

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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.

## SIFONES SUBMARINOS DE LAS ALCANTARILLAS DE COPENHAGUE

En el *Génie Civil* de 18 de Mayo último encontramos una detallada descripción del método muy original adoptado para la construcción de los sifones establecidos en el puerto de Copenhague y que forman parte de las nuevas alcantarillas de esta población. Trataremos sólo del doble sifón que ha sido colocado cerca del puente de Langrebo.

En líneas generales, el método empleado ha consistido en construir en tierra dos tubos metálicos concéntricos formando un todo, sumergir estos dos tubos concéntricos y llenar con mortero de cemento el espacio anular comprendido entre ambos.

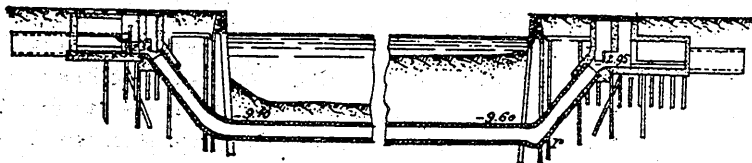
En el punto en que se ha establecido este sifón, el puerto presenta una anchura entre los muelles de 164 metros. En el canal la profundidad es de 6<sup>m</sup>,30, pero el sifón fué colocado á una profundidad que permite otra ulterior de 8<sup>m</sup>,20.

Tanto á la salida como á la llegada (fig. 1.<sup>a</sup>), los colectores

Copenhague.

Fig. 1.<sup>a</sup> - Sección longitudinal.

Isla de Amager.



envueltos de una capa de hormigón introducida bajo el agua, de modo que después de la destrucción del metal, hubiera subsistido una verdadera canalización de hormigón. Pero por este medio no se hubieran evitado las venteaduras y otras irregularidades en el hormigón así introducido y la solidez de la masa hubiera sido dudosa.

En fin, estas obras de hormigón hubieran llevado consigo preparativos muy molestos para la navegación. Después de un profundo estudio, se desechó este proyecto y se decidió recurrir á tubos de dobles paredes, debiendo estar vacío el espacio anular entre estas paredes y después colocado y lleno de mortero de cemento de una sola colada (figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>). De este modo

Esquema del sifón.

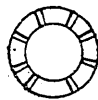


Fig. 2.<sup>a</sup>  
Sección transversal.

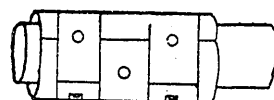


Fig. 3.<sup>a</sup>  
Vista lateral.

se podía esperar obtener una masa fraguada mucho más regular y de solidez mucho mayor, aun cuando, con el tiempo, la corrosión hubiera destruido las paredes metálicas.

Los elementos de los sifones son tubos de palastro de acero, cosidos con roblones mecánicamente, con dobles hileras de roblones en las costuras transversales é hileras sencillas en las longitudinales. Las paredes interiores y exteriores están mantenidas á distancia conveniente por medio de riostras de encina dura (figuras 4.<sup>a</sup>, 5.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup>); estas riostras se apoyan por el lado

Detalle de la unión de las riostras.

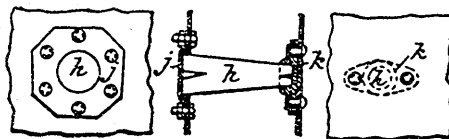


Fig. 4.<sup>a</sup>  
Vista  
por un extremo.

Fig. 5.<sup>a</sup>  
Sección  
transversal.

Fig. 6.<sup>a</sup>  
Vista  
por un extremo.

de las dos orillas comunican directamente con el sifón de menor sección. Este, de un diámetro de 0,75, recibe, pues, tan sólo las aguas de las cloacas en tiempo seco. En el caso en que las aguas son en gran cantidad, los excedentes pasan, por encima de un vertedero, al gran sifón, que tiene un diámetro de 1<sup>m</sup>,20 y se vierten en seguida, después de pasar por encima de otra presa, en el colector de llegada.

La expulsión se obtiene á la salida por medio de compuertas que maniobran hidráulicamente. Cuando la expulsión por medio tan sólo de las aguas de las alcantarillas es insuficiente, se recurre al agua del mar que se introduce por una canalización especial.

La construcción de los sifones y su colocación podrá presentar serias dificultades, tanto más cuanto que la navegación no podrá interrumpirse más que algunas horas cada vez y solamente de cuando en cuando.

Se trató primeramente de formar los sifones de elementos de tubos de palastro roblonado. Antes de su inmersión se habría preparado en el fondo una forma de hormigón, sobre la cual vendrían á descansar aquéllos. Los tubos habrían sido en seguida

interior contra zapatas *K* de fundición, en tanto que al exterior pasan por un orificio abierto en el tubo exterior y son recubiertas, después de colocadas, por un sombrerete atornillado en el palastro *j*. Antes de colocarlas, cada riostra está provista de una cuña en cada una de sus extremidades; estas cuñas, introducidas por presión, empujan lateralmente ambas extremidades

de la riostra contra los rebordes de la zapata y contra el orificio exterior.

Para este arriostamiento, se ha preferido la madera al hierro, porque se temía que con el tiempo, por consecuencia de la destrucción de estas riostras por el agua del mar, se produjesen perforaciones.

Debajo de la rama ascendente, el sifón fué provisto de un ensanchamiento en forma de cubeta *r*, destinado á recibir el tubo de aspiración para el vaciado completo del agua antes de la introducción del mortero. Para evitar que el agua permaneciese en la parte anular, se tuvo cuidado, por otra parte, de preparar una ligera pendiente hacia la cubeta.

Los tubos fueron construidos en un taller al aire libre. La parte horizontal del sifón de mayor diámetro se componía de tres partes obturadas en sus extremidades por medio de taponos de madera para su colocación en el agua. Esta se efectuó exactamente lo mismo que si se tratase de botar un barco. Las partes ascendentes inclinadas se unieron á los extremos de las partes horizontales en cala seca; el conjunto fué en seguida remolcado hasta el punto en que no se temía molestar á la navegación. La unión en su sitio de las partes hasta entonces separadas se efectuó por medio del «cajón sueco»; una caja de madera, de la cual dos lados están recortados siguiendo con exactitud la forma exterior del tubo, se lleva alrededor de éste, de modo que las dos extremidades que hay que unir vengan á descansar en estas cortaduras. Se calafatea groseramente y la caja se vacía en seguida; la presión del agua basta, por lo demás, á mantener estos cajones aplicados sobre el tubo; los extremos se unen por medio de remaches ó de pernos, donde es imposible remachar.

Las partes ascendentes del sifón fueron elevadas, llevando cada extremidad entre dos grandes pontones sólidamente unidos y soportando cabrias. Á todo lo largo de la parte horizontal del futuro sifón se amarraron toneles vacíos en cantidad tal que su fuerza ascensional correspondiese sensiblemente al peso total del sistema. Se tomó esta disposición para impedir el descenso demasiado rápido en el momento de la inmersión en su sitio; el tubo vendría á llenarse de agua y á fin de poderlo levantar fácilmente si venía á ocupar una falsa posición.

En tanto que se tomaban estas medidas se dragaba el emplazamiento que debía ocupar el sifón.

Las piezas constitutivas de la obra eran llevadas á remolque al punto deseado, donde comenzó la inmersión llenando de agua el interior, así como el espacio anular. Á medida que se verificaba el descenso se aflojaban los cables de las extremidades del tubo. Los talleres de las dos orillas estaban, por otra parte, unidos á una comunicación telefónica. La operación se efectuó sin dificultad digna de mención y no duró más que seis horas y media.

El sifón, habiendo sido colocado en seguida en su lugar se llenó el surco por medio de arena y, más tarde, fué recubierto todo por una capa de hormigón, echado en sacos, de 0<sup>m</sup>.30 milímetros de espesor, de modo que constituía una protección mecánica suficiente contra las caídas de anclas ú otros objetos pesados.

Fácilmente se comprende que la introducción del cemento en el sifón era una operación delicada; para realizarla con éxito, debía ser ejecutada de una sola vez y de manera que se asegurase la salida completa del aire, á fin de evitar las venteaduras.

Después de una serie de experimentos, se reconoció que convenía tomar por lo menos una proporción, su peso, de 30 de agua por 100 de cemento, con objeto de obtener una masa bastante plástica y que no rezumase demasiado. Sin embargo, la masa así constituida contenía todavía un excedente importante de agua que debía separarse en el momento del fraguado. Una introducción del cemento de ensayo, efectuada al aire libre, demostró que en toda la periferia el cemento formaba una masa compacta y bien homogénea; pero en la parte superior, y hasta una profundidad de 2 ó 4 centímetros, existía un espacio de venteaduras, debidas á la presencia del agua en exceso y del aire

arrastrado. Para contrarrestar este efecto, se había descentrado las dos paredes del tubo, 5 centímetros (figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>), á fin de obtener en esta parte superior, debajo de la región defectuosa, un espesor en buen estado igual al de la parte inferior.

Por lo demás, se había tenido cuidado cada 10 metros de adaptar tubos de salida de 8 centímetros de diámetro, destinados á permitir el escape del aire y del agua hacia la superficie por conductos de caucho sujetos á boyas.

Así como lo había demostrado el ensayo en un tubo de 10 centímetros de diámetro y de 50 metros de longitud, una muy débil presión bastaba para producir la introducción del mortero de cemento.

Se trató primero de emplear el cemento puro; pero se temía que el fraguado diese lugar á una elevación de temperatura excesiva, la cual, en caso de retardo imprevisto en las operaciones, hubiese acelerado demasiado este fraguado. Por esta razón, se decidió emplear en la obra arena-cemento, que se componía de partes iguales de cemento y de arena molidos juntamente y después tamizados.

En una de las extremidades del sifón se dispusieron ocho grandes cubetas de cemento de 5<sup>m</sup>.30 de diámetro, provistas de amasadoras movidas por siete automóviles. Del fondo de cada cubeta partía una reguera, por donde el mortero de las diferentes cubetas venía á encontrarse en un punto común para ganar en seguida el espacio anular del sifón.

Amasado perfectamente el cemento en las cubetas, se abrieron los agujeros de desagüe y en hora y media quedó lleno el espacio anular del sifón.

Los tubos de desagüe funcionaron con perfección y el fraguado se realizó en las mejores condiciones.

El sifón de Langrebo ocasionó gastos por valor de 344 000 francos, de los cuales 42.000 se emplearon en instalaciones provisionales.—O.

## JUNTA HIDRÁULICA PARA ÁRBOLES DE TURBINAS DE VAPOR

La impermeabilidad de las juntas entre los árboles de las turbinas de vapor y sus envolventes se asegura generalmente por piezas acanaladas fijadas en los árboles, y girando, con un poco de juego, en cojinetes fijos é igualmente acanalados. Aquellas piezas y estos cojinetes forman lo que se llama una junta de laberinto. El principal inconveniente de este tipo de juntas es el de ser muy embarazoso y exagerar la longitud de las turbinas.

La junta para árbol de turbina, construida por la Brush Electrical Engineering C.<sup>o</sup>, de Loughborough (Inglaterra), de la cual damos el dibujo, evita este inconveniente; permite acortar notablemente las turbinas y parece poder asegurar una impermeabilidad equivalente, por lo menos, á la de la junta en laberinto.

El árbol *c* de la turbina (fig. 1) pasa con un juego de 3 ó 4 milímetros en un collar solidario de la envolvente *a* de esta turbina. Este collar lleva un anillo ajustable *b* taladrado por dos conductos radiales, á los cuales vienen, del exterior, á terminar, dos tubos *d* y *e* (fig. 2). Por sus extremidades abiertas estos tubos *d* y *e* penetran en un compartimiento anular I-II formado por un anillo acanalado *f*; asegurado con pernos sobre el cuerpo *g* de la turbina. En fin, el interior de este compartimiento está dividido en dos cámaras I y II por un saliente en disco del *b*, y en cada una de aquellas cámaras están dispuestas, de una y otra parte de este disco, un cierto número de paletas radiales que dejan entre sí, como se comprende, el paso libre que le es necesario.

Se hace llegar por el tubo *b*, al hueco del anillo *f*, agua ú otro líquido, el cual se encuentra bien pronto arrastrado por el movimiento de rotación del cuerpo *g* de la turbina, por las paletas radiales de este anillo *f*. La fuerza centrífuga desarrollada por este movimiento aplica, por consecuencia, este líquido con-