

OLORES Y SABORES EN EL AGUA POTABLE Y SU CORRECCION

Por JUAN LAZARO URRÁ,
Ingeniero de Caminos.

Como conclusión del interesante trabajo iniciado en nuestro número anterior con el mismo título, publicamos este segundo artículo en que se hace un resumen descriptivo muy completo del empleo del ozono en la purificación del agua destinada al abastecimiento de poblaciones.

II

Otro oxidante muy enérgico es el ozono. Su aplicación en la esterilización del agua es muy antigua, anterior al cloro. Lo empezó a emplear la casa Siemens, que hizo muchas instalaciones en Alemania, y luego, en otros países. También se dedicaron a instalarlo otras casas constructoras, alguna francesa. Entre las instalaciones antiguas más importantes fué una, la de San Petersburgo, anterior a la primera guerra mundial. En España ha habido varias; hubo dos en Bilbao para purificar las aguas de manantiales que se utilizaban antes de la construcción del abastecimiento de Ordunte, y en Madrid instaló el Ayuntamiento algunas, que todavía existen, para la purificación de los viajes antiguos.

Cuando visité, hace bastantes años, las instalaciones de Bilbao, los Ingenieros no estaban muy contentos, pues el enorme poder corrosivo del ozono hacía que se estropearan tubos, llaves y todo cuanto tocaba.

Esto era, sin duda, debido a que el aire que se ozonizaba no estaba bastante seco, porque, como veremos más adelante, ello es esencial. La depuración bacteriológica por el ozono se estimaba y sigue así creyéndose que exige agua muy limpia, que había que filtrar previamente, del modo más perfecto posible. El ozono no se ha abandonado nunca en Europa, pero el extraordinario desarrollo del cloro ha hecho que se emplee menos. Sin embargo, existen más de cien municipalidades en Francia que lo utilizan, y la nueva instalación de Saint Maur, en París, es capaz de tratar 300 000 m.³ diarios (1).

En los Estados Unidos se había usado en pequeñas instalaciones de los buques que recorren los

Grandes Lagos, hasta que en fecha reciente han decidido emplearlo, no en la esterilización, para la que confían mucho más en el cloro, sino con objeto de corregir los olores y sabores.

En las instalaciones que han realizado recientemente, han reunido la antigua experiencia europea y la moderna técnica americana, llegando a resultados muy perfectos, de los que es interesante ejemplo la estación inaugurada hace dos años en Filadelfia, que visité el año anterior, y cuya capacidad es casi igual a la de París, citada más arriba.

Filadelfia, como es sabido, está situada a la orilla

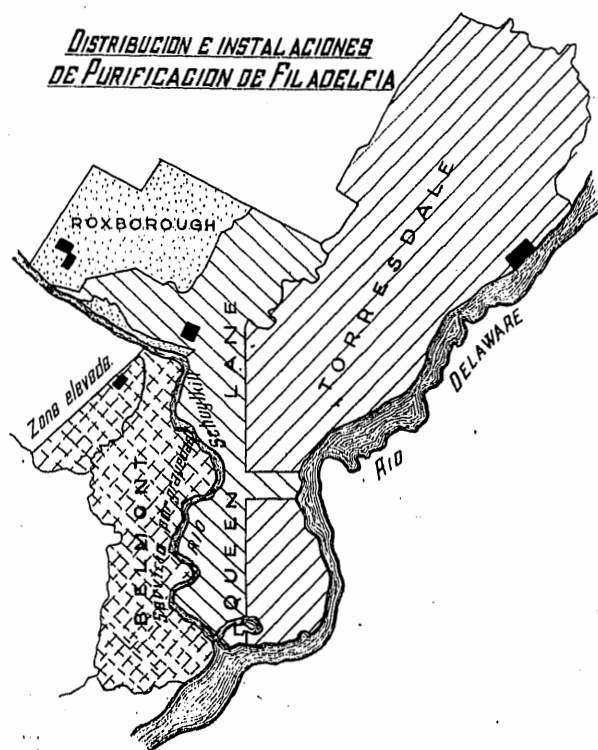
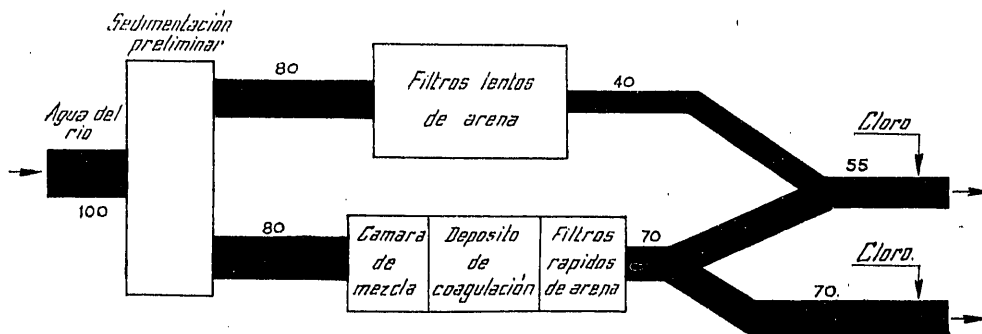


Figura 13.

(1) Paz Casañé (Premio "Paz Maroto"): Las aguas potables y su depuración eléctrica.

TRATAMIENTO ANTES DE INSTALAR EL OZONO



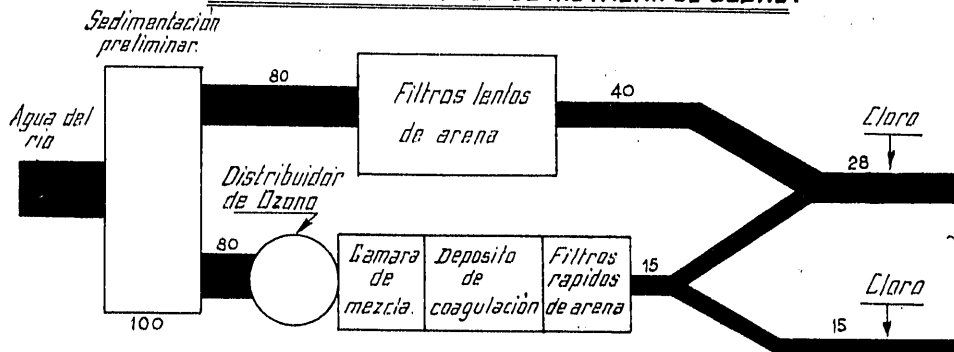
EFFECTS OF WATER PURIFICATION ON THE INTENSITY OF TASTE AND ODOR.

ESTACION DE FILTRACION DE BELMONT FILADELFIA (P.A.).

Los numeros representan las intensidades relativas de olor y sabor.

Figura 14.

TRATAMIENTO DESPUES DE INSTALAR EL OZONO.



EFFECTS OF WATER PURIFICATION ON THE INTENSITY OF TASTE AND ODOR.

ESTACION DE FILTRACION DE BELMONT FILADELFIA (P.A.).

Los numeros representan las intensidades relativas de olor y sabor.

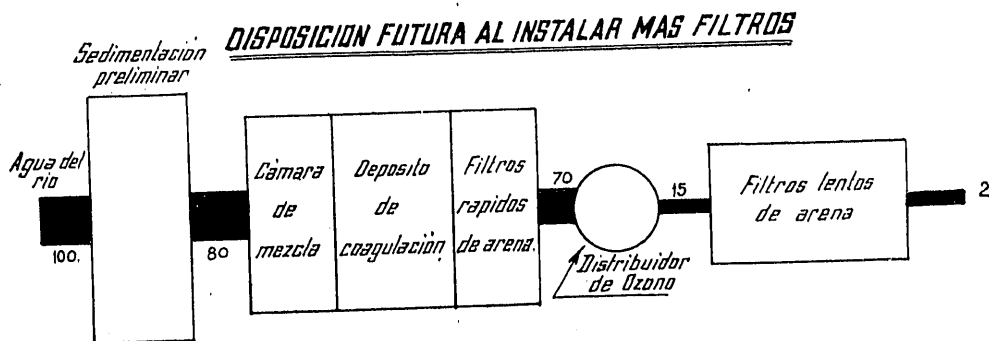
Figura 15.

del Delaware, que la proporciona un puerto fluvial importantísimo, el siguiente a Nueva York en la costa oriental. En la parte baja de la ciudad desemboca sobre aquél otro río más pequeño, el Schuylkill. En el esquema, fig. 13, se marcan las instalaciones de depuración existentes y los barrios abastecidos por las mismas. Las aguas de ambos ríos, pero especialmente las del Schuylkill, son fuertemente contaminadas, como puede esperarse de unas corrientes ya en su desembocadura, y que recorren zonas de gran potencia industrial.

Las instalaciones de depuración señaladas, en que

no en la situación que indica el esquema de la figura 15, por lo que se ve que al salir de los filtros rápidos el sabor es el 15 por 100 del que tenía el agua cruda; pero la escasa capacidad de la instalación de filtración rápida no permite obtener todo el beneficio debido a dicho agente y para el servicio de la zona de gravedad ha de mezclarse con la tratada en los filtros lentos en la forma y con el resultado que indica el esquema.

Actualmente se trata de ampliar las instalaciones de filtración y de poner en serie los filtros rápidos con los lentos, intercalando entre ambos la ozoniza-



**EFFECTOS DE LA PURIFICACION DEL AGUA
EN LA INTENSIDAD DE SABORES Y OLORES**

**ESTACION DE FILTRACION DE BELMONT
FILADELFIA (P.A.).**

Los numeros representan las intensidades relativas de olor y sabor.

Figura 16.

se emplea la coagulación y la filtración rápida, aseguran perfectamente el agua desde el punto de vista bacteriano, pero no logran quitar el sabor del fenol y otros compuestos, aun en cantidades menores de 0,1 p. p. m. Por esto es frecuente en Filadelfia ver en los locales públicos, en vez de la fuente del abastecimiento, tan frecuente siempre en los Estados Unidos, un depósito con agua de manantial. La zona peor es la alimentada por el río más pequeño, en que la dilución es menor, y especialmente el barrio Belmont, situado al Oeste de la ciudad. En la estación correspondiente existía una instalación de filtros lentos, y posteriormente se amplió con filtros rápidos, que marchan en paralelo con aquéllos. Se ha podido comprobar que los filtros lentos reducen los olores y sabores mucho más que los rápidos, como indica el esquema de la fig. 14.

En la actualidad se ha montado la estación de ozo-

dora, y se esperan obtener los resultados que indica la fig. 16.

Como es sabido, el ozono es una agregación molecular especial del oxígeno, O_3 , que se obtiene haciendo pasar el aire por el efluvo eléctrico de una descarga de alta tensión. Sólo una pequeña parte del oxígeno del aire del orden del 3 ó 4 por 100 se transforma en ozono; este gas tiene un olor muy característico y más bien agradable, muy conocido de cuantos trabajan en laboratorios en que se producen descargas eléctricas a muy alto potencial. Es esencialmente inestable y se transforma en oxígeno ordinario, O_2 , dejando otro átomo en estado naciente de gran poder oxidante. Por ello no es posible almacenarlo y hay que producirlo en el mismo punto de su empleo y utilizarlo en el momento en que se produce.

Las instalaciones de purificación de agua se com-

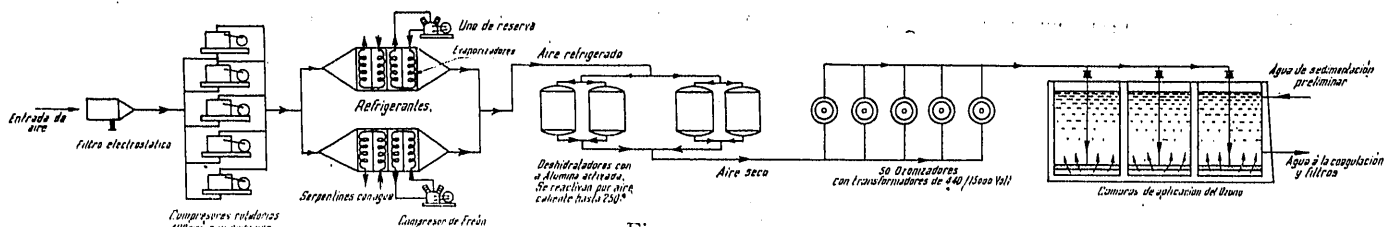


Figura 17.

ponen, por tanto, de dos partes inmediatas; la de producción del ozono y la de su mezcla con el agua.

El ozono tiene ventajas muy apreciables: no comunica ningún sabor y no importa aplicarle en dosis mayores que las precisas, porque el exceso se desprende por sí sólo inmediatamente.

Pasando a describir la instalación de Filadelfia, veremos que la primera parte, es decir, la de producción del ozono, tiene tratamiento preliminar para preparar el aire antes de pasarle por los ozonizadores. La instalación, según el esquema de la fig. 17, consta de los siguientes elementos: el aire tomado de la atmósfera pasa primero por un filtro electrolítico, que retiene las partículas de polvo y suciedad (número 1); a continuación existen cinco soplantes, que funcionan en paralelo (número. 2), los que aspiran el aire a través del filtro (1) y lo impulsan por todo el resto de la instalación. Cada uno es capaz de impulsar 11,32 m.³/minuto a 0,77 Kg./cm.². El aire pasa luego a unos refrigeradores (número. 3) con objeto de que al bajar la temperatura se condense la humedad; el refrigerador consta de dos secciones: la primera, con unos serpentines recorridos por agua, y la segunda,

con los evaporadores de una instalación de refrigeración por medio de gas freón, muy usado ahora en América para este objeto.

Cada uno de los dos compresores está accionado por un motor de 25 CV. Para seguir quitando la humedad, lo que, como hemos dicho, es esencial, a fin de que el ozono no produzca corrosiones, pasa a continuación a cuatro desecadores (número. 4) en paralelo. Cada uno está formado de una caldera de 1,8 m. de diámetro por 1,8 m. de altura, llena de alúmina activada; es decir, de alúmina anhidra, que tiene gran avidez de agua para cristalizar. En esta forma pasa ya a los ozonizadores (número. 5) en número de cincuenta, dispuestos en dos filas a lo largo de un pasillo central y en dos hileras en altura 17. Cada uno produce 11,4 Kg. de ozono en 24 horas.

Cada uno de los cincuenta ozonizadores está formado por una caldera de 1 m. de diámetro y 1,35 m. de longitud, colocada horizontalmente y cerrada por dos fondos, uno en cada extremo, todo ello de acero inoxidable. Dentro hay colocados 85 tubos de acero inoxidable de 80 mm. de diámetro, 1,5 mm. de espesor y 1 m. de longitud, sujetos a los tabiques *a* y *b* (figura 19), que arman todo el conjunto, dejando dos cámaras inmediatas a las tapas de la caldera y otra entre los dos tabiques, por donde circula el agua de refrigeración de los tubos. Dentro de los tubos de acero hay otros de vidrio Pirex abiertos por uno de sus extremos y recubiertos por dentro con grafito, bajo un esmalte protector. La separación entre cada tubo de vidrio y el correspondiente de acero es de unos 3 mm. y se mantienen separados mediante anillos incompletos, que dejan pasar el aire entre ambos tubos. El grafito de los tubos de vidrio se une eléctricamente a uno de los extremos de un transformador monofásico, mientras que el otro extremo se empalma a la masa del aparato. Cada ozonizador tiene, al lado del edificio y al aire libre, su propio transformador de 25 KVA. y 460/15.000 voltios.

Esta última tensión es la que se aplica a los tubos recubiertos por grafito, y el efluvio que salta al tubo de acero formando una corona perfectamente perceptible por los orificios de observación que tiene la tapa de la caldera, es el que atraviesa el aire a ozonizar y del que sólo se transforma en ozono del 0,5 a 1 por ciento.

En los antiguos ozonizadores Siemens, el tubo metálico de aluminio iba en el interior del tubo de

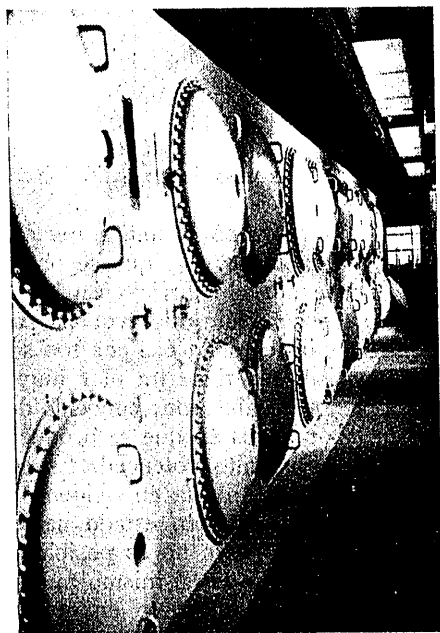


Figura 18.

vidrio, en contacto con el agua de refrigeración y cada elemento no tenía más de dos tubos. Los descritos permiten una instalación mucho más compacta y segura.

Obtenido el ozono, hay que mezclarlo con el agua. En las instalaciones europeas esto se hacía en unas torres de material cerámico en las que entraba el ozono por abajo y el agua por arriba. Para que la mezcla fuera más íntima, algunas veces se llenaban de grava silíceo o tenían una serie de rejillas.

Datos de la instalación.

Dosis de ozono: media, 1,6 p. p. m.; máxima que permite la instalación, 4 p. p. m.; ozono residual, 0,1 p. p. m.

Producción máxima del ozono, 560 Kg./24 horas para 136 086 m.³. La capacidad de la instalación se piensa, sin embargo, aumentar a 275.000 m.³.

Las instalaciones para absorber, impulsar y secar el aire son capaces de 56 m.³ por minuto, lo que

ESQUEMA DE UN OZONIZADOR

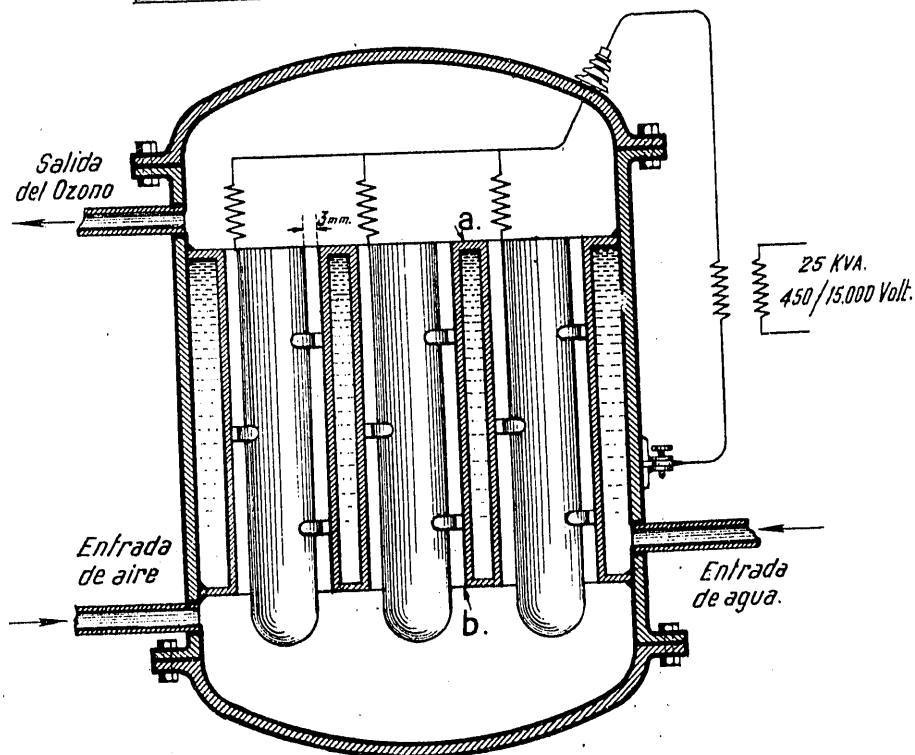


Figura 19.

En Filadelfia se reparte el ozono siguiendo la misma técnica que se emplea para repartir el aire en las instalaciones de cienes activos. En el fondo de tanques descubiertos se disponen de placas porosas de material vitrificado, que allí fabrican ya hace muchos años con gran perfección; unos tubos llevan el ozono a la cámara, que queda por debajo de las placas definitivas, y éste sale en burbujas muy pequeñas y perfectamente repartidas (fig. 20). El exceso de ozono se pierde en la atmósfera sin perjuicio ninguno. Los tanques tienen 5,50 m. de profundidad; son tres, de planta cuadrada, de 7,60 m. de lado, y de ellos pasa ya el agua a la instalación de filtración, como se ha visto.

representa un peso diario de aire seco de unos 115 000 Kg. y, por tanto, el peso del ozono obtenido es, aproximadamente, del 0,5 por 100 del aire que circula por los ozonizadores.

La generación del ozono requiere 17 Kw./h. por kilogramo de ozono, e incluyendo la energía necesaria para los soplantes, secadores y maquinaria auxiliar, alrededor de 23 Kw./h. por la misma cantidad.

Si la dosis fuera de 2 p. p. m. hace falta, por tanto, emplear 46 Kw./h. por 1 000 m.³. Si la energía costara, por ejemplo, 0,4 ptas. Kw./h., el coste sería de 0,018 ptas. por m.³.

La instalación de Filadelfia ha costado, incluí-

dos edificios y tanques, un millón de dólares, lo que representa, en números redondos, 100 000 dólares anuales de cargas de capital. Como trata al año cerca de 50 000 000 de m.³, esto equivale a 2 dólares por 1 000 m.³, o sea, al cambio actual, unas 80 pesetas, ó 0,08 pesetas por m.³. Añadiendo gastos de personal y varios, se obtiene un precio en nuestra moneda de 10 céntimos por m.³ aproximadamente; con los consumos de agua que hace una familia en España el gasto no importaría más de 3 a 4 céntimos diarios.

El ozono se ha comprobado que da excelente re-

Para la fabricación del carbón activo se usa el lignito, residuos de fábricas de papel, serrín, algas marinas, melazas, pasta de madera y otras, según las patentes. En España se han usado los huesos de aceituna. Durante el calentamiento quedan retenidos por el carbón hidrocarburos, aunque su punto de ebullición sea relativamente bajo. La activación consiste en eliminar estos hidrocarburos por medio de distintos procedimientos, que no es preciso detallar aquí. El producto comercial tiene dos formas: granulado y en polvo, que se aplican de distinta manera. El pri-

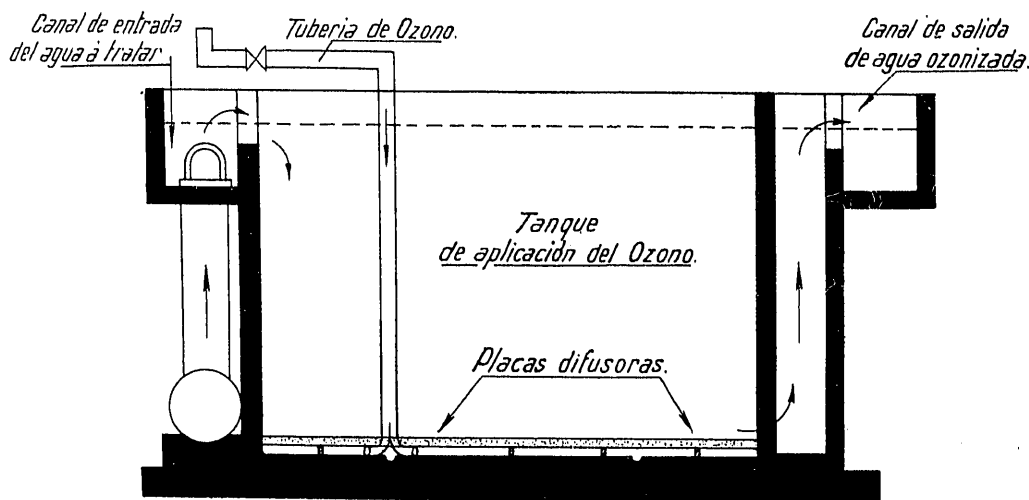


Figura 20.

sultado para la destrucción por oxidación del fenol y otros compuestos procedentes de las fábricas metalúrgicas, bastando para ello dosis mucho más pequeñas que si se empleara el cloro.

Otro elemento de aplicación en la corrección de sabores y olores es el carbón activo. En el último tercio del pasado siglo empezaron a filtrar el agua por carbón varios municipios ingleses, como medio de mejorar su sabor, pero el que entonces se usaba tenía poca capacidad absorbente. Lo que actualmente llamamos carbón activo es un producto resultante de la carbonización de cuerpos de origen vegetal calentados en recipientes cerrados y a los que se somete después a procedimientos origen de varias patentes, para quitarles los compuestos unidos a la masa del carbón y obtener así un cuerpo sumamente poroso de una enorme superficie, por tanto, y capaz de retener por adhesión gran número de sustancias, entre las cuales hay varias que dan sabor y olor al agua.

mero se usa para formar filtros análogos a los rápidos, en los que el carbón sustituye a la arena o se coloca una capa de carbón entre dos de arena gruesa o gravilla; exigen agua muy clara, y por tanto, deben situarse después de la filtración normal; no son muy empleados.

El carbón pulverizado se usa mucho más y pasan de 1 000 las instalaciones que lo emplean en los Estados Unidos. Se aplica a la entrada del agua en la estación o entre la coagulación y la filtración; no hay inconveniente en echarle en cualquier punto; el exceso no perjudica más que al disminuir la carrera de los filtros si la dosis es grande, y el exceso queda retenido en éstos.

Añadido al agua cruda, sirve como núcleo para la formación de los coágulos y la floculación se hace mejor; además absorbe los gases que pueden producirse por descomposición de los cienos y retarda ésta; su facilidad de absorber el cloro permite agregar dosis más fuertes de éste y reduce la demanda

de cloro del agua; no representa agregación de producto químico alguno. Si se echa entre la coagulación y la filtración, no deben emplearse dosis mayores de 5 p. p. m., pues de lo contrario, pueden reducir la carrera de los filtros hasta un 50 por 100.

La utilidad mayor del carbón activo es para mejorar el sabor y olor cuando éste es debido a gases disueltos; sirve también, como se ha dicho, para absorber el exceso de cloro.

La aplicación del carbón en polvo se hace mediante dosificadores en seco, análogos a los empleados para añadir otros productos químicos. Hay que tener cuidado de que se produzca el menor polvo posible, porque el carbón tan finamente dividido puede formar con el aire una mezcla explosiva; esto hay que tenerlo en cuenta también en su almacenaje, guardándole en locales muy amplios y evitando la elevación de la temperatura. Los dosificadores se deben proyectar de amplia capacidad, pues la dosis hay que variarla entre límites extensos. El carbón se debe echar sobre una cantidad fuerte de agua a gran velocidad, que lo lleve, sin que sedimente, a mezclarse con el caudal principal. La suspensión no debe tener mucho más de un 4 por 100 de carbón en relación con el peso del agua que lo arrastra.

La eficacia del carbón se determina por ensayos; en primer lugar se mide la finura; debe pasar el 75 por 100 por el tamiz de 200 mallas por pulgada y el 95 por 100 por el de 100 mallas.

El poder absorbente se mide, generalmente, por la cantidad de fenol que absorbe la unidad de peso de carbón; también se han propuesto ensayos a base de la absorción de yodo y por la determinación del olor, siguiendo el procedimiento ya descrito.

Hace veinte años parecía que el uso del carbón

activo iba a cambiar por completo la técnica de la purificación de las aguas. Sin embargo, el éxito no ha sido tan grande; de un lado, su precio, y de otro, que en ciertas condiciones produce un sabor metálico en el agua, su utilización, no se ha extendido cuanto podía esperarse y han seguido ensayándose otros agentes para corregir olores y sabores, como ya se ha explicado.

Nos queda, finalmente, decir algo en relación con el uso del permanganato potásico. Cuando existe yodo en el agua, aun en cantidades tan pequeñas como 0,005 p. p. m., la cloración produce sabor a yodoformo, altamente desagradable; se evita forzando la dosis de cloro y oxidando con permanganato potásico. Si se limita la operación a clorar y anular el exceso de cloro por anhídrido sulfuroso, como se hace muy frecuentemente en otros casos, no se consigue quitar el sabor a yodoformo.

El permanganato sirve también para quitar el sabor a cloro del agua, para lo que no hacen falta dosis superiores a 0,3 p. p. m., y asimismo para oxidar la materia orgánica antes de la cloración; es útil, cuando aparecen sabores debidos a contaminación por aguas industriales, como las de refinerías de petróleo, jabones y fermentación de cereales. Se debe cuidar que su dosis no exceda de lo preciso, para que no tome el agua el tinte morado característico de este cuerpo.

Como resultado de todo este estudio se deduce que no pueden darse normas fijas y seguras para la corrección de sabores y olores. Hay que proceder por tanteos y se obtienen resultados más o menos satisfactorios. Como hemos dicho al principio, es causa muy frecuente de preocupaciones de los Ingenieros que explotan un abastecimiento de aguas.