

La purificación del agua para el uso público (*)

POR

A. GORDON MAC-LEOD

(Conferencia dictada el 28 de Noviembre de 1916)

(*Conclusión*)

Después de arreglar el filtro otra vez, con el mismo grueso de arena limpia, y ahora lavada, se principia a trabajar de nuevo. La arena limpia sacada de un filtro se mejora dejandola algún tiempo para su aereación. Se sabe que el fango o cieno fino que primero se deposita sobre la arena es bastante fino para interceptar los migro organismos, aunque sean de los más pequeños.

Colocación de válvulas.—Primero tenemos una válvula de entrada que preferiblemente debe ser una válvula automática con flotador y, (donde se puede hacerlo) es mejor colocarla en un lugar lateral que puede ser cubierto y protegido de las heladas del invierno en países del Norte. La válvula es en equilibrio y trabaja por una palanca que lleva en su extremidad un globo de cobre (*figura número 5*). En Belfast, Irlanda, se usa un sistema de canales o acequias para la distribución llana y lisa sobre los filtros; el agua corriendo por los canales rebosa al lado inferior de una especie de vertedero para dar margen absolutamente nivelado y una cantidad constante.

Muchas veces se surte el agua a los filtros por una compuerta sencilla al cuidado de un hombre; pero la colocación automática es preferible y se ahorra trabajo y tiempo en la manipulación de los filtros. Donde se usa compuerta, se descarga el agua sobre la superficie de la arena por una serie de rebalsadores o argollas en forma de una trompa y de fierro fundido que se ajustan uno en otro, de manera que cuando se quita la capita de arena sucia para limpiarla, se quita también una argolla, la cual se repone cuando se levanta otra vez el nivel o espesor de la arena.

Estas argollas están todas colocadas en una curva de 90° que está unida a la cañería de salida del filtro, (*figura N.º 6*),

Cuando se carga los filtros por primera vez, se usa naturalmente agua que

Ver el número de Diciembre de 1916 de los ANALES.

no ha sido filtrada; pero cuando está funcionando el establecimiento, se carga el filtro con agua ya filtrada de un filtro situado al lado del filtro vacío, por debajo, y por medio de una válvula colocada en la muralla de división entre los dos filtros y con agua limpia. Así se consiguen tres objetos:

1.º Se carga con agua limpia.

2.º Siendo llenado de debajo, la arena no recibe ningún exceso de presión para molestar su forma en la superficie; y

3.º Cualquiera cantidad de aire contenido en los materiales filtrantes es empujado por arriba y se escapa.

Se coloca cañones para aire a cada 6 metros más o menos contra la muralla de los filtros para permitir escapar el aire cuando se carga los filtros. Es claro que el aire se escapa con mucho más facilidad cuando se cargan los filtros por abajo,

El agua purificada baja gradualmente por la arena, cascajo y piedras, etc., hasta que llega a los canales en el fondo, y así por ellos es guiada al pozo de salida hecho a un lado del filtro mismo. Se construye el pozo a veces de concreto, y a veces de fierro fundido alquitranado. Al medio del pozo, se coloca una columna de fierro teniendo un tubo telescópico de bronce con una cabeza en la forma de una campana, que se puede bajar o levantar por medio de un tornillo de bronce con manivela.

El agua pura entra al pozo por abajo, sube adentro del mismo a su propio nivel, (es decir, el nivel en el lecho del filtro) y cae en el tubo telescópico. De aquí corre el agua por una curva y cañería hasta el estanque de agua limpia. (fig. 7). Al tubo telescópico se puede colocar una pequeña escala metálica graduada que sirve para dar una idea de la cantidad de agua que sale del filtro una vez puesto el tubo en su verdadero nivel.

A medida que el filtro se carga gradualmente de impurezas (capa sobre la arena) es necesario bajar el tubo telescópico para aumentar la presión de agua sobre la arena hasta el límite, o sea 50 centímetros más o menos, cuando el filtro tiene que ser limpiado.

En el dibujo número 7 la regulación es dejada a juicio de un trabajador. Pero como ahora las invenciones automáticas son la moda, (y también se ahorra trabajo) se ha pensado de colocar el tubo telescópico a una balsa o flotador que se puede regular para dar el rendimiento debido y que corresponda al área del filtro, asegurando así una extracción constante; y como el nivel del agua encima de la arena queda uniforme por la válvula descrita por fig. 5, es evidente que, una vez que el filtro principia a descargar, sigue haciéndolo en una manera uniforme hasta que el tubo telescópico llegue a su límite. Se puede, por lo demás, calcular con bastante exactitud la cantidad que pasa por el filtro. Se usa una modificación de este aparato en Varsovia, Londres, Buenos Aires y muchas otras ciudades. (fig. número 8).

Se ha pensado también juntar un registrador a la boca de la salida del filtro, que marca automáticamente sobre un tambor operado por un reloj; así la cantidad

filtrada queda registrada y puede ser calculada fácilmente. El cuidador del filtro manda los diagramas del aparato cada semana al ingeniero para que haga el cálculo de consumo de la ciudad. El Prof. Burton de Tokio, Japón, da una descripción de una válvula de reducción que da un grado uniforme de filtración. Como he tenido ocasión en la práctica de seguir la construcción de válvulas de esta clase, creo que sería oportuno dar una descripción general de su acción y construcción.

La construcción general de la válvula es indicada por el plano adjunto. Un punto muy importante es el diaframa con su orificio indicado en el (A). La válvula debe dejar pasar 2 200 000 galones por 24 horas, o sea 337 litros por minuto más o menos con una diferencia de presión,—entre lo de adentro del cuerpo del aparato, y lo de afuera—igual a una altura de 280 m/m. Es innecesario dar una descripción más detallada de la válvula por ser claramente ilustrada por el dibujo. Su acción es la siguiente: Al principio, las dos válvulas de bronce con su eje accionador y su pistón serían en la posición lo más bajo posible, es decir, al fin de su carrera. El agua entrando en la dirección indicada por la flecha, encuentra una resistencia considerable debido a la disminución del pasaje que presenta el diaframa, así que se produce una diferencia de presión entre el agua adentro del cuerpo del aparato y lo de afuera del mismo.

Como la superficie inferior del pistón tiene comunicación con el interior del aparato, y la superficie superior tiene igualmente comunicación con el agua afuera, el resultado neto de un aumento de presión contra la superficie inferior sería bastante para hacer subir el pistón,—disminuir en seguida la cantidad de agua pasando por la válvula propia,—reducir la diferencia de presión que existe los dos lados del diaframa, (o en otras palabras) lo que existe adentro y afuera del aparato, y en fin, poner en el pistón en un estado de equilibrio por ser la presión abajo igual a la de arriba.

Así es que la válvula se encuentra balanceada y seguirá pasando una cantidad constante de agua que es lo necesario hasta una nueva modificación de las presiones, cuando se ajuste otra vez para dar la misma cantidad constante.

Volviendo a hablar de los filtros, en caso de accidente a una de las válvulas, el filtro debe tener un rebosadero que conduzca el agua a un desagüe. Se coloca también un cañón limpiador con válvula para desaguar el filtro en el caso de limpiar o recomponerlo.

Para lavar la arena.—Talvez el modo más elemental es de poner la arena en el suelo, echarle agua con una manguera y después moverla con una pala. En Escocia, se emplea mucho un cajón de fierro fundido provisto de una crinolina con agujeros de 3.2 m/m. cada 25 milímetros más o menos. El agua entra por debajo, bajo presión (una presión baja y volumen grande, es mejor) y pasa por la crinolina en surtidores chicos por la arena, que de esta manera queda en movimiento, ayudado por un trabajador, agitándola de arriba. Se deja correr el agua hasta que salga pura y limpia del rebosadero. A veces, en lugar de una crinolina, se hace el

fondo del cajón con barras de fierro redondo de 25 m^1/m diámetro y de largo igual al del cajón, puesto uno al costado del otro, sus intersticios sirviendo como surtidores de agua. (Fig. núm. 9).

Los que siguen son detalles de una prueba hecha hace algunos años en los filtros de Irvine en Escocia. El cajón tenía 1.80 metros por 0.90 m. adentro. El aparato era similar a lo indicado en el dibujo número 9.

Detalles de la prueba:

Tiempo para llenar cajón con arena, hondura 3.10 m/m	7 minutos
Agua corriendo y rebozando, agitación de arena por mano	8 »
Válvula de entrada cerrada; válvula salida abierta, con cajón vaciando	2 »
Sacando la arena con palas	6 »
	— —
	23 minutos

Ahora el volumen de arena lavada es de $1.8 \times 0.9 \times 0.31$, o sea 0.502 m^3 . Resulta que se necesita media hora para lavar 0.502 m^3 o sea 750 kilos de arena, lo que da 1 500 kilos por hora, o 15 000 kilos por día de 10 horas. (Son 15 toneladas de arena por 10 horas de trabajo).

El agua gastada por la limpieza, fué a razón de 1 237 litros por minuto. Es de notar, sin embargo, que si es necesario llevar la arena a alguna distancia, sería necesario emplear 2 hombres. En fin,—el resultado general de la prueba era que con una máquina (cajón) de 1.80 m. por 0.90 m y con dos hombres, se puede lavar fácilmente unas 20 toneladas de arena sucia en 10 horas, más o menos, usando 13,620 litros de agua por tonelada de 1 016 kilos, con un aparato de 1.80 m. \times 1.20 m. dos hombres pueden lavar 30 toneladas de arena en 10 horas. En estos cálculos hay que tomar en cuenta que la misma arena sucia estaba unos 10 metros del aparato y el lugar a donde se depositaba la arena limpia quedaba a la misma distancia. No hemos incluido el tiempo ocupado en sacar la arena sucia del filtro, ni el tiempo pasado en llevarlo a los carretones.

Generalmente se coloca el cajón muy cerca de los filtros. En algunos casos donde los filtros son muy grandes, se lo pone en el centro del mismo filtro, pero esta colocación no es muy cómoda, a menos que se pueda arreglar de limpiar el filtro muchas veces.

Aparato portátil de lavar.—En esta máquina la arena sucia es llevada en carretillas a una plataforma y de aquí es echada en la tolva de un tambor giratorio o rotativo, donde se le hace recorrer siete veces la circunferencia del tambor antes de salir al lado de abajo, por los diaframas que forman una barrera o división. Mientras de la arena que está cayendo por la superficie inclinada interior del tambor, se admite agua por un cañón interior perforado. El ascensor al lado

inferior levanta la arena a unas carretillas. Se anota que se puede cambiar el aparato de un filtro a otro y que su acción es continua.

Si hay fuerza motriz (por ejemplo una turbina chica) se puede hacer funcionar el «limpiador» por correa y polea. Este motor hidráulico o turbina puede ser llevado sobre un carrito aparte (o arreglándolo sobre el mismo carrito que lleva el tambor rotativo) y se podría poner otro ascensor al lado de entrada para levantar la arena sucia directamente del lecho del filtro, trayéndola en carritos al pie del ascensor; así se podría sacar la arena, lavarla y devolverla al filtro con el mínimo de trabajo de mano. Se conduce el agua a una máquina por una manguera. (Fig. 10).

No puedo cerrar esta lectura sin otra referencia a la *eliminación de Bacterios por la Purificación por Arena*. Los microbios de tipo bajo son comparativamente grandes y es fácil de cerrarles el paso. Su presencia es una indicación de materia orgánica, pero ellos mismos tal vez *no* son más peligrosos que los peces. Sin embargo, personas no muy científicas prefieren no comer tales animalitos criados por mayor. Por eso será mejor, cuando hay sospechas de impureza, hacer hervir el agua para matar todo bacterio, aunque existan por miles de millones en el agua cruda. Pueden ser o no dañosos al animal más desarrollado—el hombre—según su carácter. Es más que probable que son dañosos; por eso, de todos modos, es mejor librarse de ellos.

La parte principal de la operación de filtración por arena (como ya he indicado) es de expulsar los microbios que pueden ser en su mayor proporción inocentes, pero al mismo tiempo puede haber entre ellos un gran número de bacterios peligrosos.

Y aquí quiero decir que siguiendo su instinto, el ingeniero de agua potable en siglos pasados ha podido construir filtros buenos dando agua buena y pura, mucho antes que *él* mismo comprendiera mucho o aún algo del peligro terrible de los microbios de muchos tipos.

Sin embargo, es un hecho que con los exámenes más modernos, el ingeniero ya entiende mucho mejor lo que tiene que hacer, y estos mismos exámenes han comprobado de una manera definitiva la necesidad de la purificación inteligente, sistemática y científica.

Hasta ahora tenemos muchos sistemas de maquinarias llamados filtros de presión de tipo cerrado o abierto, según las circunstancias en que tienen que trabajar; pero por no hacer parecer a este esfuerzo mío en la lectura, demasiado largo, no voy a entrar en una descripción detallada de ellos. He circunscrito mis palabras a los filtros de arena que trabajan por gravitación, por ser, como ya sabemos, el primer tipo de filtro usado, y, según piensan muchos ingenieros hoy día, tal vez el más sencillo y eficiente de todos.

La arena es generalmente abundante y barata. Se ha probado otras cosas tal como carbón de espino, fierro poroso, etc., pero no hay comparación con la arena por su baratura y eficiencia. Se ha hablado de la capa delgada de fango o

cieno que forma uno de los caracteres más importantes de un filtro. Sin ella, no se puede filtrar bien el agua.

Muchos piensan que los primeros 3 a 4 centímetros de arena forman el campo de acción de millones de microbios que se atacan entre sí y se devoran unos a otros. De todos modos, es cierto que aquí cerca de la superficie de la arena, los microbios encuentran un alimento orgánico y crecen y multiplican enormemente. *Pero* el punto importante (y es un consuelo para nosotros) es que la gran mayoría de estos organismos malos queda en la arena y el agua sale casi libre de ellos.

Filtros portátiles de porcelana son bastante buenos para el uso doméstico mientras que son limpios, pero es imposible mantenerlos limpios para algún tiempo largo.

Grado de pureza.—Antes de terminar esta lectura, creo que será interesante darles algunos datos con respecto al análisis que ha sido adoptado en Gran Bretaña como «Standard» de agua potable para el uso público.

En el Reino Unido las autoridades exigen que toda agua debe cumplir con las cifras siguientes:

En partes o unidades por 1 000 000, el agua debe tener:

Residuo total	300 a 400.
Residuo orgánico	Algo más o menos <i>no</i> es admisible.
Cloro (Cl.)	15 a 30, excepción hecha de agua que procede de esteros minerales.
Amoniaco libre	0.05.
Amoniaco albuminoide	0.10.
Nitrógeno oxidado (N—)	1.5 a 2.0, excepción hecha de pozos y surtidos de agua clara.
Oxígeno consumido	3 a 4.
Dureza total	300.

