

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

## Nuevo procedimiento para la depuración de las aguas de alcantarilla por oxidación por medio de una corriente de aire.

La depuración de las aguas de alcantarilla, tiene por objeto hacerlas inofensivas antes de arrojarlas á un curso de agua ó al mar, que es el medio más natural y más empleado para desembarazarse de ellas. Es un problema que preocupa á los higienistas del mundo entero, y puede decirse que está cada vez más á la orden del día desde hace medio siglo.

Muchos procedimientos de depuración se han ensayado, pero no hay todavía ninguno cuya superioridad se haya manifestado de tal modo que pueda adoptarse con exclusión de los demás. Por otra parte las condiciones locales y la composición variable de las aguas de alcantarilla influye en la elección del procedimiento que conviene adoptar según los casos.

Todas las aguas de alcantarilla contienen las materias sólidas y líquidas arrojadas por la población, desperdicios domésticos, derechos de industrias diversas y generalmente todas las inmundicias arrastradas por las aguas de lluvia; se encuentran en ellas, por lo tanto, materias minerales, vegetales y animales, ya en suspensión, ya en disolución. Además contienen organismos vivientes en enorme cantidad, de los que la mayor parte son inofensivos y son agentes indispensables para la transformación de las materias orgánicas en inorgánicas, pero hay también un gran número que son patógenos y deben destruirse. Entre las materias orgánicas se distinguen las que son nitrogenadas, como la urea, la proteína, etc., y las que no contienen nitrógeno y que constituyen los hidrocarburos, tales como las grasas, jabones, etc.

Entre las materias sólidas, muchas flotan en la superficie, como los pedazos de madera, papeles, frutas y ciertos vegetales. Cuando las aguas están en estado de reposo, se forma un depósito fangoso y viscoso, pero el líquido permanece turbio, y las materias vegetales y animales no tardan en entrar en putrefacción con emisión de olores repugnantes. Se comprende, pues, el interés que hay en eliminar y destruir todas estas materias.

Los procedimientos de depuración consisten, ya en separar simplemente las materias flotantes ó contenidas en suspensión por una filtración á través de rejillas ó cribas de formas diversas, ya en dejar que permanezcan las aguas durante un cierto tiempo en estanques de grandes dimensiones en cuyo fondo se depositan una gran parte de las materias. Para acelerar la formación de los depósitos se ha recurrido al empleo de ciertos productos químicos, tales como la cal, el sulfato de hierro, el sulfa-

to de alúmina. Ciertos procedimientos están fundados en la acción destructora de las bacterias contenidas en las aguas, al abrigo del aire en estanques especiales que se han llamado fosas sépticas ó, por el contrario, en presencia del aire, de donde se derivan el método de los lechos de contacto, el de esparcimiento sobre vastos terrenos de naturaleza porosa ó arenosa, en fin, la filtración por filtros que contienen diversas materias, gravas, cok, escorias, ladrillos partidos, etc. En general, cualquiera que sea el procedimiento empleado, conviene someter las aguas á una basta filtración preliminar, para eliminar las materias voluminosas flotantes ó en suspensión.

Además, para que la depuración sea completa, deben las aguas sufrir una ó varias de las operaciones enumeradas anteriormente.

*Nuevo procedimiento de oxidación por corriente de aire.*—Este procedimiento está fundado no solamente en la acción directa del aire, sino también en la de depósitos que proceden de una operación precedente y que se mezclan con las aguas frescas de alcantarilla que se trata de depurar. He aquí por qué este procedimiento se ha designado en Inglaterra con el nombre de *activated sludge process*. Lo describe M. L. R. M. en *Le Génie Civil*, sirviéndose de una obra muy completa, titulada *Seewage disposal*, publicada por MM. Kinnicut, Winslow y Prat y que acaba de editarse en Nueva York: esta nota es un resumen del artículo publicado en aquella revista.

En 1913 los Sres. Fowler y Munford demostraron que las aguas de las alcantarillas de Manchester sometidas á la acción de las bacterias oxidantes, con inyección de aire, venían á ser claras y se volvían imputrescibles al cabo de seis horas. Al año siguiente, los Sres. Ardern y Lockett, continuando estos experimentos, demostraron que bajo la acción del aire solo, se necesitaban cinco semanas para obtener la nitrificación completa de las materias contenidas en las aguas de alcantarilla; pero mezclando con las nuevas aguas de alcantarilla los depósitos que se formaban en este período de tiempo se operaba la nitrificación en mucho menos tiempo.

De una serie de experimentos hechos con aguas de alcantarilla en cantidad cada vez mayor, resulta que si se mezclaban cuatro partes en volumen de agua de alcantarilla con una parte de los depósitos preliminarmente oxidados, y se inyectaba en la mezcla 4.560 litros de aire por metro cuadrado de superficie del estanque durante cuatro á seis horas, lo fluente, después de un cierto tiempo de reposo, venía á ser muy claro é imputrescible.

Experimentos análogos se hacían en América hacia la misma época. Estos demostraron que los depósitos eran susceptibles de

adquirir su propiedad oxidante con bastante rapidez, y que, por consecuencia, era inútil obtener la nitrificación completa en el tratamiento preliminar de las primeras aguas. Siguiéron otras mejoras, principalmente la disposición de los estanques, que permitían operar de una manera continua.

El tiempo que debe durar la inyección de aire depende de la cantidad de los depósitos mezclados con las aguas en tratamiento, de la cantidad de aire inyectado, de la calidad de las aguas y del grado de pureza que se quiera obtener. Una duración de una ó dos horas basta para conseguir un fluente claro y desprovisto de materias orgánicas en el estado coloidal, pero sólo después de un espacio de tiempo, por lo menos de tres horas, es cuando la nitrificación y la destrucción de las bacterias llegan a un grado satisfactorio.

Los estanques en que se hace la inyección de aire no deben ser demasiado profundos, á fin de evitar que el aire inyectado no llegue á una presión elevada, lo que podría producir irregularidades en la distribución.

La inyección de aire no tiene solamente por objeto suministrar el oxígeno necesario para la nitrificación de las materias orgánicas, sino que sirve también para producir la agitación de la mezcla. Según la calidad de las aguas, la cantidad de aire inyectado varía de 7 á 18 metros cúbicos por metro cúbico de agua.

El aire debe inyectarse en pequeñas burbujas. Generalmente, pasa á través de las placas porosas especiales (*filtres plates*) á una presión que varía de 140 á 700 gramos por centímetro cuadrado. Estas placas se componen de cuarzo fundido con vidrio machacado; son cuadradas, de 30 centímetros de lado, y tienen, próximamente, 4 centímetros de espesor. Se les coloca en el fondo del estanque, en surcos de sección triangular. Se han ensayado también placas metálicas perforadas, que han dado resultados satisfactorios, y placas de madera.

Los bloques de madera deben cortarse transversalmente á las fibras; dan burbujas muy pequeñas y bien distribuidas, pero se deterioran con rapidez, á menos de habérseles inyectado un preservativo, que disminuye su eficacia. Se pueden, en fin, emplear tubos metálicos, espaciados de 5 á 15 centímetros y perforados por pequeños agujeros de 1 á 2 milímetros de diámetro.

Cuando termina el periodo de inyección de aire, pasan las aguas á un estanque en que se depositan. Basta una permanencia de treinta á cincuenta minutos, á la velocidad de 30 á 90 centímetros por minuto.

La proporción del depósito preliminar oxidado que se ha de introducir en las aguas que tienen que depurarse está en razón inversa de la cantidad de aire inyectado. En general, es de un 20 á un 25 por 100.

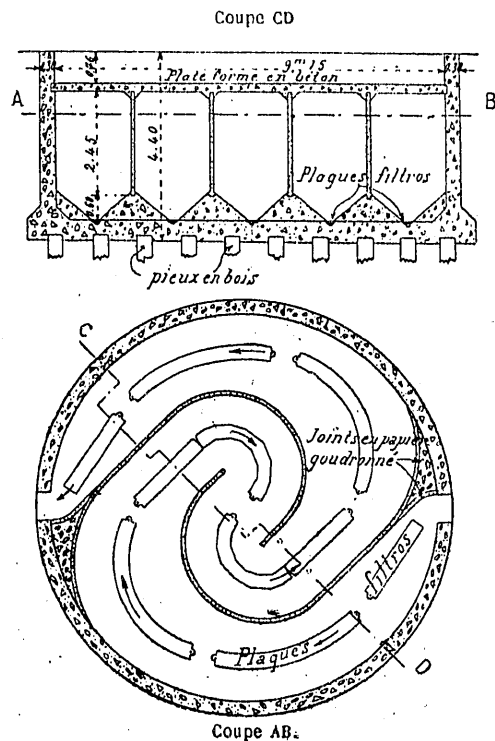
Para hacer comprender el funcionamiento de este procedimiento, da el autor la descripción de dos instalaciones que se han hecho en América, una en Milwankee (en la isla Jones), la otra en Cleveland (Ohio).

La primera instalación se hizo á título de ensayo. Compréndía once grandes cubas circulares de 9,10 metros de diámetro y 3,95 metros de profundidad (fig. 1.<sup>a</sup>). De estas cubas, ocho estaban dispuestas para la inyección del aire, una para la sedimentación subsiguiente, y dos para la revivificación de los depósitos.

Las cubas de aeración estaban divididas interiormente por tabiques curvos de manera de formar un canal circular de 1,80 metros de anchura y 34,60 de longitud, con un fondo formado de dos paredes inclinadas, ocupando las placas-filtros la arista inferior. Los orificios se habían calculado de manera de dejar pasar 56 litros de aire por minuto, á una presión de 350 gramos por centímetro cuadrado, ó sean 75 litros de aire por minuto y por metro cuadrado de superficie horizontal de la cuba. Se sumi-

nistraba el aire por un compresor Connessville, del tipo Boston.

El fondo de la cuba de sedimentación tenía la forma de embudo, terminándose por un tubo de fundición de 1,20 metros de diámetro y de 7,30 metros de longitud, en el cual se acumulaban los depósitos. En el interior de este primer tubo estaba colocado un segundo tubo de 30 centímetros de diámetro, extendiéndose desde el extremo del tubo hasta la parte superior de la cuba. Por este segundo tubo es por donde los depósitos se expul-



Figs. 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>

saban á la cuba de revivificación ó bien hacia las prensas de exprimir, por medio del aire comprimido inyectado por un tubo central de 25 milímetros de diámetro.

Se llegaban á tratar 7.400 metros cúbicos de agua de alcantarilla por día próximamente. La duración de la inyección de aire era de cuatro horas y la de la sedimentación de veintisiete minutos. La cantidad de depósitos preliminarmente oxidados y mezclados á las aguas que habían de tratarse era de un 25 por 100.

Con tres horas de inyección de aire y veinte minutos de sedimentación se llegaban á depurar 9.800 metros cúbicos por día.

Esta instalación presentaba algunos defectos: se observó que los depósitos que permanecían en las cañerías que servían para hacerlos pasar de una cuba á otra, venían á ser sépticos y consumían una gran parte del oxígeno inyectado. Las placas-filtros funcionaban mal, y los depósitos que se fijaban sobre las paredes inclinadas del fondo de las cubas venían también á ser sépticos. La duración de la sedimentación era demasiado corta. Para obtener resultados satisfactorios era necesario reducir á 90 centímetros por minuto la velocidad horizontal en la cuba de sedimentación.

La instalación de Cleveland ha funcionado con feliz éxito y ha dado resultados más prácticos que la de Milwankee. Está dispuesta para tratar, próximamente, 4.500 metros cúbicos de agua de alcantarilla por día, pero sin buscar una depuración y una nitrificación completas. La inyección de aire dura dos horas, la sedimentación treinta minutos y la revivificación de los depósitos dos horas.

Los estanques son de forma rectangular, de 18 por 9 metros. Están divididos en seis compartimientos iguales, por dos tabiques longitudinales y uno transversal (figuras 3.<sup>a</sup> á 6.<sup>a</sup>). Cinco de estos compartimientos tienen 4,55 metros de profundidad efectiva y

están provistos de tabiques abiertos, alternativamente, arriba y abajo, de manera de hacer circular las aguas verticalmente.

El fondo se compone de una serie de canales transversales triangulares, en cuya arista inferior se han fijado las placas-filtros; la superficie de estas últimas es, próximamente, la quinta parte de la superficie de los estanques. Uno de los compartimientos se utiliza para revivificar los depósitos, mientras que las aguas sometidas á la aeración pasan sucesivamente á dos de los otros.

El sexto compartimiento, reservado á la sedimentación, tiene 8,20 metros de profundidad efectiva, y su fondo tiene forma de embudo. Los depósitos son extraídos por el aire comprimido, á través de una cañería que los lleva al compartimiento de revivificación, colocado á un nivel superior al de los compartimientos de aeración. Los depósitos revivificados pueden así mezclarse por simple gravedad con las aguas que se han de depurar.

# ELECTRIFICACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

POR

D. LUIS SÁNCHEZ CUERVO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONCLUSIÓN) (1)

*Materiales é instalaciones necesarios.*

## LOCOMOTORAS.

HORARIO NÚM. 1.—Requiere cinco locomotoras en servicio. Para reserva y en reparaciones, basta prever tres más, que eleva el total á ocho.

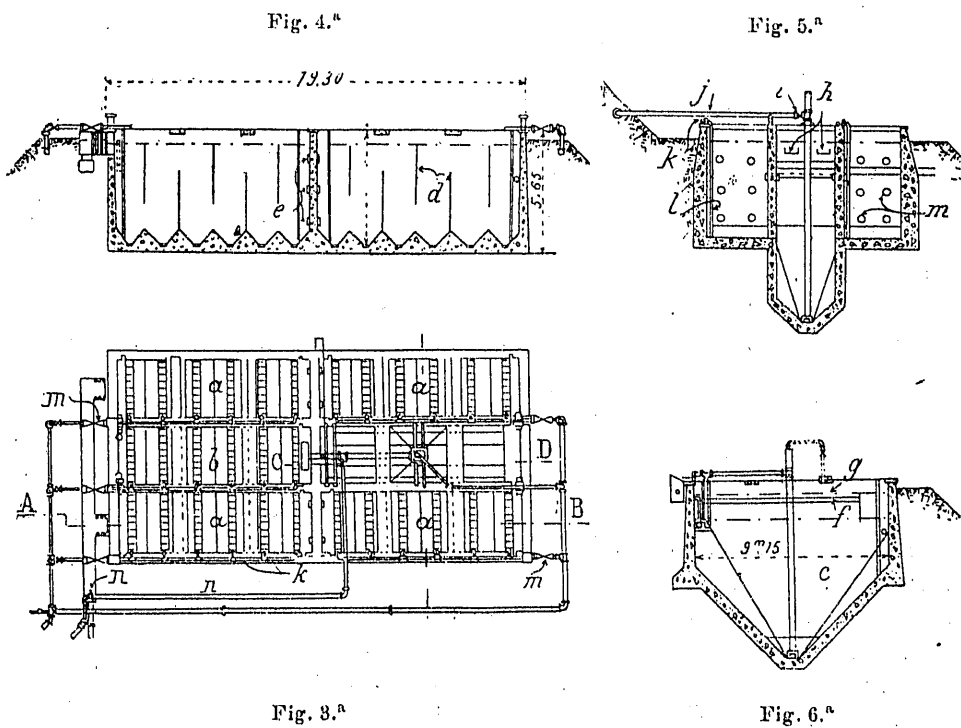


Fig. 3.<sup>a</sup> (plano).—*a*, compartimiento de aeración; *b*, compartimiento de sedimentación; *m*, contador; *n*, compuerta; *k*, válvula.  
 Fig. 4.<sup>a</sup> (corte AB).—*e*, tuberías; *d*, tabiques.  
 Fig. 5.<sup>a</sup>—*i*, compuerta; *h*, vertedero; *m*, tuberías de hierro incrustadas en el muro; *l*, cañería de aire; *k*, válvula; *j*, cañería de los depósitos.  
 Fig. 6.<sup>a</sup>—*g*, nivel de las aguas; *f*, vertedero; *c*, compartimiento de sedimentación.

El aire está suministrado por un compresor de turbina á la presión de 630 gramos por centímetro cuadrado. El volumen de aire inyectado es de 12.600 litros por minuto. Las placas-filtros están incrustadas en azufre en unas cajas de acero.

En resumen, este procedimiento, según el autor del artículo que extractamos, aunque apenas ha salido del terreno de los ensayos, ha dado ya resultados bastante satisfactorios para que pueda ocupar desde ahora un lugar importante entre los procedimientos de depuración, y es muy posible que llegue más tarde á suplantar por completo á los filtros. Sus principales ventajas residen en el alto grado de pureza que adquiere el agua depurada, en la exigüidad de los emplazamientos necesarios y en la ausencia de malos olores. Los depósitos que de él resultan son, es verdad, muy voluminosos; pero una vez desecados tienen un valor fertilizante excepcionalmente elevado.

HORARIO NÚM. 2.—Supone  $2 \times 8$  locomotoras en línea, ó sean 16 en servicio. Para prever la reserva y la reparación bastará con seis más, que da un total de 22 locomotoras á adquirir (2).

## *Línea de trabajo y retorno.*

El conductor de contacto será del tipo mayor que normalmente se trefila, con sección perfilada para la sustentación por medio de mordazas. Esta sección es de 120 milímetros cuadrados y no conviene excederla por las dificultades de montaje que ofrecerían secciones más fuertes.

La resistencia óhmica por kilómetro de este conductor es de 0,15 á la temperatura media de 15° C. Por cada 100 amperios y kilómetro, la caída de tensión en él es de 15 voltios. La capacidad de conducción de este conductor sin calentamiento excesivo puede cifrarse en unos 1.200 amperios de un modo continuo ó 1.500 por breves períodos.

La vía de rodadura formará parte del circuito de retorno.

(1) Véase el número anterior.  
 (2) Véase apéndice.—Nota 5.<sup>a</sup>

