1853, cuando D. Práxedes Mateo Sagasta se presentó por

miento en unos 2 kilómetros aguas abajo, y la rasante estaba mucho más baja, siendo la solución presentada por dicho señor dos tramos de fundición:

Por la importancia que para la región tenía este puente, la-

dos los candidatos á la Diputación á Cortes ofrecían trabajar para conseguir su construcción; pero nada se hizo hasta que D. Federico Requejo logró se estudiara la carretera de Fonfría á la de Salamanca á Fermoselle, y con ella el puente, trabajo que hizo el Sr. Ribera; aprobado ya el proyecto, salió éste á subasta, no habiendo postor; en nueva subasta tampoco se decidió ninguna casa constructora á encargarse de la obra, precisamente por las dificultades del montaje; por fin, la Sociedad Duro-Felguera se quedó con ella y comenzó ésta; pero al llegar el montaje volvieron nuevamente las dificultades; la Sociedad Duro-Felguera desistió la obra á otra Sociedad que se titulaba de Montajes, y comenzó ésta sus trabajos, suspendiéndolos y abandonándolos cuando se produjo el páneco de que antes hablamos, en la palizada IV; vuelve á encargarse la casa constructora del montaje, y el montador que estaba al frente de la obra, D. Robustiano Fernández, obrero inteligentísimo que interpreta maravillosamente las órdenes que recibe, se comprometió á verificar el montaje, y únicamente con obreros del país, que nunca habían hecho más que arar, educados por este montador, ha podido conseguir ver felizmente terminada la obra, sin que durante el montaje del arco, punto peligrosísimo de ella, haya ocurrido incidente ni accidente alguno.

Terminaré consignando que este puente, que siempre se denominó de Pino, á instancia de varios Ayuntamientos se le ha cambiado el nombre por Real orden de 4 de Octubre último, y en la actualidad se llama oficialmente como consigno en la cabeza de estas notas, nombre que en justicia debe llevar, pues sin los asiduos trabajos del Sr. Requejo en su paso por la Dirección

general de Obras públicas, así como anterior y posteriormente, es seguro que hoy estaría la obra en la misma situación que el año 1897 al terminar el Sr. Ribera su proyecto.

Zamora, Agosto 1914.

MIGUEL FERNÁNDEZ.

ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LAS CORRIENTES ALTERNAS

MÉTODO DE FOURIER—MÉTODO DE RUNGE

SIMPLIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS (1)

por

F. W. GROVER

VERSIÓN ESPAÑOLA

por

B. O. R.

INGENIERO DE CAMINOS

b) Segundo método. Descomposición de la corriente.—El procedimiento seguido es completamente análogo al del método anterior; se desarrolla en las tablas 21 y 22, que tienen la misma disposición que las 19 y 20, y se comprueba como en aquél.

La comparación de las ecuaciones de las cuatro curvas se hace en la tabla 23, en la cual se observa que las obtenidas por un método son completamente diferentes de las del otro, así como que la comprobación da resultados bastante aceptables si se tiene en cuenta el número de cifras significativas con que se han hecho los cálculos.

TABLA 21

Cálculo de la ecuación de la componente e_i de la curva de la potencia.

(Descomposición de la curva de la corriente.)

	E_m	I_n	θ_m	E_1	E_3	E_5	E_7	E_9	E_{11}	E_{13}	E_{15}	E_{17}
1	33,217	12,380	1°6	411,23	12,01	21,07	2,70	4,40	2,54	15,49	18,92	1,97
3	0,970	0,856	6°3	28,43	0,83	1,46	0,19	0,30	0,175	1,07	1,31	0,135
5	1,702	0,0972	208°8	3,23	0,095	0,165	0,02	0,035	0,02	0,12	0,15	0,015
7	0,218	— 0,200	268°1	— 0,64	— 0,195	— 0,34	— 0,04	— 0,07	— 0,04	— 0,25	— 0,31	— 0,03
9	0,355	0,0149	20°1	0,50	0,01	0,025	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00
11	0,205	0,121	211°8	4,02	0,12	0,205	0,03	0,04	0,025	0,15	0,185	0,02
13	1,251	0,0379	49°3	1,26	0,04	0,065	0,01	0,01	0,01	0,05	0,06	0,01
15	1,528	0,187	235°6	6,215	0,18	0,32	0,04	0,07	0,04	0,23	0,29	0,03
17	0,159	— 0,0117	51°1	— 0,39	— 0,01	— 0,02	0,00	0,00	0,00	— 0,015	— 0,02	0,00

Cálculo del término correspondiente á 12 pt.

m	n	$E_m I_n$	$(\theta_m + \theta_n)$	$\pm (\theta_m - \theta_n)$	Amplitudes. M	Fases. α	$\text{sen } \alpha$	$\text{cos } \alpha$	$M \text{ sen } \alpha$	$M \text{ cos } \alpha$
1	11	— 4,02	213°4		— 6,56	213°4	— 0,5595	— 0,8348	3,61	5,47
11	1	— 2,54	"		16,75	47°7	0,7396	0,6730	12,39	11,27
1	13	1,26	"	47°7	— 0,31	26°4	0,4446	0,8957	— 0,14	— 0,28
13	1	15,49	"	"	1,49	229°3	— 0,7581	— 0,6521	— 1,13	— 0,97
3	9	— 0,01	23°4		0,32	476°9	0,8918	— 0,4524	0,29	— 0,14
9	3	— 0,30	"		— 0,005	— 157°7	— 0,3795	— 0,9252		
3	15	0,18	"	229°3						
15	3	1,31	"	"					15,02	15,35
5	7	0,34	476°9							
7	5	— 0,02	"							
5	17	— 0,02	"	— 157°7						
17	5	0,015	"	"						

$$M = \sqrt{15,02^2 + 15,35^2} = 21,48$$
$$\text{tang } \gamma = \frac{-15,35}{15,02}$$
$$\gamma = 314^{\circ}3$$

(1) Véase el número anterior.