

aparato directriz se gradúa de manera que la cantidad de agua absorbida sea algo más pequeña que la máxima que pueda pasar por las toberas de aforo. La turbina funciona entonces como tobera auxiliar.

3.º *Contrastación con molinete hidráulico.*—Se efectúan simultáneamente aforos de molinete en el canal de aforo y en el canal de retorno.



Fig. 19. Compuerta en el vertedero.

4.º *Contrastación mediante aparato de pantalla.*—La cantidad de agua se calcula multiplicando la velo-

cidad de la pantalla móvil por la superficie de paso del canal. La figura 20 muestra, por ejemplo, una curva de aforo del vertedero completo, de 200 mm de anchura,

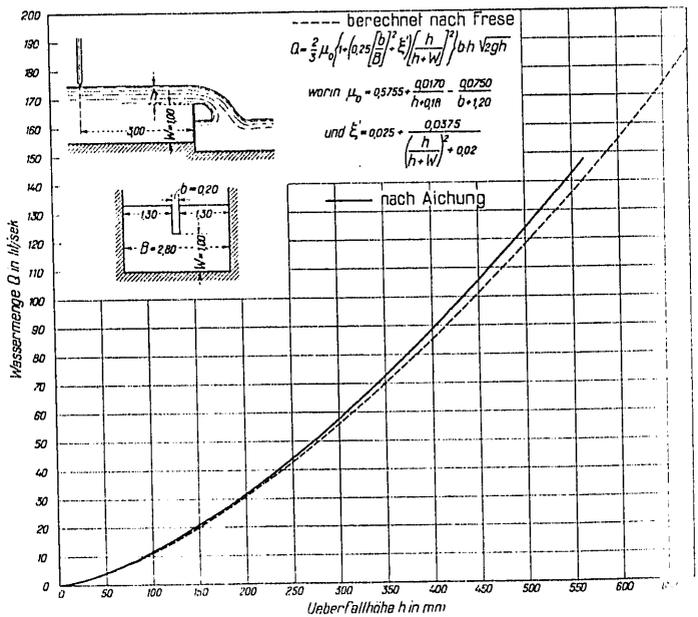


Fig. 20. Curva de comprobación del vertedero de 200 mm de anchura.

calculada según Fresse; las comprobaciones han sido realizadas con depósito contrastado y toberas de aforo.

## Los fracasos de las cañerías de hormigón de portland

En los anales de la construcción moderna ofrece abundancia de casos desastrosos el capítulo referente a cañerías de hormigón de portland para conducciones de agua, tanto forzadas como no forzadas y tanto construídas con armadura metálica como sin ella.

Esta abundancia de fracasos, es natural que produzca en grandísimo número de técnicos una prevención—que, en general, ha llegado a ser firme y tenaz—contra el empleo del expresado material en conducciones o, al menos, en las forzadas y en las que deban ofrecer para el agua conducida garantías de incontaminación.

Y es interesante discernir el cómo y el porqué de los fenómenos que constituyen los fracasos, comenzando por la aportación de la reseña de los mismos al general conocimiento de los técnicos. A este fin, me propongo dar cuenta de algunos casos, cuyas enseñanzas creo no despreciables. No siempre que se haga pública descripción de trabajos, obras o proyectos ha de ser con la satisfacción de que ellos realcen el talento, el saber o el acierto de quien los ha realizado. No a todos concede Dios la dicha de ser autor o ejecutor de cosas afortunadas, y es acaso deber más cierto dar a conocer los yerros que los éxitos. Y hoy me toca a mí la vez de los primeros, aunque me duela.

Sea, en primer término, el caso de una cañería de 56 centímetros de diámetro interior, para impulsión

de 150 litros por segundo, según el perfil o trazado vertical representado en la figura.

Se adoptó para su cálculo el criterio de repartir discontinuamente la resistencia, por tramos o tramos, a lo largo de la obra, de modo que los tubos de cada tramo fueran de igual resistencia y su correspondiente carga de rotura, a la presión hidráulica interior, igual, por lo menos, al doble de la carga estática máxima posible del tramo, o sea la de un punto más bajo cuando el agua ocupara la cañería hasta la desembocadura.

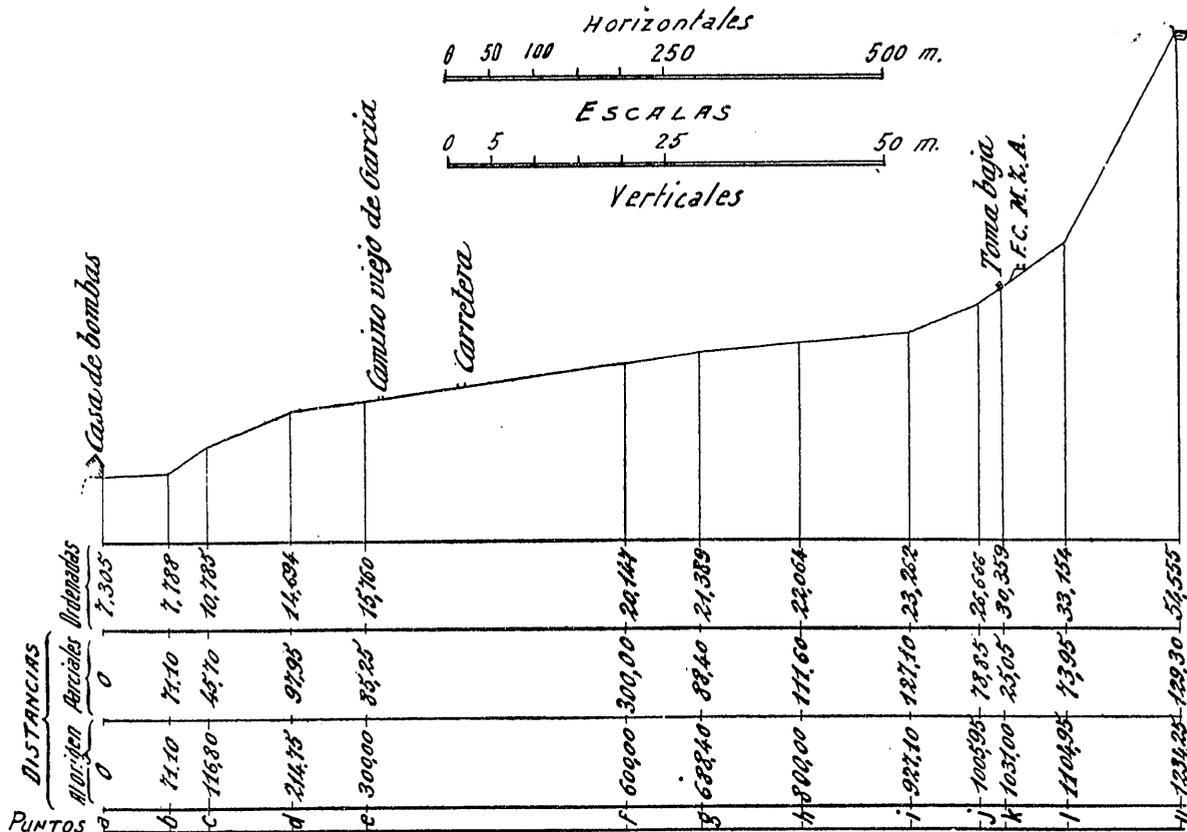
Tratándose de una impulsión con bomba centrífuga accionada por motor de buenas condiciones, en cuanto a regularidad de su funcionamiento, y de un trazado vertical no sinuoso, pudo parecer aceptable dicha norma o coeficiente de seguridad. Cuantos, como yo, hayan estado en la errónea creencia de que en tal caso no habría lugar en ningún punto a esfuerzos mayores que los de la carga estática de cañería completamente llena.

Acaso pueda concederse benévola dispensa a este error, si se atiende a lo difícil (por no decir imposible) que es estar al tanto de la labor científica coetánea, y no favorecida por vulgarizadores, a la mayoría de los dedicados a la práctica ordinaria de la profesión, y que un día y otro día y otro y todos hemos visto, y vemos, reclamada por entero y siempre con apremio nuestra atención y actividades por cosas muy otras que la busca y estudio de las nuevas es-

peculaciones e investigaciones. Puedo afirmar con verdad que en el error indicado—o al menos en la falta de un conocimiento científico completo, claro y seguro del mecanismo y fenómenos hidrodinámicos de cualquier elevación de agua a impulsión por cañería—me ha parecido no estar muy solo; pero esto no se tome a necio consuelo: lo digo para encarecer más la conveniencia de que alguien—de los varios suficientemente capacitados al efecto que sin duda hay entre nuestros compañeros—se sintiera movido a la bienhechora labor de poner al alcance del montón de los dedicados a la práctica profesional

y más pruebas (y correspondientes reposiciones de tubos), ha tenido lugar de desecharlas todas, menos una: la de que pudiera haber decaído la resistencia de los tubos después de puestos en obra, ya por *cansancio* (deformación permanente) de la materia, ya por otras causas. Esta hipótesis parecía abonada por el hecho, varias veces observado, de producirse rotura bajo una carga aparente inferior a otras sufridas en pruebas anteriores por los mismos tubos.

Para ver si era acertada esta conjetura se arrancaron tubos de distintos puntos de la cañería y fueron sometidos uno a uno a prueba individual, demos-



lo que haya de avance positivo y aprovechable ya en la materia. Los trabajos de los Allievi, de los Maillard y de los varios más que se han empeñado hasta ahora en ella no han llegado aún a la mayoría de los que integramos dicho montón, o sea donde más falta hace lo que en ellos haya de provechosa aplicación. Pero sigamos adelante.

Era de 47,25 m el desnivel o altura geométrica de la desembocadura de la cañería sobre su arranque.

El lugar de la obra ha sido Mora la Nueva (Taragona).

Los tubos para el tramo primero o inferior se fabricaron con resistencia o carga de rotura (empleando la expresión más corriente, aunque incorrecta) de 11 atmósferas, la cual fué sin fallo alguno comprobada en varios escogidos al azar a sus quince días de edad. Y análoga y relativamente se procuró y se comprobó en el taller la resistencia de los destinados a los otros tramos.

Pero la cañería ha reventado, en uno u otro punto de la casi totalidad de su longitud, tantas veces cuantas se ha querido poner en servicio.

Diversas conjeturas, como es natural, ha provocado el hecho, en profanos y técnicos. Pero la observación atenta y racional, en la repetición de pruebas

trando, en general, una decadencia más o menos importante (de hasta 40 por 100 en uno de ellos) con relación a la resistencia que fundadamente se les tenía atribuida ateniéndose a las pruebas de taller.

Pero hay experiencia sobrada de que los tubos de hormigón, fabricados como los de la cañería de que se trata, trabajan sin *cansancio* a 70 y aun a 80 por 100 de su carga de rotura. Muy repetidas pruebas de taller y la experiencia de cañerías en práctico servicio así parecen demostrarlo. Luego en el caso en cuestión se podía ya dar por ciertamente producidos en distintos puntos esfuerzos superiores en más de un 50 por 100 a la respectiva carga estática de cañería llena.

Si por otra parte aceptamos, aunque sea transitoriamente, cierta fórmula que algunos ingenieros tienen adoptada, con más o menos reservas, para el cálculo aproximado del golpe de ariete en las cañerías que conducen el agua a las turbinas, y nos permitimos aplicarla a las elevaciones por impulsión, ella nos indica también esfuerzos muy superiores a los primeramente supuestos.

En efecto. La fórmula es:  $h = \frac{2Lv}{gt}$ ; siendo  $h$ , en metros, la altura que hay que sumar por ra-

zón del golpe de ariete a la carga de régimen normal,  $L$  la longitud de cañería desde el punto en estudio hasta la boca libre,  $v$  la velocidad media de la corriente en el mismo tramo,  $g$  la aceleración de la gravedad y  $t$  el tiempo o duración del hecho que ocasiona el golpe de ariete. Y aplicada a nuestro caso, suponiendo prudencialmente  $t = 3''$ , da los valores siguientes:

En el arranque de la cañería.	$h = 50$ metros
A los 300 metros.....	$h = 38$ —
— 600 — .....	$h = 26$ —
— 800 — .....	$h = 20$ —

Valores que, sumados con las correspondientes cargas de régimen normal, hacen, respectivamente,

En el arranque .....	$H = 97,25$ metros
A los 300 metros.....	$H = 76,80$ —
— 600 — .....	$H = 60,41$ —
— 800 — .....	$H = 52,50$ —

Pero los duplos de las correspondientes cargas estáticas máximas son:

En el arranque .....	94,50 metros
A los 300 metros.....	77,60 —
— 600 — .....	68,82 —
— 800 — .....	65,00 —

La fórmula, pues, da esfuerzos superiores al 80 por 100 de las cargas de rotura de los tubos empleados, y puede ser apuntado el caso este como una comprobación o dato de experiencia confirmativo de aquélla. Pero no perdamos de vista el objetivo principal de la presente reseña: deslindar y poner, tan a las claras como es posible, en dónde, en quién o en qué ha estado realmente la culpa del mal éxito; para que puedan ver cuantos me lean, como lo he visto yo, la parte que en justicia es atribuible a la específica naturaleza y cualidades o defectos esencialmente inherentes e inevitables de la cañería. No es esto ya difícil, consignados los datos que anteceden.

Se trata de un fracaso escandaloso de cañería de hormigón. Fracaso que ha inclinado a mucha gente a huir definitivamente de este material, por cuanto ha tenido lugar en una cañería en cuya construcción han presidido una buena voluntad y honradez de todo punto indudables sobre la base de una larga y asidua experimentación constructiva.

Es natural y excusable que ante un caso tal, visto de cerca, muchas personas se digan: Si con tales garantías y circunstancias resultan así las cosas, ¿qué confianza se puede tener ya en las cañerías de hormigón? Pero quien a la vez que ha sido el primero a sufrir el dolor y el gran perjuicio del fracaso ha podido leer con claridad la lección técnica implicada en el mismo, está en el derecho y en el deber de hacer observar que el desastre de referencia no es, en verdad, achacable a ninguna cualidad o deficiencia específica del material empleado.

El fracaso de que se trata ha sido debido al error o ignorancia que padeció el que suscribe respecto a la magnitud de los esfuerzos que habrían de presentarse. Y si, habiendo tenido antes idea cierta de éstos, se hubiera dado a los tubos resistencias adecuadas (cosa no imposible con el hormigón en cualquier caso igual), las roturas no habrían tenido lugar; como no lo han tenido en otras impulsiones que desde su principio han funcionado bien y en excelente servicio estable siguen; ni en ciertos tramos de algunas cuyo trabajo efectivo alcanza muy probablemente con frecuencia el 80 por 100 de la carga de rotura de los tubos que los forman; ni han vuelto a tenerlo tampoco en la misma conducción de Mora la Nueva (después que nos resolvimos a levantar y rehacer en ella toda la parte donde se presentaron las roturas) en el trozo de más de cien metros que ha sido rehecho con tubos de hormigón de igual diámetro y espesor y sistema de fabricación que los desechados, pero de mayor resistencia<sup>1</sup>.

Se puede, por tanto, asegurar, sin género alguno de duda, que no ha sido culpable del siniestro resesñado el hormigón, aunque de éste fuera hecha la cañería siniestrada.

\* \* \*

Otro caso también interesante y también desgraciado, si bien por causa o razón muy otra en apariencia, me propuse reseñar; pero no debo alargar más este artículo y queda el asunto prometido para otro día.

Angel BLANC  
Ingeniero de C., C. y A.

<sup>1</sup> Lo demás reconstruido lo ha sido con tubos de utilita, de 40 cm de diámetro y alto timbre de resistencia, por razón de apremio de tiempo, incompatible con fabricar e reinstalar de hormigón tan largo trecho sin exponerse a perjudicar mucho más a los interesados en el riego.

## Bibliografía

**Los Métodos Geofísicos de Prospección** y sus aplicaciones a la resolución de varios problemas geológicotectónicos, por JOSÉ G. SIÑERIZ, ingeniero de Minas e ingeniero geógrafo, etc., con un prólogo del Excmo. Sr. D. LUIS DE LA PEÑA, director del Instituto Geológico y Minero de España.—Un vol. de 16 x 24 cm; XVI+482 páginas, 215 figuras y un tomo de láminas.—Madrid, 1928.—Precio, 12 pesetas.

Este notabilísimo libro viene a llenar un verdadero vacío, y permítase esta frase tan usada pero pocas veces con tanta propiedad, no sólo en la literatura española sobre las aplicaciones a la investigación del subsuelo de los métodos geofísicos, sino también en la literatura mundial. Aun cuando se

han publicado varias monografías y folletos, que se contraen generalmente a un determinado método, el libro, entre los que conocemos, que más se asemeja al que se reseña es el del Dr. R. Ambronn *Methode der Andgewanten Geophysik*, traducido en Norteamérica al inglés con el título *Elements of Geophysics*, el cual, a pesar de la reconocida competencia de su autor, no permite, a nuestro juicio, adquirir ideas muy claras respecto a la aplicación de los procedimientos en él descritos.

En el libro del Sr. Siñeriz, escrito por quien ha empleado todos los métodos que describe y que es completamente independiente de los constructores de aparatos y de las empresas industrializadas para la aplicación de los procedimientos geofísicos, resplandece una absoluta buena fe, a la