

COMPROBACION DE LA IMPERMEABILIDAD

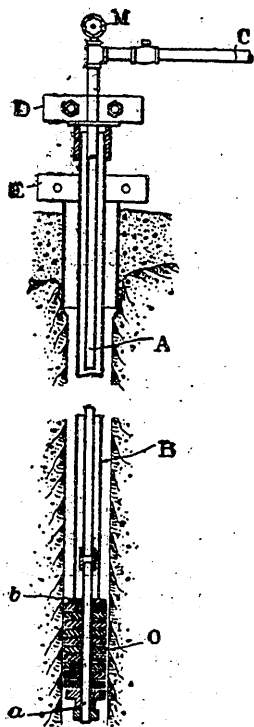
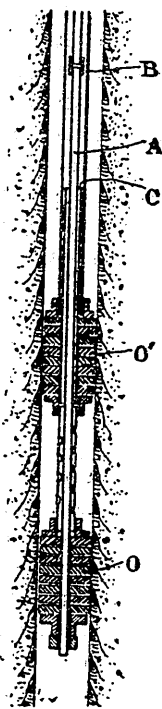
DE LOS AGUJEROS DE SONDA

La construcción de una conducción de agua de las montañas de Calskill á Nueva York ha presentado grandes dificultades, principalmente cuando se ha tratado de atravesar el Hudson por medio de un sifón subterráneo. En este punto era necesario asegurarse de la facilidad de socavar el sifón en la roca y de la impermeabilidad de ésta para que las filtraciones no viniesen á ensuciar el agua del acueducto.

El estudio preliminar del terreno fué hecho por medio de agujeros de sonda y con la ayuda de dos aparatos descritos en las *Engineering News* del 23 de Mayo y que han sido inventados por M. J. Floran.

El primero de estos aparatos servía para comprobar la dirección del sondeo y se compone esencialmente de una caja de latón, en cuyo interior está alojada una brújula que se puede liberar ó inmovilizar á voluntad en un baño de parafina solidificada, fundida por medio de una corriente eléctrica. El segundo (figura 1.^a), mediría directamente la permeabilidad de las paredes del agujero de sonda.

Un obturador *O*, constituido por rodajas de caucho blando sostenidas por dos bridas de hierro, se descendía por el agujero de sonda. La brida inferior *a* se fijaba á un tubo de hierro *A* de pequeño diámetro, suspendido á un collar de detención *D*, por el cual se podía hacer que llegase, al fondo del agujero, agua bajo presión que conducía el tubo *C*, y cuya presión estaba indicada por un manómetro *M*. La segunda brida *b* estaba, por su parte, unida á un segundo tubo *B* suspendido de la travesía *E* y rodeando á *A*; los dos tubos *A* y *B* eran rígidos y dispuestos de modo que permitieran cambiar de lugar al primero con relación

Fig. 1.^aFig. 2.^a

al segundo. Cuando el aparato había llegado á la posición deseada, se subía el tubo interior para inflar el obturador *O*, que se aplicaba entonces exactamente contra las paredes del tubo. Se inyectaba en seguida el agua bajo presión, sea por el tubo interior, si se quería estudiar la impermeabilidad de las paredes por debajo del tapón (caso de la figura 1.^a), sea por el tubo exterior, si se quería estudiar la de la pared por encima del mismo tapón,

después se cerraba la llave del tubo *C* de llegada del agua. La rapidez con que disminuía la presión indicada por el manómetro podía dar una idea de la permeabilidad de estas paredes.

La figura 2.^a representa una variante del aparato precedente, que sirve para estudiar un trozo corto cualquiera de un agujero de sonda. El obturador de este aparato es doble y está formado de dos tapones *O* y *O'*; uno de ellos, *O*, está unido al tubo central por su brida inferior; el otro, *O'*, está fijado al tubo exterior *B* por su brida superior, y los dos obturadores están rígidamente unidos entre sí por un tubo intermedio de longitud ajustable *C*. Entre *O* y *O'* este tubo intermedio está perforado. Basta con esta disposición acortar el tubo central *A* con relación al tubo exterior *B* para inflar á la vez los dos tapones *O* y *O'*, porque el intervalo entre ambos queda perfectamente constante, é introducir en seguida el agua en este intervalo por el espacio anular existente entre los dos tubos *A* y *B*, para poder comprobar la impermeabilidad de la pared entre *O* y *O'*.

Si se producen escapes entre *O* y la pared ó en el metal del tubo interior *A*, se advierte bien pronto por una salida del agua exterior. Del mismo modo, un escape entre *O* y la pared del tubo exterior se denuncia por un desbordamiento del agua en la cavidad que rodea el tubo *B* cuando la pared del agujero es impermeable ó cuando éste se halla guarnecido por una tubería.—*O*.

LEGISLACION

Nacionalización de los saltos de agua en Italia.

Los Ingenieros Rumi y Figari han discutido el nuevo proyecto de ley relativo al aprovechamiento de las fuerzas hidráulicas ante la Asociación de Ingenieros electricistas italianos. Consideran que el legislador se ha preocupado exclusivamente de los intereses del Estado y de los Municipios, no teniendo para nada en cuenta los resultados económicos generales de una organización racional de la explotación de los saltos de agua.

El Estado, no tan sólo se reserva el derecho de limitar é inspeccionar el otorgamiento de las concesiones, sino que además comprobará también las cualidades del concesionario. La duración de las concesiones privadas se limitará á treinta años; la de concesiones para empresas públicas á cincuenta años. Después de ese plazo, las concesiones volverán á las Colectividades, Municipios ó Provincias, quienes podrán prolongar la duración de las concesiones si lo juzgasen conveniente.

Los concesionarios deberán pagar á las municipalidades contribuciones especiales. El Estado se reserva además el derecho de retirar la concesión si se demuestra que por cualquier clase de medios, bien sean naturales ó artificiales, es posible una utilización mejor de las aguas.

La tarifa para las aplicaciones mecánicas, etc., será de 8 libras por caballo-año, pero será preciso hacer una distinción entre las fábricas generadoras, cuyas condiciones de explotación pueden ser muy diferentes.

La explotación de los saltos de agua va á reducir considerablemente las importaciones de combustibles y deberá tenerse en consideración esta circunstancia.

En 1896-97 la potencia hidráulica producida en Italia se elevó á 89.000 caballos, en tanto que la potencia producida por las máquinas de vapor llegó á 1.700.000 caballos. El consumo de carbón representaba un desembolso de 328 millones de libras. En 1905, las potencias eran respectivamente de 288.000 y 3 millones de caballos. El consumo de carbón aumentó, pues, más de un 50 por 100, mientras que la potencia hidráulica se triplicó.

Según opinión de los Ingenieros Rumi y Figari, la potencia total de las corrientes de agua italianas que podría aprovecharse

ascenderá á 5 millones de caballos y representa una fortuna nacional de 5.000 millones de liras.—H.

LAS LEYES DE LA FILTRACION A TRAVES DE LAS COLUMNAS DE ARENA

Y LAS LEYES DE OHM

Este artículo, publicado en el *Journal de Physique théorique et appliquée* (Marzo, 1907), tiene por objeto recordar los datos esenciales y las conclusiones principales de un importante trabajo de M. Julien Brunhes, publicado en las Memorias de la Academia de Ciencias, Inscripciones y Bellas Letras de Tolosa, con el título de *Investigaciones experimentales sobre el paso de los líquidos á través de las substancias permeables y de las capas filtrantes*.

Esta Memoria, más interesante, tal vez, para los Ingenieros que para los Físicos, parece que no ha hallado, desde su publicación, la notoriedad á que tenía derecho; sus puntos fundamentales pueden resumirse del modo siguiente:

1.º *Proporcionalidad del gasto á la presión.*—En los experimentos característicos en que la presión variaba por la corriente misma, la presión H en el instante θ dada por la fórmula

$$H = H_0 e^{-m\theta}, \text{ siendo } H_0 \text{ la presión inicial y } m \text{ un coeficiente característico para cada filtro. Los gastos están dados naturalmente por una fórmula exposicional análoga } \varphi = \varphi_0 e^{-m\theta}.$$

El coeficiente de permeabilidad indicado $m = 0.002072$ que corresponde á una arena silícea cuidadosamente tamizada y lavada, es sensiblemente más elevado que los que han obtenido para las capas arenosas naturales diferentes observadores y principalmente Darcy (*Fuentes públicas de la ciudad de Dijon*, 1856) y Ed. Maillet (*Ensayos de hidráulica*, 1905). Pero se sabe que la presencia de impurezas, aun ligeras, reduce extraordinariamente la velocidad de filtración y que los elementos arcillosos ó margosos disminuyen mucho la permeabilidad.

2.º *Variación del gasto con la longitud de la columna de arena.*—Los experimentos hechos han demostrado la proporcionalidad de las duraciones de la corriente con las longitudes de las columnas filtrantes tomadas sobre un mismo tubo, lo que es la extensión de una ley de Poiseuille para los tubos capilares.

3.º *Variaciones del gasto con la sección de una columna filtrante y con el grueso de la arena.*—La proporcionalidad del gasto con la sección se admite como evidente para columnas filtrantes de composición idéntica. Respecto á las dimensiones de los granos, la ley de Poiseuille relativa á las cuartas potencias de los diámetros de los huecos capilares conduce inmediatamente á una relación

$$\frac{\theta}{\theta'} = \frac{D^2}{D'^2}$$

que expresa que á gasto igual las duraciones son inversamente proporcionales á los cuadrados de las dimensiones medias de los huecos ó de los granos. Para los gastos en tiempos iguales se tendría $\frac{\varphi}{\varphi'} = \frac{D^2}{D'^2}$.

M. Brunhes manifiesta, sin embargo, que esta relación no se verifica bien para las arenas finas que tienen las aristas menos redondeadas.

Es interesante recordar que Slichter (*Report of the United States Geological Survey*, 1899), considerando un romboedro de ángulo δ , cuyos vértices son los centros de esferas de diámetro d , y aplicando á la corriente por los huecos la ley de Poiseuille ha encontrado la fórmula del gasto

$$\varphi = 7,77 H \cdot \frac{FD^2}{\alpha}$$

en la cual P designa la superficie filtrante considerada, supuesta llena de esferas de diámetro D , H la carga, y α un coeficiente variable de 0,84 á 0,12 según cada disposición romboédrica, es decir, según el ángulo δ . Los experimentos de King tienden á demostrar que con la arena llevada por el cribado á un grueso

uniforme, esta fórmula es aplicable, pero que para $D > 0,11 \text{ cm}$. el gasto crece con menos rapidez que la carga.

Allen Hazen (*Filtration of public water supplies*, Nueva York, 1905), ha introducido la noción del *grosor efectivo del grano*, el conjunto de los granos cuyo volumen es inferior al del grano considerado $\frac{\pi}{6} D_e^3$ debiendo pesar $\frac{1}{10^6}$ del peso total. Establece así una fórmula basada sobre la penetración máxima

$$mV = 1,16 D_e^2 H;$$

mV es la velocidad de filtración obtenida dividiendo el gasto por la sección total, comprendida en ella la materia filtrante.

Este autor ha observado que mV no crece con tanta rapidez como H cuando D_e excede á 0,2 cm.

4.º *Variación del gasto con la temperatura.*—Esta parte de la Memoria presenta un interés particular, por haber sido lo más frecuente despreñar la influencia de la temperatura en los problemas de la filtración. Los experimentos de Brunhes han establecido con claridad que las variaciones de la velocidad de la corriente provocadas por la temperatura eran las mismas para la filtración á través de la arena que para la corriente por los tubos capilares y que dependían únicamente de la variación con la temperatura del coeficiente μ de viscosidad del líquido, el cual es para el agua, según Poiseuille

$$\mu = \frac{0,00001837}{1 + 0,337 T + 0,00022 T^2} \text{ g. sec. cm.}^{-2}$$

Se sabe que, según O. Reynold, el coeficiente de viscosidad vuelve á ser independiente de la densidad del líquido y de su temperatura cuando la velocidad crítica es sobrepasada y que el movimiento de torbellino se produce. Este movimiento ha sido observado en la filtración por diversos experimentadores, principalmente por Masoni, con arenas bastante finas para filtrar bajo una carga de 100.

En definitiva, las leyes de la filtración á través de una capa de arena han sido resumidas por Julien Brunhes desde 1881 en una fórmula general de gasto

$$\varphi = \frac{H}{\int \frac{ds}{CS}}$$

en la cual s designa el espesor de la capa filtrante, C el coeficiente de permeabilidad variable con la temperatura, y S la sección filtrante, siendo C y S funciones de s . Hace así resaltar una analogía inmediata con las leyes de Ohm, analogía que no aparecía en las leyes de Poiseuille relativas á la corriente capilar; pero que resulta evidentemente de que en los dos casos (filtración y corriente eléctrica) la cantidad de fluido que atraviesa un elemento de una superficie de nivel es proporcional á la carga (hidráulica ó eléctrica). Se podría volver á encontrar esta analogía considerando el caso hipotético de una masa permeable indefinida con un centro único de absorción del líquido; las superficies de equilibrio son esferas concéntricas y se obtiene la altura piezométrica correspondiente á esta superficie bajo la forma de una potencial newtoniana. Se llega, pues, naturalmente, para una masa indefinida á una ecuación de potenciales ó de Laplace, semejante á la que se obtiene para el potencial eléctrico.

Recordemos, finalmente, que en las notas que M. Boussinesq