

# EL ACUEDUCTO DE TARDIENTA

POR J. JUAN ARACIL, INGENIERO DE CAMINOS

*Según anunciamos en la Crónica de nuestro número de 1.º de julio pasado, publicamos una información completa de esta interesantísima obra, que nos ha facilitado el Ingeniero encargado de la misma por parte de la Contrata, y que da perfecta idea de la originalidad y elegancia del proyecto de nuestro ilustre Ministro de Obras Públicas.*

El día 26 de junio pasado se inauguró, por fin, el Acueducto de Tardienta por el Excmo. Sr. Ministro de Obras Públicas, autor del proyecto. Las características de la obra, 877 m. de longitud y 71 m.<sup>3</sup>/seg. de caudal, hace que sea una de las de mayor envergadura emprendidas últimamente en España.

La originalidad de la estructura, las discusiones a que estuvo sometida, que llevaron hasta a realizar un tramo de pruebas, hicieron de esta obra una obra popular, reflejando la popularidad, lógicamente, en el autor de la estructura.

La figura 1 demuestra la elegancia de la sección transversal, resuelta con criterio de máximo aprovechamiento hidráulico.

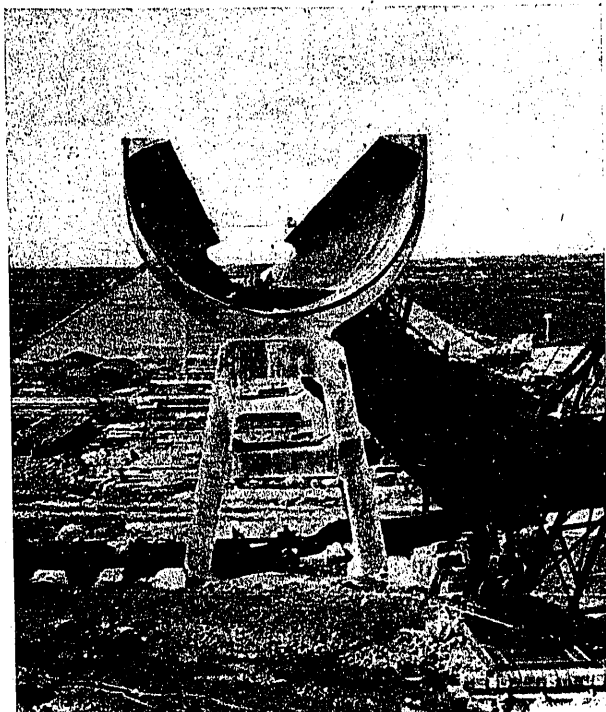


Figura 1. — Vista de la sección transversal del acueducto.

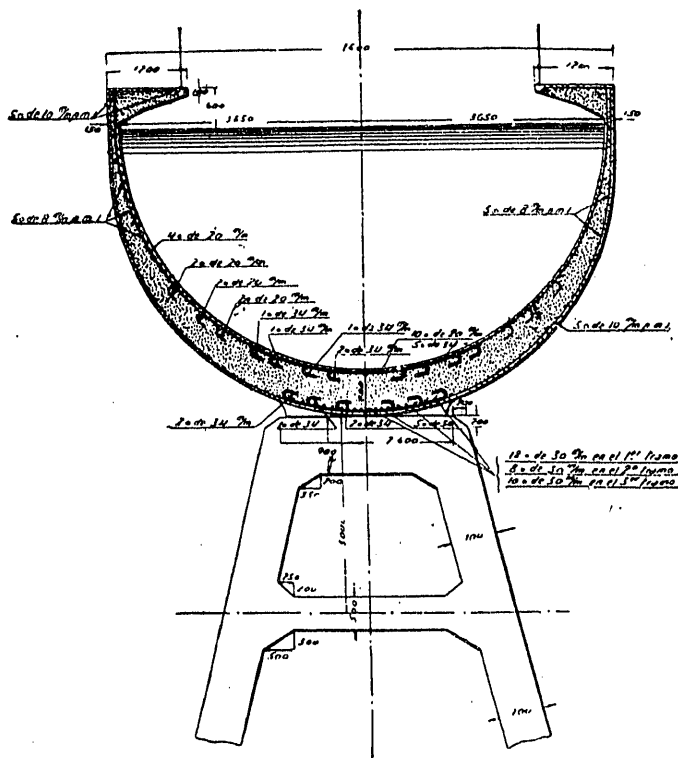


Figura 2.

## ESTRUCTURA

Consta de tramos continuos de cinco vanos y de tres vanos de 15 m. de luz, apoyados sobre pilas de hormigón armado de 2 m. de anchura por intermedio de planchas de plomo. La sección transversal la indica, con su armado, la figura 2, y la idea clara de sus dimensiones la da la figura 3, en la que aparecen los alumnos de la Escuela en un aperitivo dado en su honor en el interior del acueducto.

Características interesantes de la estructura son: Cuantías medias:

Cajero .....	91,5 kg./m. <sup>3</sup>
Pilas .....	85,5 "
Total .....	75,5 "

m.<sup>2</sup> encofrado por m.<sup>3</sup> de hormigón, 4,15 m.<sup>3</sup>; de hormigón por metro lineal de acueducto, 6,75.

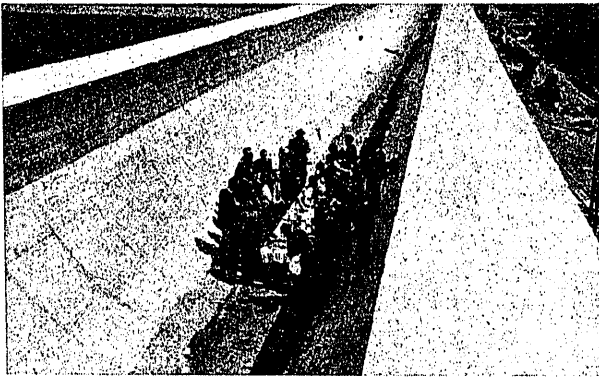


Figura 3.—Aperitivo dado a los alumnos de la Escuela en una visita a las obras.

### TRAMO DE PRUEBAS

Se realizó en noviembre de 1934, hormigonándose del 10 al 15 de diciembre; se desencofró al mes y se probó el 26 de febrero de 1935, con completo éxito; habiéndose aumentado en 20 cm. la carga normal de agua, que suponía por tramo unas 22 toneladas más.

En la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de abril de 1935, y en *Hormigón y Acero*, de marzo de 1935, escribió D. Alfonso Peña dos artículos, dando cuenta de las pruebas y de la auscultación llevada a cabo con auscultadores de lámina vibrante de la casa ICON, y las deformaciones transversales observadas.

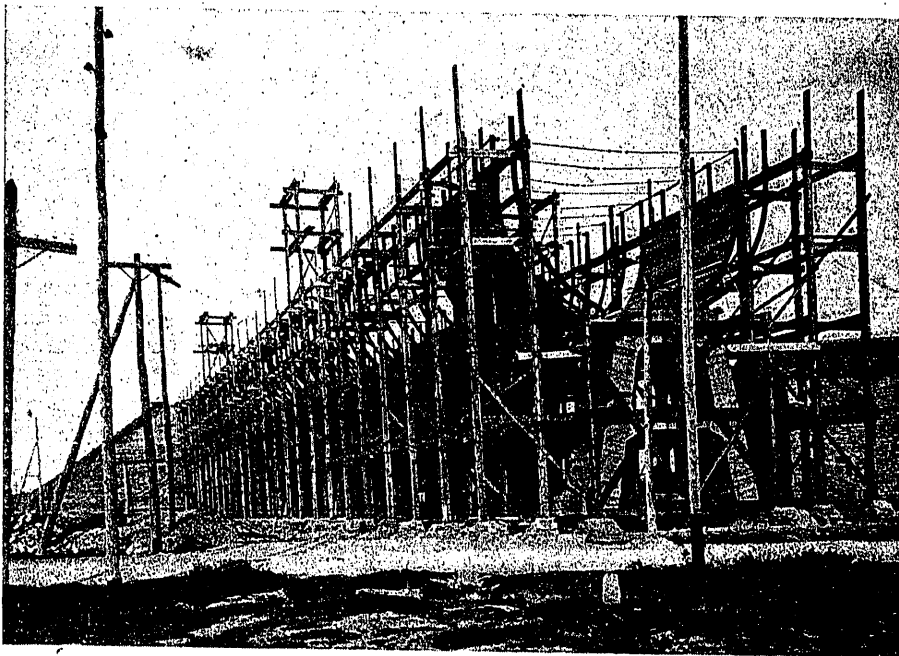


Figura 7.

Las figuras 4 y 5 muestran el acueducto en su tramo de pruebas, lleno de agua, y el tapón que hubo que hacer para poder realizar la prueba.

### CARGAS TANGENCIALES

La discusión principal versó sobre la pretendida

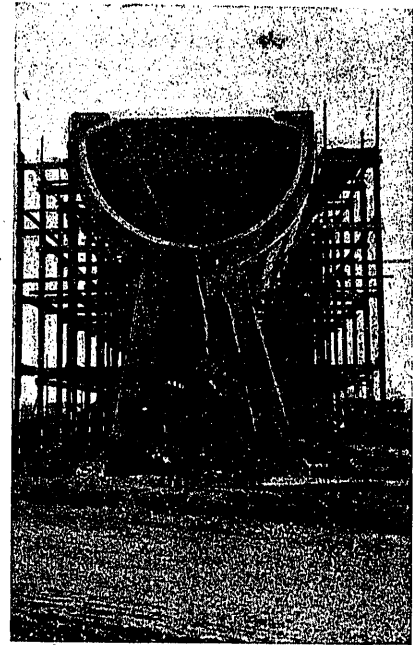


Figura 5.

existencia de cargas tangenciales, de un orden tal, que agrietarían el hormigón en la zona delgada junto a los apoyos.

Las cargas tangenciales encontradas, suponiendo que el hormigón no trabaja a tracción y en el centro del apoyo eran del orden de 24 kg./cm.<sup>2</sup> en el segundo apoyo, que quedaban reducidas a 20 kilogramos/cm.<sup>2</sup>, pensando que la sección peligrosa está a un metro del apoyo (por tener dos metros de ancho el mismo).

Al suponer que el hormigón trabaja a tracción, la fibra neutra se eleva y aumenta enormemente el momento de inercia y hace reducir estas cargas considerablemente.

En el número de mayo de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS publiqué un artículo sobre

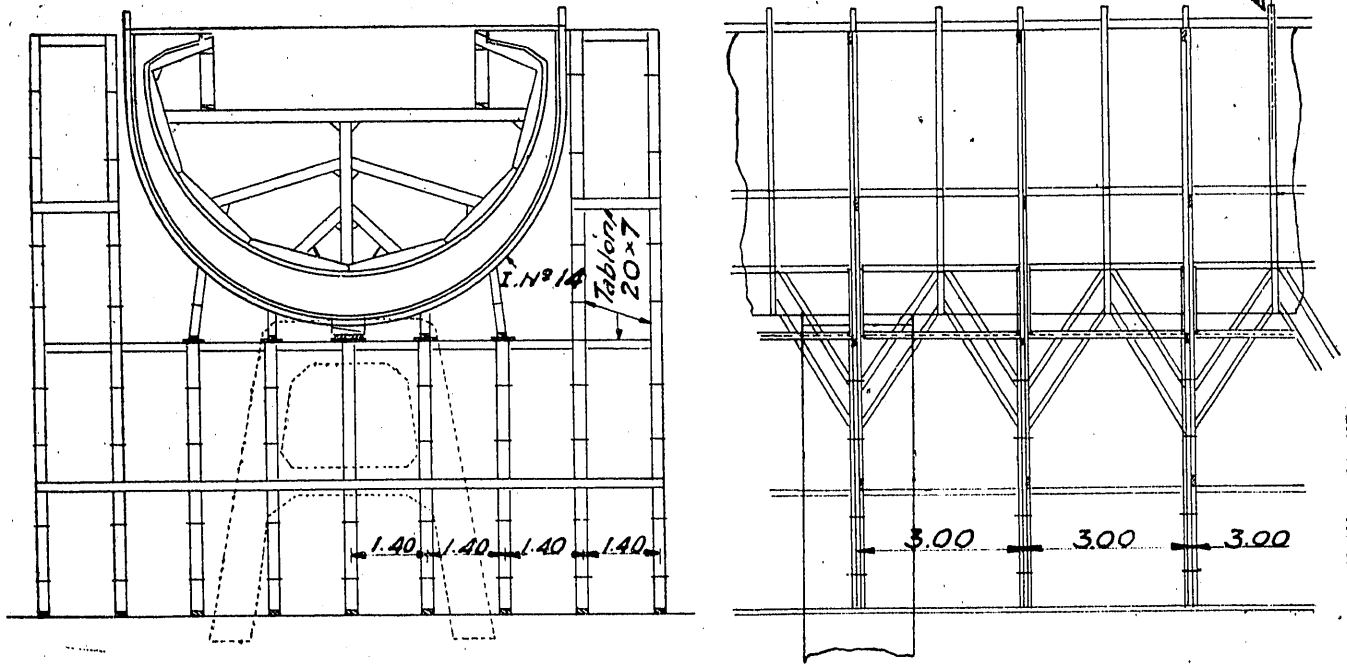


Fig. 6. — Acueducto de Tardienta.

Tramo de 75 m. sin contar pilas.

Encofrado interior y exterior, 21 000 m.<sup>2</sup>

Hormigón, 506 m.<sup>3</sup>  $\frac{\text{m.}^2 \text{ encofrado}}{\text{m.}^3 \text{ hormigón}} = 4,15.$

Mano de obra andamio, encofrado y desencofrado:  
 $\frac{2 \text{ jornales peón}}{\text{m.}^2}$

Encofrado:

Revestimiento tabla de 5 cm..... 112 m.<sup>3</sup> madera.

Cerchas interiores... { Madera..... 30 "  
 Pernos, 140 × 12..... 3 700  
 Chapa 4 mm. en uniones... 3 000 kg.

Cerchas exteriores... { Peso cerchas perfil 14 — 51 × 250 = 12 750 kg.  
 Tirante y tensor..... 51 × 64 = 3 264 "

Andamio tablón 7 × 22..... 58 m.<sup>3</sup>  
 Dos pasarelas..... 81 "  
 Cuatro castilletes..... 11 "  
 Bridas de { 2 tablones..... 3 100  
 3 " ..... 200  
 Puntas ..... 300 kg.  
 Alambre recocado..... 300 "  
 Tirafondos y pernos..... 5 000 "

Cota media, 9 m. — Superficie, 11,80 × 75 = 886 m.<sup>2</sup>

Total m.<sup>3</sup> madera, m.<sup>3</sup> hormigón, 0,58.

" m.<sup>3</sup> " m.<sup>2</sup> planta, 0,33.

Pasarela... {  $\frac{\text{m.}^3 \text{ madera}}{\text{m.}^2 \text{ planta}} = 0,32.$

los métodos de cálculo del Profesor Stevermann, basados, entre otras cosas, en admitir el trabajo a tracción del hormigón y suponer una carga de  $\sqrt{R}$  en kg./cm.<sup>2</sup>, siendo  $R$  la carga de rotura en kg./cm.<sup>2</sup> a los veintiocho días por compresión en cubos. Es admisible el considerar el trabajo de tracción del hormigón.

Pero aún se reducen mucho más estas cargas por un efecto que pudiéramos llamar efecto de forma o efecto teja, que da, como se pudo apreciar en las pruebas, una gran rigi-

dez a la estructura, y es un factor de estabilidad más, que previó la visión intuitiva genial del autor del pro-

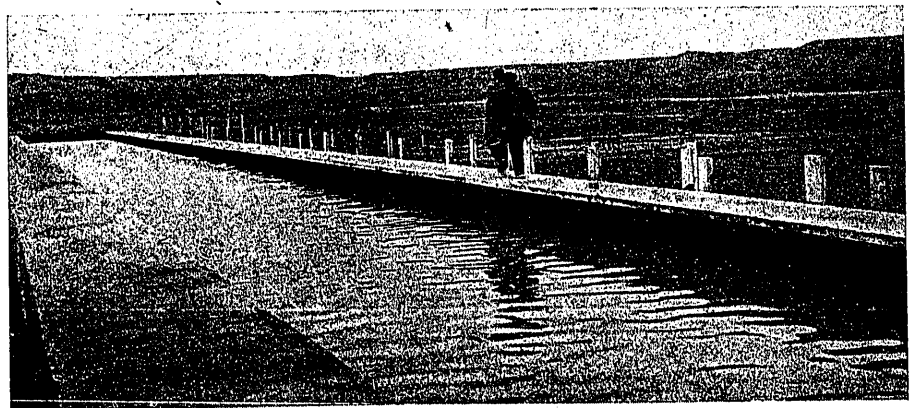


Figura 4. — Tramo de pruebas, lleno.

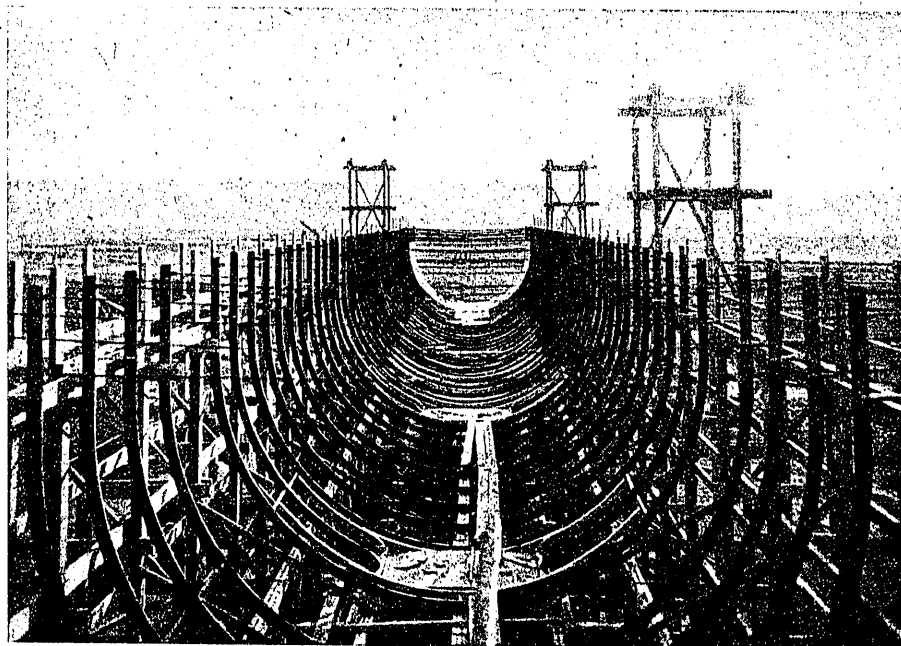


Figura 8.

yecto. El caso de las presas bóvedas de Moyie y Lanier (Gómez Navarro, tomo II, pág. 1.186), en las que, a pesar de destruir el estribo una riada no volcaron, por entrar en acción el efecto teja, llevado ya conscientemente por Coyne al proyecto de la presa de La Cère (REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1.º de noviembre de 1935), es un caso más del factor de estabilidad que da la forma.

### CONSTRUCCION

Estuve encargado, por la Empresa constructora "Ferrocarriles y Construcciones, A. B. C.", de la construcción de la obra, y la figura 6 es la ficha-resumen de la construcción del primer tramo, y en la cual aparecen con detalle los elementos esencia-

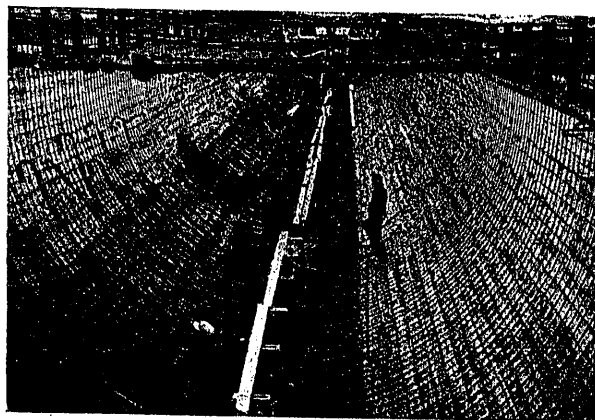


Figura 9.

les del encofrado interior y exterior. La figura 7 muestra claramente el andamio y los castilletes de los elevadores.

Las cerchas interiores se realizaron a base de dobles T del 14, curvadas, con cinco apoyos y un tensor en la parte superior; la separación de las mismas era de 1,50 m.; con esto se conseguía muy fácilmente forrar el interior con tabla de 5 x 15. La figura 8 da idea clara de la situación de las cerchas metálicas.

Las cerchas interiores, también separadas 1,50 m., se realizaron de madera, desmontables en tres trozos. Colocado el hierro del trasdós, se colocaban unos taburetes en

el fondo para situar en posición la cercha. La figura 9 indica esta fase de trabajo. Después se colocaban las cerchas en tres trozos, como indica la figura 10. Después se colocaban unos tablonces, que las arriostaban entre sí y de los cuales se colgaba el hierro del intradós, se quitaba el apoyo central, creando dos laterales de sentido radial a una altura que permitiera el hormigonado de todo el fondo sin alcanzarles, de modo que cuando se quitaban, en el segundo día de hormigonado, ya la cercha descansaba sobre el hormigón del fondo, que tenía doce horas de edad.

La tabla-encofrado interior se colocaba con mucha facilidad, por ser de 1,50 por 0,10 y 5 centímetros de espesor, y se iba colocando a medida que



Figura 11.

avanzaba el hormigón. Las dosificaciones del hormigón, muy estudiadas, se mantenían escurpulosamente y la cantidad de agua se controlaba de hora en hora con la mesa de sacudidas. Se hacían también de hora en hora y del hormigón sacado de las hormigoneras-cubos, para la rotura de los siete y veintiocho días. La figura 11 muestra el pequeño laboratorio de control de la obra.

Se cuidó enormemente el curado del hormigón, llegando a tener algún tramo hasta quince días empapado en agua.

En el tramo de pruebas ensayamos la limpieza de las juntas con chorro de aire y agua a presión, a la mitad del fraguado, que es preceptivo en el "Reclamation Service Norteamericano", y que con éxito empleamos en los puentes de Bilbao.

La elevación del hormigón era del orden de 12 metros, y con cuatro hormigoneras de 500 litros de tambor realizábamos 100 m.<sup>3</sup> en jornada de ocho horas. Aproximadamente, 3 m.<sup>3</sup> hora por hormigonera.

En el descenso del hormigón empleábamos, para evitar el salpicado, trompas de elefante formadas por tubos de 50 cm., articulados como los empleados en las presas.

Se emplearon únicamente dos escuadrías de madera:  $7 \times 21$  y  $5 \times 15$ .

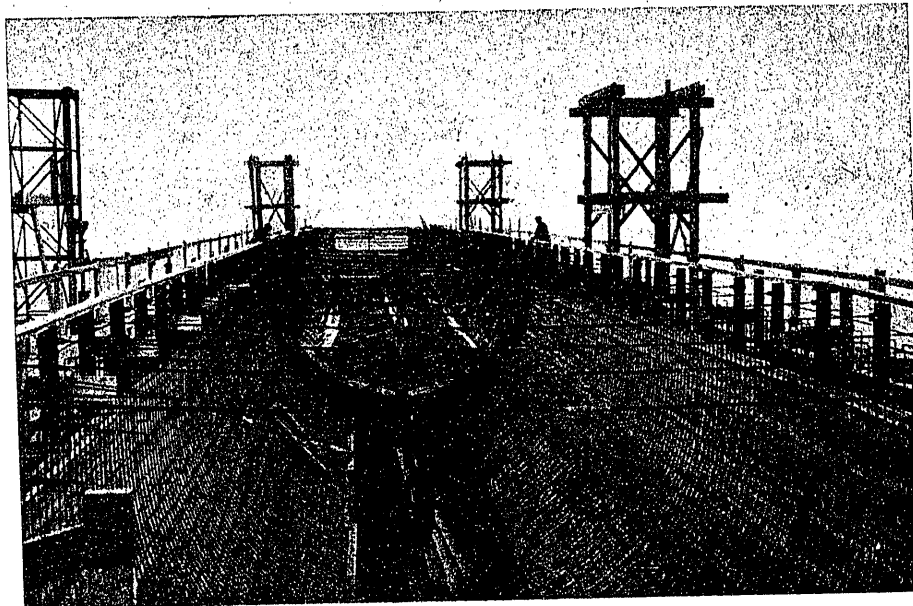


Figura 10.

### EL ACUEDUCTO EN LA GUERRA

Fué línea de resistencia de los rojos, y la situación en 17 de julio de 1936 la muestra la figura 12, hecha por nosotros, y que pudimos facilitar, con otros datos, a nuestro mando en Burgos en los primeros días del Alzamiento Nacional, denunciando una operación que se realizó con éxito durante tres veces, de echarles el agua desde el Pantano de la Sotonera, haciéndoles insalubre, por inundada, su permanencia en Tardienta, que resolvieron viviendo en palafitos, en los brazos horizontales de las A de las pilas. Sufrió bastante el Acueducto por impactos de cañón, que perforaron (unos cinco), y mucho más por los que no lo hicieron y sometieron a vibraciones violentas la estructura.

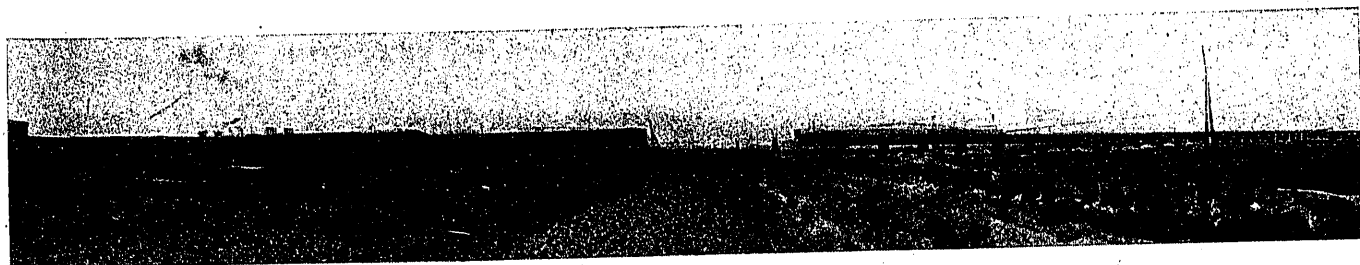


Figura 12. — Acueducto de Tardienta.