

Algunas instalaciones de depuración de aguas negras en Inglaterra

Al encargarme el Director de la Escuela la clase de Ingeniería Sanitaria, con carácter provisional, el curso último, tropecé con la dificultad de explicar una materia tal como la depuración de aguas negras, que sólo conocía por lo escrito en libros y revistas, pero sin haber tenido ocasión de ver ninguna instalación; y considerando que forzosamente han de ser deficientes las explicaciones dadas sobre un asunto que sólo se conoce por referencias, solicité autorización de la Superioridad para trasladarme a Francia e Inglaterra y visitar las más modernas instalaciones de esa clase. Posteriormente averigüé que las instalaciones francesas están aun realmente en vías de ensayo, por lo que me pareció más conveniente dedicar todo el tiempo disponible a estudiar las del Norte de Inglaterra, donde, por corresponder a una zona fabril muy importante, las aguas negras son especialmente difíciles de tratar, y como consecuencia de ello, se ha estudiado más el asunto y se ha llegado a los mayores perfeccionamientos de la técnica. Ciertamente, en Alemania se ha trabajado también notablemente en este aspecto de la Ingeniería Municipal; pero el desconocimiento del idioma me impedía visitar con buen éxito las instalaciones de esta nación.

Las aguas negras arrojadas sin tratamiento a un curso de agua depositan en el cauce, en forma de lodos, las materias en suspensión que llevan, las cuales entran en putrefacción, originando desagradables olores y haciendo intransitables los alrededores; además, la gran cantidad de microorganismos, en gran parte patógenos, que conducen ocasionan grandes peligros a la salud pública, sobre todo si más abajo se toman aguas de estos ríos para el abastecimiento de poblaciones.

Es sabido que, naturalmente y por la acción de los microbios nitrificadores, se produce, sin embargo, una autodepuración en ríos y arroyos, de tal modo que el peligro de las aguas contaminadas disminuye a medida que se aleja el punto de contaminación y se da tiempo a dichos microorganismos para descomponer la materia orgánica y transformarla en compuestos minerales estables que no son perjudiciales. El fundamento de la depuración de aguas negras está en activar este proceso realizándolo por completo dentro de la instalación, de tal modo que cuando las aguas se arrojen al curso natural más próximo, el ciclo de la nitrificación esté terminado y las aguas sólo lleven un exceso de sustancias minerales que pueda diluirse en las que las reciban. Puede llegarse a obtener en las estaciones de depuración y en el estado actual de la técnica un efluente tal que pueda arrojarse a cursos de agua que más abajo se utilizan para la bebida. Sin embargo, cuando se trata del saneamiento de poblaciones grandes, no es esto lo corriente, pues de no verter a un río importante que diluyera las aguas depuradas, su excesiva mineralización las haría impropias para un abastecimiento.

De ordinario el problema se reduce a tratar las aguas de modo que se obtenga un efluente transparente, estable y sin olor, que puede aun llevar bacterias, aunque en número relativamente corto; este

efluente debe ser desinfectado por procedimientos químicos, principalmente por el cloro, en el caso que se vierta a un curso de agua de donde se tomen aguas para la bebida. Hay, pues, que considerar dos fases bien distintas en una depuración completa. El proceso de mineralización de la materia orgánica y la desinfección del efluente. De ordinario sólo se hace la primera parte, y en caso de necesitarse las dos, debe aun completarse en las poblaciones que aprovechen las aguas más abajo con escrupulosos procedimientos de filtración y cloración que las pongan a cubierto de cualquier defecto de las instalaciones de aguas arriba.

En las instalaciones visitadas en Inglaterra, desde luego sólo se trata de arrojar las aguas negras a ríos que, por pasar próximos a poblaciones, no deben ensuciarse. Basta, pues, para ello con el proceso de mineralización antes indicado.

Recordemos los fundamentos de la depuración biológica que permitan seguir la descripción a los lectores no especializados en estas materias.

Es sabido que la materia orgánica que llega a las alcantarillas con el agua que la arrastra está formada de compuestos nitrogenados, albuminoides principalmente, que son descompuestos por una serie de acciones bacterianas sucesivas, las cuales pueden clasificarse en dos grandes grupos; la primera fase, fase amoniacal o anaerobia, encomendada, sobre todo en su final, a especies que viven sin necesidad de oxígeno; y la segunda fase, fase nitrificadora, en que se produce la transformación del amoníaco primero en nitritos y luego en nitratos por la acción de bacterias aerobias que necesitan oxígeno para vivir.

La primera fase se inicia en las alcantarillas por un gran número de especies bacterianas que segregan diastasas que liquidan los albuminoides y los hacen así atacables por las colonias que actúan después. Al principio estas acciones no producen desprendimientos de malos olores; pero si la operación se hace lenta y naturalmente, por ejemplo, en un curso natural, donde es difícil que las aguas tomen el oxígeno que inicie pronto la nitrificación, entonces el proceso sigue hasta la putrefacción completa y los gases producidos por las últimas bacterias producen olores insoportables. En cambio, si artificialmente hacemos llegar el oxígeno de un modo abundante a las aguas tan pronto como éstas están en condiciones de empezar en ellas la nitrificación, por estar suficientemente adelantada la fase amoniacal, conseguimos evitar los olores y llegar muy pronto a la completa mineralización.

El tratamiento comprende, pues, una detención de las aguas en cámaras de decantación, que puede ser tanto menor cuanto mayor sea el tiempo que tarda en llegar desde la población a la instalación de depuración, es decir, cuanto más adelantada esté la fase amoniacal en el momento de la llegada. Esta decantación produce, además, la separación de una gran cantidad de materias sólidas en forma de cienos con los inconvenientes y ventajas que luego diremos. El proceso de oxidación y nitrificación empieza después y puede realizarse o por los antiguos

procedimientos de riegos a terrenos, cultivados o no, o por los más modernos de lechos de contacto, filtros percoladores y cienos activados. Los lechos de contacto formados de un árido grueso de carbón, escorias, etcétera, sobre el que crece la flora bacteriana y que trabajan por proceso intermitente que comprende las operaciones de llenar el filtro, dejar en reposo el agua, vaciar y dejar el filtro vacío para que se airee, parecen hoy mandados retirar. Así ocurre en Mánchester, donde se van a suprimir por completo, sustituyéndolos por los cienos activados.

En cambio los filtros percoladores, en que el agua negra se arroja de un modo continuo, pero no simultáneamente, en todo el filtro, sino en forma de riego por distribuidores giratorios o de vaivén, constituyen hoy el medio más perfecto de depuración, con el solo inconveniente del gran espacio que precisan. A pesar de ello, siguen construyéndose allí donde las aguas negras son extraordinariamente difíciles, como ocurre en Bradford.

Es sabido que el terreno, cuando se emplea el riego o el material de los filtros de los distintos sistemas, sirve de soporte a una película gelatinosa donde se desarrollan los microbios nitrificadores que producen las transformaciones ya indicadas. Modernamente se ha suprimido este soporte, haciendo que esa sustancia gelatinosa, que realmente es un cultivo microbiano, flote y se mezcle con las aguas a tratar, al mismo tiempo que se hace llegar a ellas aire en gran cantidad. Este es el fundamento del procedimiento de los cienos activados, hoy tan de moda, y cuya principal ventaja es la considerable reducción de espacio. La aireación necesaria al tratamiento puede conseguirse inyectando aire comprimido en la mezcla del agua y cieno activado, o bien agitando las aguas por ruedas de paletas; la primera instalación de este último tipo que se cita como clásica es la de Sheffield, con ruedas de paletas de eje horizontal. Modernamente se emplea mucho más el procedimiento Simplex con ruedas verticales, que iniciado para pequeñas instalaciones, se ha desarrollado después para otras más grandes, como las de Bury y Bolton, de que después hablaremos.

Con objeto de estudiar estos distintos sistemas, arreglé mi plan de viaje de modo que pudiera conocer instalaciones de filtros percoladores y de cienos activados, eligiendo entre las primeras la de Bradford, donde emplean los distribuidores giratorios, y la de Leeds, con distribuidores de vaivén. Entre las de cienos activados decidí prescindir de la de Sheffield, por parecerme que el sistema no ha obtenido gran aceptación, y, por tanto, elegí dos instalaciones, una sistema Simplex, en Bury, y otra de aire inyectado a presión, la de Mánchester.

En todas ellas me bastó dirigirme desde Madrid a los ingenieros municipales de dichas poblaciones, indicando mi cargo de profesor de la Escuela, para obtener la más amable acogida.

Empezaremos describiendo la instalación de Bradford, la más moderna e importante de las visitadas.

Instalación de Bradford

Bradford está situado en el condado de Yorkshire y tiene cerca de 300 000 habitantes. Es, pues, una población análoga a Valencia. Sin embargo, ocupa una superficie bastante mayor, pues aparte de un núcleo central relativamente pequeño, donde están los edi-

ficios públicos, Bancos, oficinas, etc., el resto de la población está formado de barriadas obreras y de fábricas que se extienden hasta llegar a las barriadas análogas de las poblaciones inmediatas. Casi todas las fábricas están dedicadas al tratamiento y tejido de lanas, con las cuales la primera operación que hay que realizar es lavarlas, operación en la cual pierden el 60 por 100 de su peso. Teniendo esto en cuenta y, además, que la cantidad de lanas tratadas dentro del Municipio de Bradford representa la quinta parte de la total producción del Mundo y las cuatro quintas partes de la de Inglaterra, se comprende que las aguas negras han de ir cargadas de una cantidad de materia orgánica muy superior a la que tienen las de otras poblaciones. Así se explica que a mediados del siglo pasado se citara a Bradford como una de las más asquerosas ciudades de la Tierra.

No podemos detenernos a detallar las distintas vicisitudes por que pasó desde esa fecha el tratamiento de las aguas negras. Hubo grandes reclamaciones de los ribereños del Aire, río al que se vertían todos los desechos de la población; pero, por otro lado, el Ayuntamiento no sabía por dónde acometer el problema, y varios intentos fueron infructuosos. Además, no tenían terreno donde establecer el riego con las aguas negras, que en la época a que nos referimos era el único sistema conocido de depuración. Al fin, decidida a tomar las cosas en serio, adquirió la Corporación municipal, en 1906, la finca de Esholt, antigua abadía de monjas cistercienses, primero, y después magnífica mansión señorial con palacio y espléndidos jardines, que en parte se conservan, de una extensión total de 750 hectáreas, y que, después de una interesante historia conocida con detalle desde los tiempos de Guillermo el Conquistador, ha acabado dedicada a la más prosaica y sucia de las operaciones de la Ingeniería municipal; el palacio, transformado en oficina y residencia de ingenieros y empleados, y parte de los jardines, que, aunque más pequeños, pueden compararse con los de Aranjuez o Versalles, convertidos en estanques de sedimentación y filtros bacterianos. Solamente en la compra de la finca gastó el Ayuntamiento 240 000 libras, después de un expediente de expropiación que duró ocho años, con incidencias muy parecidas a las que tenemos en España, y que creemos que sólo aquí ocurren.

Las instalaciones de Esholt quedan bastante alejadas de la población (unos veinte minutos en ferrocarril). Las primitivas obras de depuración estaban en Frizinghall, al pie de la ciudad, y para llegar a las nuevas han tenido que hacer un emisario en túnel atravesando una colina que forma la divisoria entre el río Aire y el arroyo a que antes vertían. Este emisario tiene sección circular de 3 m de diámetro y más de 4 kilómetros y medio de longitud. Está calculado para un caudal diario de 817 200 m³ y previsto para el aumento probable de la población en cien años. Hay, además, un colector que recoge las aportaciones de los barrios más alejados de Eccleshill e Idle, con sección ovoide de 1,10 m por 0,70 m, que tiene una longitud de 2 750 m, de ellos 530 en túnel, y es capaz para 55 000 m³ diarios.

Estas dos alcantarillas se reúnen a la entrada de las instalaciones de purificación, que consta de los siguientes elementos, indicados en el plano general (figura 1.^a).

1.º *Rejillas automáticas*.—Son una serie de rejillas dispuestas alrededor de un eje horizontal más alto

que el nivel del canal (fig. 2.^a). Este eje gira muy lentamente y se detiene cada vez que una reja queda

pos sólidos antes de todo tratamiento. Los productos no hay más remedio que tirarlos en campos, donde

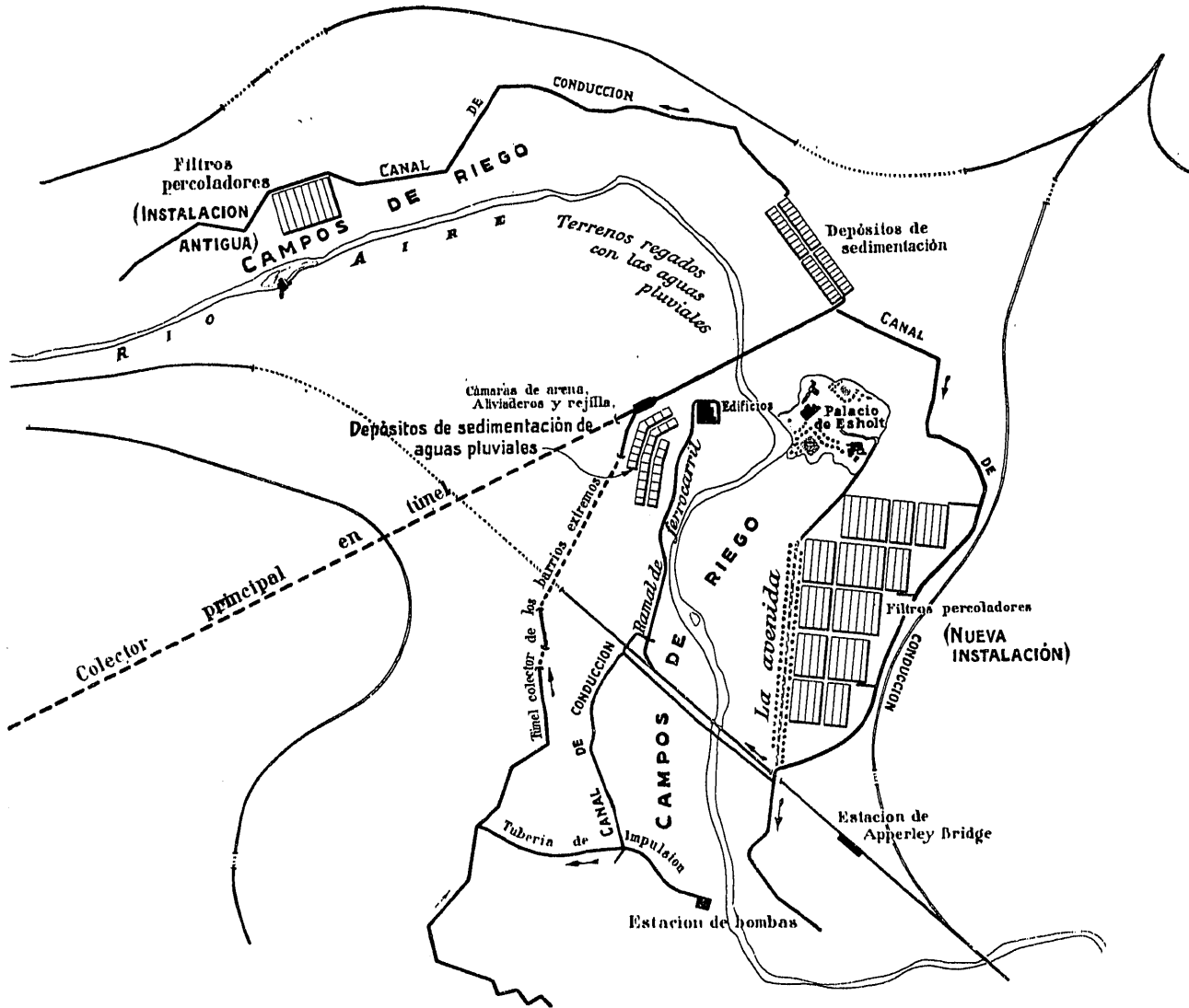


Fig. 1.º Plano general de la instalación de Bradford.

horizontal enfrente del peine limpiador (1), que la recorre en su totalidad en un movimiento de ida y vuelta, echando los productos a una cinta transportadora (2) transversal al canal, que los saca fuera del

forzosamente entran en descomposición y producen olores. En Bradford están principalmente formados de los desechos de los lavaderos de lanas.

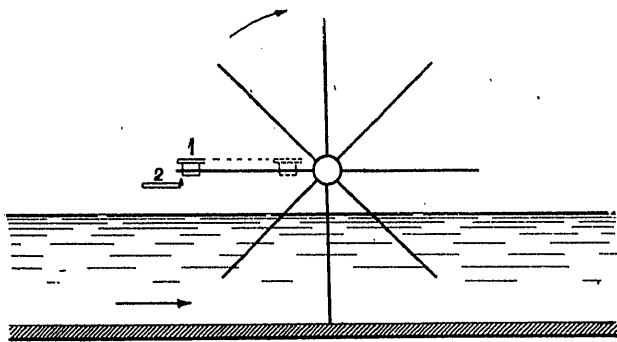


Fig. 2.º Bradford. Esquema de las rejillas automáticas.

edificio donde está montada toda esta maquinaria, cuyo movimiento se comprende que ha de ser complicado. Estas rejillas de limpieza automática existen en todas las instalaciones visitadas, aunque de distintos sistemas. Constituyen la parte más desagradable de la instalación, pues separan todos los cuer-

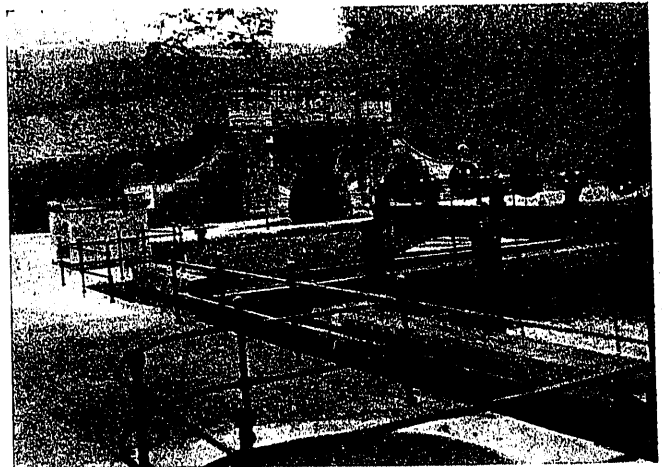


Fig. 3.º Bradford. Cámara de arena y boquilla del emisario principal.

2.º Cámaras de arena.—Son dos, que funcionan aisladamente o en paralelo, protegidas cada una en

la entrada por las rejillas del tipo descrito, con una capacidad total de 3 400 m³ (fig. 3.^a). En ellas están los vertederos que se ven en una de las fotografías (figura 4.^a), y tienen por objeto separar las aguas de

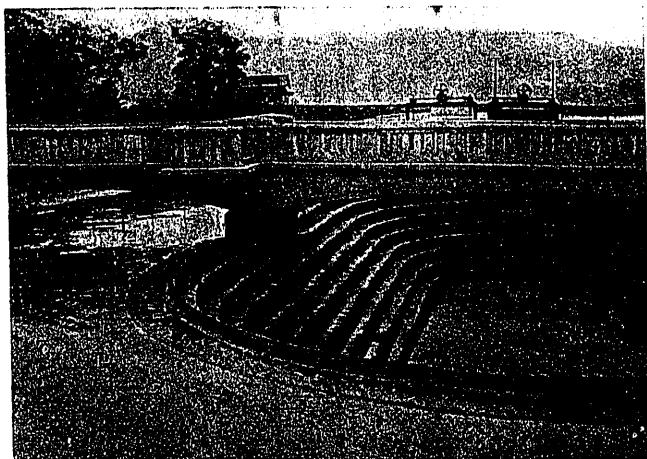


Fig. 4.ª Bradford. Aliviadero de crecidas.

lluvia de las que han de ser objeto del tratamiento posterior.

Como en Bradford el alcantarillado es del sistema unitario, toda el agua de lluvia de una zona muy extensa se reúne en las alcantarillas, y como ello obligaría a dimensiones exageradas en el emisario, se ha establecido éste para un caudal seis veces mayor que el de las aguas negras en tiempo seco. Cuando el caudal de aguas de lluvia es mayor, se tira por vertederos antes de la entrada del túnel. Un tercio de este volumen máximo es el que se depura por completo. El exceso sobre esta cantidad marcha por los vertederos para ser tratada por procedimientos más sencillos, que luego detallaremos.

El agua que ha de sufrir el tratamiento completo se lleva al otro lado del río por un sifón formado de dos tubos de fundición de 1,20 m de diámetro (se ha

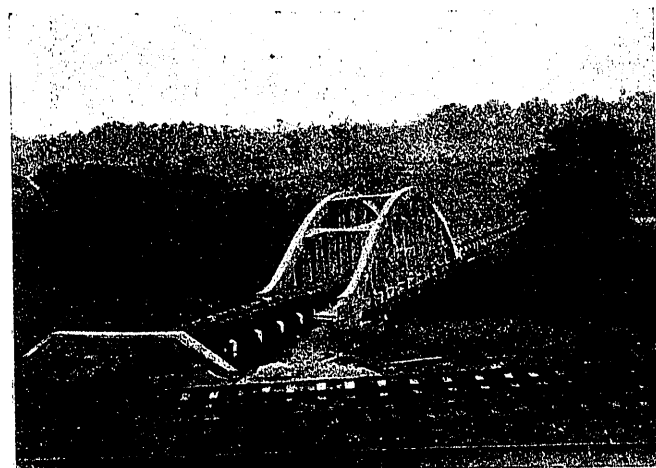


Fig. 5.ª Bradford. Puente de hormigón armado.

dejado todo dispuesto para poner aún otro) y de cerca de un kilómetro de longitud. Este sifón cruza el río por un airoso puente de hormigón armado de 40 m de luz y piso inferior, que también se indica en las fotografías.

3.º *Depósitos de sedimentación.*—La cabeza de

salida del sifón comunica con los depósitos de sedimentación mediante unos pequeños depósitos mezcladores de planta curva. Antes de llegar a estos depósitos se añade a las aguas negras ácido sulfúrico en cantidad aproximada de 100 mgr por litro. El ácido se echa por medio de una pequeña canal con goterones y tiene por objeto facilitar la sedimentación. La cantidad añadida no es suficiente para turbar la vida de las bacterias que trabajan, luego, en los filtros percoladores y que, como es sabido, viven en medios ligeramente alcalinos.

Hay dos series de veinte depósitos cada una. Cada depósito de la primera serie mide 47 m de largo por 20 de ancho y 2,30 m de profundidad. Los de la segunda serie son un poco más grandes. Con la misma longitud, tienen 22 m de ancho y 3,30 de profundidad. Con todos sus accesorios, ocupan más de cinco hectáreas de superficie. Estos depósitos trabajan por grupos de tres en serie, y la cantidad de estas series varía según el caudal a tratar en cada momento. De su tamaño da alguna idea una de las fotografías (fig. 6.^a). El recorrido que hace el agua en ellos,

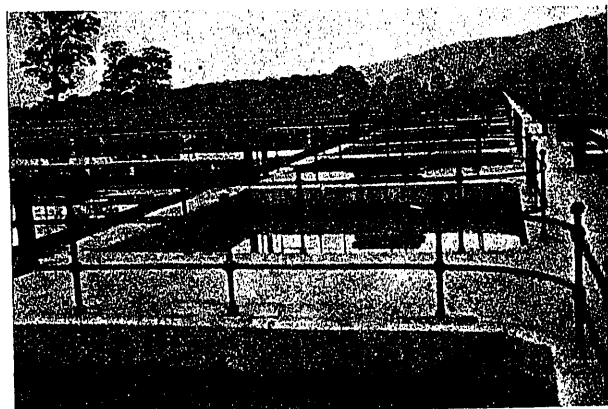


Fig. 6.ª Bradford. Depósitos de sedimentación.

donde se mueve de un modo continuo es, por tanto, de unos 140 m en veinticuatro horas. Deposita un barro negro de olor muy poco marcado. Los tanques tienen su tubo en el fondo para extraer el barro, pero éste no corre y no hay más remedio que hacer entrar hombres con palas a que lo remuevan. Esto ocurre en casi todos los tanques de sedimentación que he visto y constituye un serio inconveniente hasta ahora no resuelto.

4.º *Acueducto.*—Desde los depósitos de sedimentación a los filtros el agua se conduce por un acueducto de sección rectangular de 3 m de ancho y 2 de alto, cubierto por una losa de hormigón armado. Este acueducto presentó dificultades de construcción, por desarrollarse en gran parte en antiguas praderas que constituían un terreno muy poco resistente, por lo cual, en su mayor parte, hubo que fundarlo sobre pilotaje.

5.º *Filtros.*—Los filtros bacterianos son de tamaño verdaderamente imponente. Cada uno tiene 160 × 160 m de planta y una profundidad de 1,60 m. En la actualidad estaban tres en servicio; pero cuando se construyan todos ocuparán más de 20 hectáreas. Están formados por paredes y solera de hormigón. En ésta se han dejado, al hormigonarlas, las canales que forman los drenes (fig. 7.^a). En los bordes de estas canales se colocan dos filas de ladrillos, separados por

espacios de la mitad de su longitud y encima una losa de hormigón que sirve de tapa. El filtro se forma de

todo lo bueno que fuera de desear, aunque va mejorando poco a poco.

Además de lo indicado, la instalación de Bradford cuenta con depósitos de sedimentación para el tra-

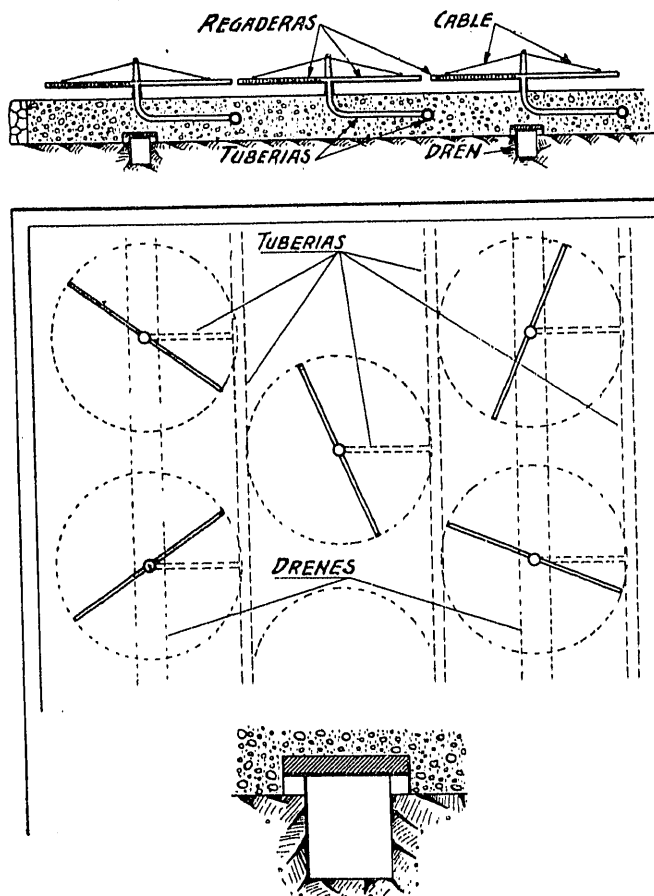


Fig. 7.ª Esquema de los filtros de Bradford.

carbón de hulla que llega en trenes enteros y se descarga por medios mecánicos que pueden verse en una de las fotografías, que representa un filtro en construcción (fig. 8.ª). Los distribuidores del tipo ro-

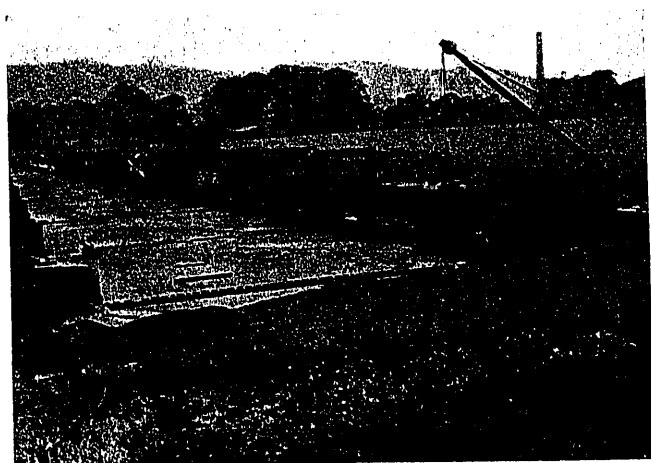


Fig. 8.ª Bradford. Construcción de un filtro percolador.

tativo, llamados en Inglaterra «Sprinklers» y que aquí podríamos llamar molinetes o distribuidores giratorios, tienen unos 10 m de diámetro y están colocados al tresbolillo, formando filas que dos de ellas caen sobre los drenes y la otra en medio. Entre cada dos filas va, enterrado en el carbón, el tubo que trae el agua para filtrar. De estos filtros arranca ya el emisario que tira las aguas al río. A pesar de toda la enorme instalación descrita, el efluente no es aún



Fig. 9.ª Bradford. Filtro percolador en funcionamiento.

tamiento de las aguas pluviales y con una instalación para el tratamiento de los cienos, que constituye uno de sus aspectos más característicos.

Las aguas de lluvia, después de sedimentar en los siete depósitos indicados, son vertidas a un terreno inmediato en forma de riego, de donde se filtran al río.

Por lo que se refiere a los cienos, su tratamiento es el siguiente: Se les añade ácido sulfúrico y por medio del aire comprimido se les hace subir por tuberías al edificio especial para este objeto. En éste se empieza



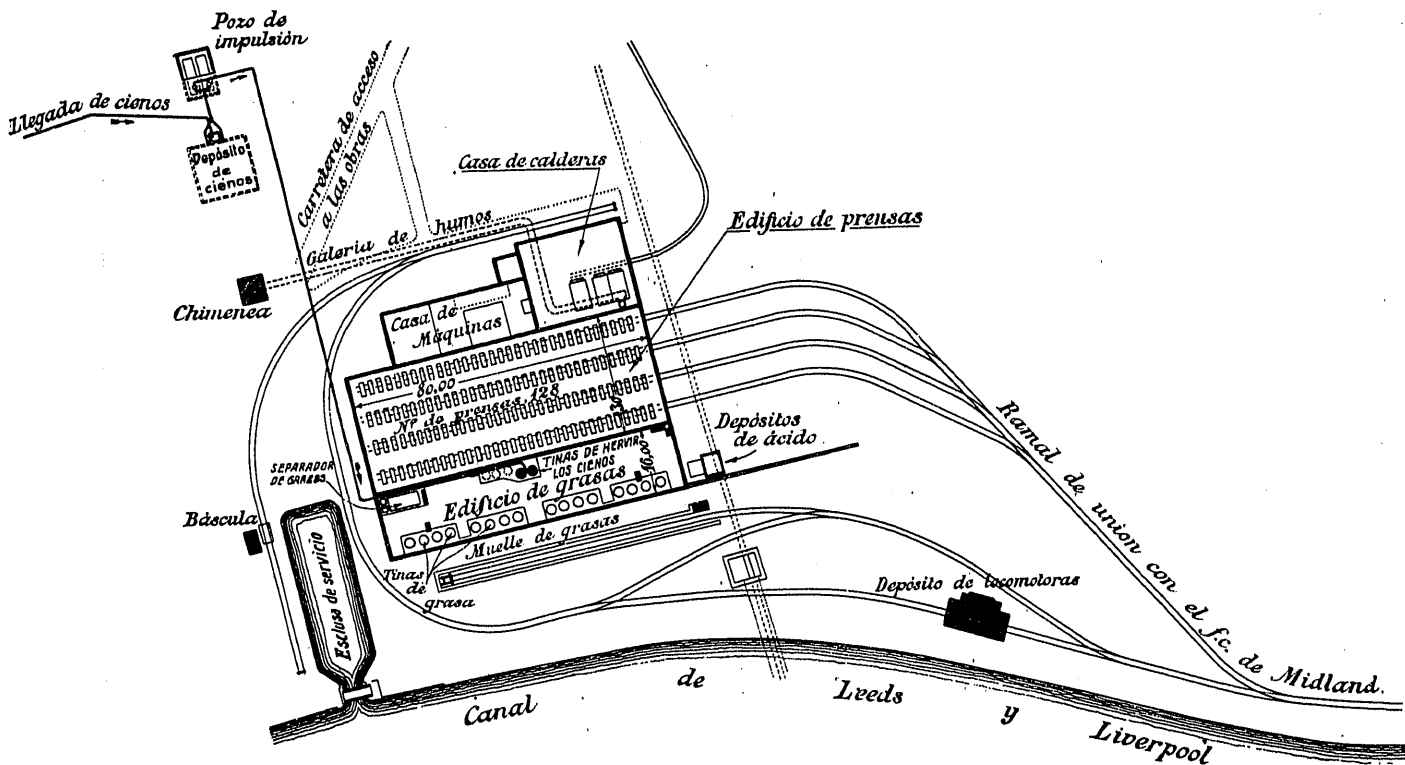
Fig. 10. Bradford. Palacio de Esholf.

por calentarlos con vapor en recipientes cerrados, para liquidar las grasas que contienen. En esta forma pasan a filtros-prensas de lienzo, en los que se obtiene una materia esponjosa y negra con sólo 30 por 100 de agua, que se vende como abono, después de pulverizado, y cae el líquido, formado por agua y grasas; se separan éstas por decantación y se hierven con ácido sulfúrico en recipientes forrados de plomo, obteniendo aceites que tienen aplicación para pinturas y engrase de maquinaria. En la figura 11 aparece la planta del edificio de tratamiento de cienos, cuyas dimensiones dan una idea de la importancia de la instalación. Se extraen anualmente unas 6 000 toneladas de grasas.

Las fotografías dan idea de la magnitud de la ins-

talación y del lujo de la misma. La sillería se ha usado con frecuencia, y, sobre todo, la boquilla de salida del túnel principal está construída con bastantes pretensiones, así como el edificio de tratamiento de cienos.

res, y en los filtros no existen insectos, al contrario de lo que ocurre en Leeds. Su construcción ha sido cara, más se espera no tener que tocarlos en muchos años. En la actualidad se continúan constru-



ESCALA
0 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Metros. C.

Fig. 11. Planta de la instalación de cienos de Bradford.

El antiguo palacio y los jardines que le rodean y que ocultan los tanques y filtros hacen olvidar por com-

yendo y se trabaja también en la construcción de una fábrica de ácido sulfúrico (fig. 12), pues, dadas las cantidades que consumen, esperan encontrar economía fabricándolo allí mismo, en lugar de comprarlo.

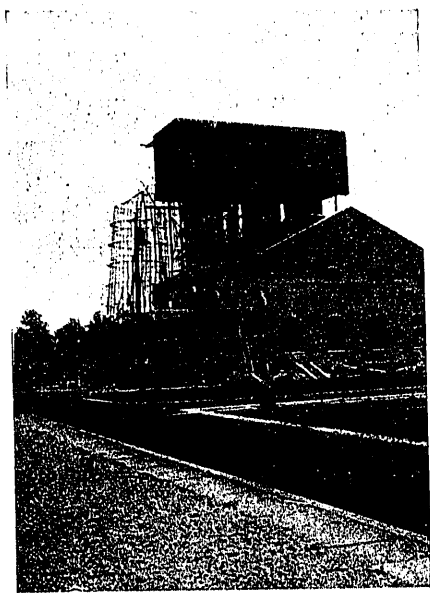


Fig. 12. Bradford. Fábrica de ácido sulfúrico.

Me llamó la atención también la carretera de acceso a las obras que acaban de construir, con firme de hormigón. Este firme tiene 15 cm de grueso y está armado con tela metálica de mallas de varilla. Los 11 cm más profundos se construían primero empleando para el hormigón grava de las areniscas locales. Los cuatro últimos centímetros se hacían antes del endurecimiento completo de lo anterior con mortero de arena de granito, que se traía desde más de 30 km.

Da idea de la magnitud de las obras la cantidad de medios auxiliares empleados por el Ayuntamiento, que las ha hecho en su mayor parte por administración. Entre este material, reunido parcialmente ahora en un parque para su venta, figuraban cuatro palas de vapor, diez locomotoras para vía normal, otras varias para vía portátil, once grúas de vapor móviles y siete hormigoneras. Las obras tienen su apartadero en comunicación con los principales ferrocarriles del país. La explotación y entretenimiento de las obras ocupan constantemente a ciento cincuenta hombres.

pleto la clase de operaciones a que se dedica la finca. Las operaciones descritas producen muy pocos olo-

Juan LÁZARO URRÁ
Profesor de la Escuela de C., C. y P.