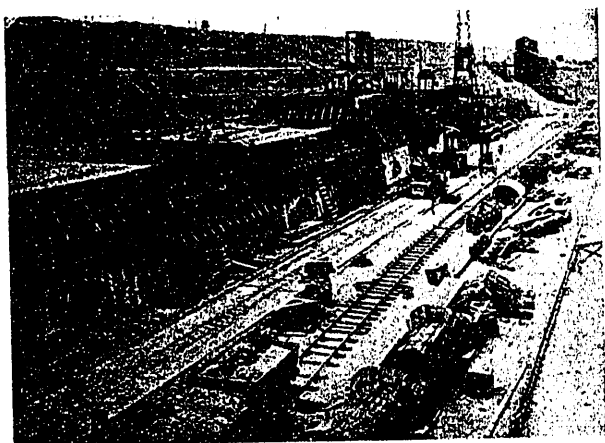


estación principal se transformaba la corriente en otra a 6000 voltios, que era la tensión adoptada para el funcionamiento de las instalaciones fijas y grandes excavadoras, y en subestaciones se transformaba a 380 voltios entre fases, para la alimentación de moto-



Construcción de las esclusas

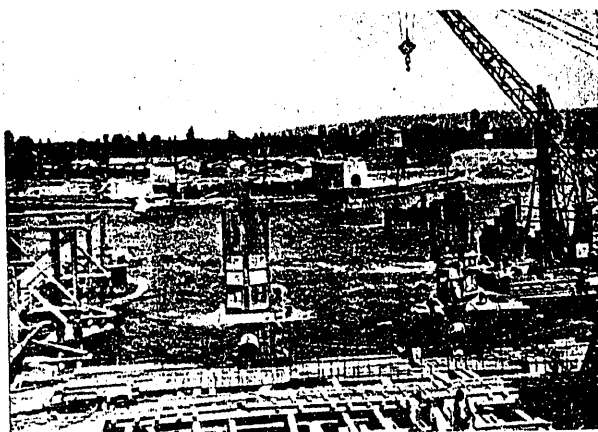
res pequeños, y 220 voltios entre fases y neutro, para la instalación de alumbrado y calefacción.

Presa.—La presa y sus obras accesorias se adjudicaron por concurso a las Empresas alemanas Dyckerhoff & Widmann y Siemens Bau Union en colaboración con la casa Locher & Cia., de Zurich.

Los trabajos de la presa se empezaron en diciembre de 1928, habiendo sido su programa de ejecución en extremo delicado, a causa de la necesidad de mantener en todo tiempo una gran abertura libre para la navegación. Esto condujo al establecimiento de dos instalaciones auxiliares completamente independientes, situadas una en cada margen, por no ser posi-

ble la ejecución de un puente de servicio. El estribo y la primera pila de la margen derecha del río se cimentaron a cielo abierto, construyendo un recinto impermeable por medio de tablestacado metálico de paredes dobles rellenas de arcilla, y las demás pilas y el otro estribo se cimentaron por aire comprimido. Con objeto de dejar a la navegación un paso provisional de 60 metros, la primera pila de la margen derecha se dejó enrasada al nivel de la solera, hasta que se terminó la construcción de las esclusas y se pudieron poner éstas en funcionamiento.

Al terminar estas notas, quiero expresar mi agradecimiento tanto al ingeniero M. Grüner, a cuya



Construcción de la presa

amabilidad debo la orientación sobre las obras más interesantes visitadas en Suiza, como a los ingenieros del organismo "Service des Travaux", que me dieron toda clase de facilidades durante mi visita a las instalaciones de Kembs.

Pedro MARTINEZ CATENA
Ingeniero de Caminos

Tendencias norteamericanas en la depuración de aguas residuales

A través del conjunto de instalaciones para la depuración de aguas residuales construidas en los Estados Unidos en los últimos años, se perciben tres tendencias generales, que, complementándose, aspiran al fin natural de obtener de un modo constante la mejor depuración que a cada caso convenga.

Estas tres tendencias son, a nuestro juicio, las siguientes: construcción de estaciones previas de experimentación, separación y homogeneización de cada función depuradora e impedir las variaciones que, debidas a los cambios climatológicos o a otras causas, puedan sufrir las condiciones de la depuración.

Por medio de la construcción previa de pequeñas estaciones de ensayo se pueden hallar experimentalmente los métodos más convenientes, las dimensiones que han de tener los tanques y aparatos y la marcha conveniente de las operaciones para obtener el mejor rendimiento, dadas las condiciones del lugar y la naturaleza del afluente.

La mejor homogeneidad en las operaciones pretenden lograrla generalmente por medios mecánicos, como veremos más adelante, y haciendo que cada aparato tenga una sola función, que resulta así más controlable.

Las condiciones en que se logra el mayor rendimiento y resultado se mantienen constantes por medio de un asiduo control de los diferentes pasos de la depuración y corrigiendo los efectos de las variaciones externas mediante calefacción u otros sistemas.

Estaciones experimentales.—Las ventajas obtenidas por medio de las pequeñas instalaciones de ensayo hacen que cada vez se acuda a ellas con más frecuencia. El gasto suplementario que pueda suponer su construcción se recobra posteriormente con creces.

La estación experimental de Miami (Florida) se construyó para las aguas residuales correspondientes a unos 2150 habitantes. Constaba de un tanque de

sedimentación de fangos, de 6×6 m y 1,80 de profundidad, provisto de un mecanismo Dorr para la remoción del fango. La detención de las aguas en él variaba de 43 a 150 minutos. Los fangos frescos eran llevados por medio de bombas al tanque de digestión, de 6 m de diámetro y unos 4 m de profundidad útil, provisto también de un mecanismo para distribuir uniformemente el fango fresco y remover el digerido, y su capacidad por habitante era de unos 54 litros.

Los fangos digeridos se llevaban a un secadero drenado, de $4,25 \times 4,25$ m, formado por una capa de 40 cm de ladrillo roto y cubierto por 10 cm de arena fina, resultando un área aproximada de 83 centímetros cuadrados por persona.

La instalación dió un gran resultado. Como la temperatura media diaria en aquella población oscilaba solamente entre 22 y 30 grados centígrados, no hubo necesidad de acudir a calentar los tanques ni adoptar disposiciones enterradas. Se halló que la cantidad de fangos producida era de 21,8 litros por persona y año; que el período de digestión más conveniente era de uno y medio a dos meses; que las materias sólidas en suspensión en el líquido del tanque se reducían de $8,5 \text{ cm}^3$ a $1,8 \text{ cm}^3$ por litro; que la capacidad del tanque de digestión podía reducirse a 28 litros por habitante; que el área para desecado de fangos podía también reducirse a 56 cm^2 por persona, tardando en secarse de ocho a nueve días, mientras que en las ciudades del Norte se necesita un área de 400 a 800 cm^2 por habitante, y que el fango desecado tenía un gran poder fertilizante y podía emplearse en gran cantidad sin riesgo alguno para el cultivo.

En Siracusa (N. Y.) se había proyectado, hace ya muchos años, una depuración a base de tanques Imhoff y filtros percoladores. La construcción tuvo que retrasarse considerablemente, y luego se vió que el sistema iba a resultar muy costoso, debido a la gran elevación sufrida por los precios. Se construyó entonces una pequeña estación experimental, y después de ensayar diversos sistemas de tanques de sedimentación, filtros y tanques de fangos activados, se adoptó, de acuerdo con las conclusiones obtenidas, una instalación, que consta de una rejilla para detención de materias sólidas gruesas, una cámara de sedimentación de arena de tres compartimientos, una rejilla fina y cuatro tanques de sedimentación de fangos, provistos de mecanismos de remoción, para que la operación fuera uniforme y rápida, evitándose así el desprendimiento de malos olores. Se vió que no eran necesarios tanques de digestión, pues los fangos podían enviarse por medio de bombas hasta la proximidad de una fábrica de la Compañía Solvay, en donde eran enterrados después de mezclarlos con los detritus calizos de la fábrica. La espuma que se producía en los tanques se recogía, y después de extenderla en capa delgada para separar el agua, era quemada con gran facilidad.

Construidas las obras, se vió que el error sobre las cifras halladas no pasaba del 7,7 por 100 en ningún caso, siendo el error medio inferior al 3 por 100 en la cantidad de fangos separados.

En muchas otras ciudades (Havre-Montana, Desplaines y Calumet-Chicago, Nueva York, etc., etc.) se construyeron también estaciones experimentales, que proporcionaron gran número de enseñanzas e indica-

ciones para la construcción definitiva de las respectivas instalaciones.

Sistemas de depuración.—Hay pasos en la depuración que son comunes a todos los métodos que se pueden emplear; tal sucede con las rejillas, para cuerpos gruesos o finos, y las cámaras de sedimentación de arena.

Para la separación de cuerpos gruesos tienen casi todas las modernas instalaciones rejillas de una pulgada, con limpieza automática. Esta limpieza se efectúa generalmente de un modo intermitente, bien cuando (Aurora, Salem) la pérdida de presión, o sea la diferencia del nivel de las aguas antes y después de la rejilla, alcance cierto valor (por ejemplo, 10 centímetros), o bien (Chicago) según un ciclo fijado de antemano. Los cuerpos separados de las rejillas son a menudo incinerados.

En las cámaras de sedimentación de arena se nota también la tendencia a introducir medios mecánicos para que la separación de la arena sea rápida, evitándose así el desprendimiento de malos olores, que casi siempre hay, por depositarse materias orgánicas con la arena cuando la detención del agua es larga. En Aurora (Illinois) se utiliza una en la que el agua sólo se detiene unos tres cuartos de minuto, y que tiene en el fondo unos rastrillos giratorios que acumulan la arena en uno de los lados, de donde es extraída por una correa, que la eleva a un nivel algo superior, donde es lavada por agua, que luego va a la cámara.

Mientras que el uso de rejillas finas se hace cada vez más raro, se emplean éstas en Indianápolis de una manera especial, que el ingeniero norteamericano R. H. Goudey cree de gran porvenir. Consiste en pasar dos terceras partes del afluente a través de una batería de rejillas finas, mientras que la otra tercera parte de las aguas arrastra las materias en aquellas depositadas, lográndose así un líquido mucho más concentrado y de más fácil tratamiento.

Para el tratamiento y separación de fangos se usa cada vez más en Norteamérica el método de tanques separados, decayendo, en cambio, el uso de los tanques de acción combinada, como el Imhoff y similares, y algo los de fangos activados, a pesar de producir un efluente magnífico, por las dificultades de su funcionamiento. En Cleburne (Texas) los tanques Imhoff funcionaban tan mal, que hubo necesidad de buscar una solución. Se encontró aprovechando los cambios de nivel en las cámaras de dosificación de los filtros para producir una succión de los gases de los tanques. Se redujo así considerablemente la acumulación de espuma y desaparecieron los malos olores que se desprendían. El efluente resultó muy mejorado, y los gases extraídos se queman, dando calor suficiente para hacer funcionar una máquina de 4,5 HP. En Plainfield se destruyeron los tabiques de los Imhoff para convertirlos en simples tanques de sedimentación, y en Baltimore se dejaron fuera de servicio.

En el sistema de fangos activados se han introducido grandes mejoras. Ante todo, siguiendo las tendencias indicadas, suele ir precedido de un tanque de sedimentación, reduciéndose así el consumo de aire en cerca de un 25 por 100. En Chicago se adoptó este sistema de sedimentación previa, lográndose lue-

go una oxidación y nitrificación excelente con sólo 6 m³ de aire por metro cúbico tratado.

El tipo de insuflador Mánchester es el más empleado, aunque la remoción que produce es algo violenta. Hay cierta tendencia a usar mecanismos de remoción y ruedas de airificación, con objeto de facilitar la oxidación y liquefacción de los fangos y ahorrar aire comprimido. En Chicago e Indianápolis se lava el aire utilizado, recogiendo el aceite así obtenido para el engrase de los mecanismos.

El sistema de depuración que hoy emplean con más frecuencia es el de tanques de digestión, precedidos de tanques de sedimentación provistos de mecanismos clarificadores. Ya hemos citado varias instalaciones de este sistema, y entre la multitud de poblaciones que lo emplean citaremos solamente Toledo (Ohio) y San Antonio (Texas).

Los tanques de sedimentación suelen tener también separadores de espuma, la que, después de separarle el agua, se envía a los tanques de digestión.

En las ciudades en que los cambios de temperatura son de consideración se emplea casi siempre la calefacción de los tanques de digestión. La capacidad que han de tener en esos climas es de 0,040 m³ por habitante, si son calentados, y unos 0,085 m³ si no lo son.

En los tanques abiertos se introduce el fango fresco por debajo de la superficie, para evitar los olores.

Cuando el efluente de los tanques de digestión o de fangos activados va, como ocurre en Salem, a una corriente de agua muy escasa, se emplea, con gran ventaja, un tanque final de sedimentación. En dicha ciudad se usa uno, rectangular, de la misma capacidad que el de digestión, y que se limpia cada cuatro días, resultando un efluente mucho más claro.

Cuando se quiere una gran depuración del efluente de los tanques, se usan filtros biológicos, siendo una de las instalaciones más interesantes la de Baltimore, en donde se emplea para la dosificación el sistema de tuberías con válvulas en oposición de fase, que se abren y cierran continuamente. Los tanques clarificadores después de los filtros producen, según parece, más perjuicio que utilidad, y se tiende a suprimirlos.

En cuanto a la desecación de fangos, es interesante mencionar el método seguido en Plainfield para hacer más rápida la operación, y que consiste en añadirles alumbre en el momento de extenderlos, lográndose la separación del agua en cuatro días, en lugar de catorce. Los fangos desecados son vendidos en todas las poblaciones para abonos, alcanzando precios bastante elevados (en Milwaukee, a más de 23 dólares la tonelada).

Para la supresión de los olores es frecuentemente empleado el cloro. En Plainfield, por ejemplo, se añade de tres a diez partes por millón al líquido que atraviesa los tanques. En las estaciones con recolección de gases se suprimen olores quemando aquéllos por completo.

En la estación experimental de Calumet (Chicago) se ha logrado obtener un efluente sin color, olor ni sabor, mejor que algunas aguas que pasan por potables, agregándole 100 gr de alumbre por metro cúbico y unas ocho partes por millón de cloro; después era filtrado por arena, y finalmente, por carbón, que quitaba los residuos de cloro.

Control y regulación de las operaciones.—Todas

las modernas instalaciones contienen diferentes clases de contadores para conocer en cada momento la cantidad del afluente y del líquido depurado, así como laboratorios para el estudio de muestras tomadas a lo largo de todo el proceso depurador. En Baltimore se utilizó un desnivel para producir energía eléctrica con las aguas residuales, método que dió un gran resultado económico y proporcionó un control hidroeléctrico de la cantidad de aguas tratadas.

El control de la operación en los tanques de fangos digeridos se suele efectuar hallando la cantidad de sólidos en suspensión, la que, según Mohlman, debe de acercarse a 4 por 1 000 en los tanques de aireación.

El control en los tanques Imhoff y de digestión se lleva a cabo en Norteamérica determinando la acidez o alcalinidad del líquido, o sea hallando la concentración de iones hidrógeno (pH). Como es sabido, esta determinación se hace por colorimetría: a una muestra del líquido se añade un colorante especial, y luego se la compara con una serie de colores patrón, numerados ya en pH. Cuando el valor de pH pasa de 7 ó 7,2, el líquido es alcalino, y si no llega a esos valores, es ácido. La digestión de los fangos no es, en general, buena cuando el líquido está ácido, retardándose entonces mucho y produciéndose casi siempre gruesas costras espumosas. Los mejores valores para pH son de 7,2, según Gordon M. Fair y Carlson, y de 7,3 a 7,8, según Rudolfs y Reichle. Cuando el valor pH resulta excesivamente bajo se añade cal para alcalinizar el líquido, dando mejores resultados añadirlos en pequeñas y frecuentes dosis que hacerlo de una vez mediante una gran cantidad.

En la ya citada estación experimental de Miami se vió que al principio de su funcionamiento había tendencia hacia la acidificación en los tanques de digestión. Cada vez que se producía un descenso del valor pH por debajo de 6,9 se notaba una producción abundante de espumas, que entorpecían la marcha de la digestión, y que desaparecían al elevar aquel valor, mediante cal, hasta 7,2. Después de tres meses de funcionamiento no fué necesario volver a alcalinizar los fangos, manteniéndose por sí solo el valor de pH por encima de 6,8.

El control de la temperatura de digestión y su regulación en las poblaciones en que hay fuertes descensos de temperatura se logra por medio de la calefacción de los tanques. Para ello se utilizan los gases que en el mismo tanque se desprenden, quemándolos en calderas especiales.

En Sioux Falls, de unos 36 000 habitantes, los tanques de digestión eran tres; sus dimensiones son: 26 m de diámetro y 7,50 de altura, con una capacidad de 80 litros por habitante, y provistos de un mecanismo para la distribución rotatoria de los fangos. Estaban precedidos por tres cámaras de sedimentación con mecanismo Dorr, en los que se depositaba el 97 por 100 de las materias sólidas y se reducía al 54 por 100 el oxígeno orgánico, con una retención de dos horas. Como en invierno bajaba la temperatura en el tanque a 17°, no se lograba una buena digestión, llegando a veces a formarse un metro de espuma. En 1929 se instaló el sistema de recolección de gases y calefacción de los tanques, que consta de la cúpula de recolección, calderas de gas Bryant con

control termostático, tuberías y serpentín para el agua caliente, termómetros, bombas y contador de gas. La producción de gases aumentó al principio, debido a la acumulación de materias sin digerir, desde 25 hasta 100 m³ por hora, si bien luego descendió a unos 80 m³, y su composición era de 65 por 100 de metano y 35 por 100 de anhídrido carbónico. Se quemaba en la caldera el 45 por 100 del gas producido, dejando escapar el resto. Después de poner en marcha esta instalación se mantuvo el valor pH por encima de 7,2 sin necesidad de añadir cal. Este sistema de calefacción es empleado hoy en un número considerable de estaciones americanas (Salem, Toledo, San Antonio, Springfield, Grand Rapids, etc., etc.).

Y ahora, una digresión final.—En poco más de

veinte años ha decrecido la mortalidad media por fiebre tifoidea en las poblaciones norteamericanas desde 20,6 hasta 1,95 defunciones por 100 000 habitantes. Este inmenso avance se ha debido al gran interés que por estas cuestiones de depuración de aguas residuales, abastecimientos de aguas potables, alcantarillado, etc., se toman aquellos Municipios. En España es muy grande la labor que hay que hacer en estos asuntos, y es de esperar que la República acometa una gran campaña en este sentido, de modo semejante a la que piensa llevar a cabo en la instrucción pública, y no olvidando en ningún momento que la cultura del cuerpo es la salud y debe de acompañar a la del espíritu.

José María GUTIERREZ PAJARES
Ingeniero de Caminos

La Urbanización del Extrarradio de Madrid¹

IV

Red viaria del Extrarradio de Madrid

Siendo hoy tan interesante o más para el desarrollo de las ciudades el tráfico automovilista que el ferroviario, hemos atendido con especial cuidado a la estructuración de una red de vías de penetración y circunvalación que permita en todo momento rápidas comunicaciones en todas las direcciones con los núcleos urbanos próximos.

A este efecto hemos previsto las siguientes vías de penetración, que pueden verse en el plano regional y en el plano general viario número 7:

1.^a Avenida de Francia, que arrancando de la glorieta final de la Castellana, prolongada (encuentros con la Gran Vía del Abroñigal), y salvando el pueblo de Fuencarral, recogerá todo el tráfico de la carretera de Francia y de la autovía a la Sierra, que proyectamos por Valdelatas.

Esta avenida será la de mayor importancia, porque, además de recoger todo el importantísimo tráfico de la carretera de Francia, tanto de lujo como pesado, tendrá el día de mañana que dar paso al de la autovía indicada, que al poner en rápida comunicación con los tres ejes del Madrid futuro (Bravo Murillo, Castellana y Gran Vía Abroñigal) el monte de Valdelatas, que deberá ser convertido (según diremos en el capítulo de Parques y jardines) en el parque Norte de la villa, y la Sierra, dará lugar a un tráfico automovilista insospechado.

La avenida de Peña Grande, que habrá de servir de acceso de todos los núcleos ya en construcción en aquellos parajes, llamados a ser muy pronto una verdadera zona de ciudades-jardín. Esta avenida cruza por debajo de la Gran Vía de Ronda, aprovechando el gran desnivel de la vaguada.

2.^a La carretera de El Pardo será realmente otra vía de penetración, por lo que convendrá ensancharla hasta 20 m, modificando algo su perfil en determinados puntos y suavizando curvas, para que quede convertida en la autovía del Pardo, que enlazará con la

de la Sierra, constituyendo así una comunicación más con éste.

De esta forma queda completamente resuelto el problema, vital para Madrid, de acercamiento a la incomparable Sierra del Guadarrama, cuyas bellezas naturales constituirán el orgullo y serán el sedante para los madrileños, terminando con el actual absurdo de que una gran ciudad asentada a los pies de una hermosa serranía en la que puede encontrar no sólo la salud y la recuperación de energías que precisa para la dura lucha por la vida, apenas si conoce dichas alturas, por la escasez de medios de comunicación, y al criterio de la única Compañía ferroviaria que podría haber ayudado a resolver parcialmente el problema: la del Norte; que no da grandes facilidades.

3.^a La actual carretera de La Coruña pasará a ser asimismo otra vía de penetración (la única que hoy existe), que servirá a toda la zona de El Escorial y ciudades-jardín que comienzan a erigirse, y es de suponer tomen gran desarrollo a lo largo de la misma.

Para ello precisará ampliar su anchura hasta 20 metros, al menos hasta la bifurcación donde se halla emplazado el actual bar Anita, a fin de que quede convertida en autopista.

Esta autopista, al llegar al actual puente de San Fernando, se bifurcará y cruzará el Manzanares a un nivel superior al de dicho puente mediante un viaducto (que salvará, al propio tiempo, el cruce con la carretera de El Pardo), y que aprovechando luego el trazado de la carretera particular hoy existente (paralela a la de La Coruña) llegará a Puerta de Hierro, donde se encontrará con las tres grandes avenidas que encauzarán el tráfico hacia el sector urbano que se desea. Estas tres avenidas son: la misma carretera de La Coruña, que servirá la zona sur de la población por las rondas y paseo de la Virgen del Puerto; la avenida, ya en construcción, por la Ciudad Universitaria, que conducirá al centro y *boulevards*; y la Gran Vía de Ronda, incluida en el anteproyecto, que conducirá a la zona Norte.

Otra vía de penetración prevista es la que denominamos avenida de Húmera, por dar salida al pueblo de dicho nombre.

Esta vía de penetración es una de las más neces-

¹ Véase el número de 1.º de junio último, página 262.