

ENERGIA NUCLEAR Y ABASTECIMIENTO DE AGUAS

POSIBLE APLICACION DE AQUELLA PARA SOLUCIONAR EL DIFICIL PROBLEMA DEL FUTURO ABASTECIMIENTO DE MADRID

Por ANTONIO MORENO y ALBERTO BLASCO,
Alumnos de cuarto año.

Concluye el interesante trabajo iniciado en nuestro número anterior, que, como dijimos, fue acreedor al Premio Paz Maroto, de la Escuela de Caminos. En él se hace, a grandes rasgos, un estudio de lo que, a juicio de los autores, podrá ser el tratamiento del agua en el gran futuro abastecimiento que han esbozado.

II

Tratamiento del agua.

La variación fundamental que proponemos en este caso es tratar el agua radioactivamente. Esta decisión, que aparentemente es otra elucubración sobre los tópicos actuales de la era atómica, necesita una explicación e implica ciertas necesidades.

Actualmente, y no daremos cifras abundantes por no cansar a nuestros lectores, los tratamientos a los que se somete el agua para potabilizarla son muy variados. Esencialmente, un tipo medio de agua dulce superficial debe ser esterilizado y también, casi seguro, tratado para corregir su dureza (aguas gordas). Muchas veces también es necesario eliminar sabores y olores y, lo que es más difícil, el color de las que lo tengan.

Para lo primero se utiliza universalmente el cloro, y para la dureza, generalmente, compuestos de aluminio (sulfatos), coadyuvados por otros cuerpos, preferibles según un caso u otro. La utilización del cloro ha llegado, desde luego, a un grado de gran simplicidad. No obstante, tiene algunos inconvenientes. Es un cuerpo caro, aunque abundante en las zonas industriales productoras de sosa cáustica, al obtener ambos productos de la sal gema por métodos electrolíticos.

El agua, para estar bien esterilizada, necesita fuertes cantidades de cloro, pues éste, en pequeñas dosis, ataca preferentemente la materia orgánica muerta y sólo al combinarse por completo con ella comienza a actuar sobre los microorganismos vivos. Esto implica que el sabor y olor comunicado al agua es apreciablemente de cloro, habiendo ciudades americanas, como Filadelfia, en las que basta abrir el grifo para notar su olor característico. Esto tiene importancia por dar al agua el carácter de un cuerpo no creado por la Naturaleza, sino poco menos que hecho en una farmacia y no tomado, por consiguiente, con plena satisfacción, por lo que actúa posible y desfavorablemente sobre la fisiología del individuo. Otra causa es que las aguas que necesitan dosificaciones fuer-

tes de cloro, por ejemplo, de 3 a 5 partes por millón en peso, implican fuertes cantidades del mismo, que, en nuestro caso y con la misma dosificación, alcanzaría un gasto máximo de 5 a 8,6 toneladas diarias de cloro, amén del peso imputado a las botellas de acero necesarias para su transporte. El cloro, por otra parte, tiene cierta acción perjudicial sobre las mucosas y necesita aparatos delicados y caros para dosificar con exactitud, llamados clorómetros, y que, a pesar de estar contruidos con buenos aceros inoxidables e incluso con capas de plata para defenderse del ataque de este halógeno disuelto en agua, sufren, más pronto o más tarde, la oxidación y su destrucción consiguiente.

El empleo de los sulfatos de aluminio y restantes cuerpos, sólo lleva anejo consigo el gasto del cuerpo en sí y el transporte diario de su peso muy considerable, pues basta observar que, agregando de 25 a 30 gr. por m.³ de agua, habría días que necesitásemos de 45 a 55 toneladas de este producto, cuyo transporte ya constituye de por sí un problema.

Comparemos con esto las acciones radioactivas, que utilizaremos casi esencialmente para sustituir al cloro como germicida.

Hasta ahora, la utilización de cuerpos radioactivos o radiaciones producidas de cualquier modo, estaba limitada por el precio prohibitivo que estos métodos tenían, pero en el futuro serán verdaderos productos de desecho de los motores atómicos y explosiones del mismo tipo, utilizadas con fines industriales. Junto a esta economía, ya considerable, debemos agregar la de su pequeño volumen y peso y la persistencia de radioactividad en el cuerpo manantial en cuestión, que eliminaría por completo el problema del transporte, ya que hay cuerpos, como el cobalto, que, al bombardearle con neutrones, alcanza una potencia radioactiva 320 veces la del radio, con un período de vida de reducción a la mitad de cinco años, que le hacen prácticamente inagotable.

Veamos ahora las acciones sobre los organismos vivos.

Está perfectamente comprobado que las partículas radioactivas actúan sobre los organismos vivos.

Su actividad, según Bergonie y Tribondeau se acentúa: 1.º, sobre los seres de mayor actividad reproductora; 2.º, sobre los de más largo porvenir carioquínético; 3.º, sobre los elementos menos diferenciados en sus funciones y en su morfología. Estas cualidades las cumplen multitud de organismos nocivos, microscópicos, los cuales serían así fácilmente destruibles, como bacterias y protozoos, entre los que están los que producen la mayor parte de las enfermedades.

El método de destrucción directa debemos eliminarlo posiblemente, so pena de utilizar gran cantidad de energía. La solución está en debilitar dichos microorganismos, provocando rápidamente su eliminación.

Los elementos nutrirreceptores de la célula apenas sufren, pero los genorreceptores son destruidos casi universalmente y con una cantidad de energía mucho menor que la requerida para la muerte del individuo celular. Es decir, la célula pierde la facultad de dividir su núcleo o sea la carioquinesis (Hertwig, Wassermann). Desde este momento, la célula vive en estado más o menos latente hasta su muerte como ser vivo, y precisamente es más atacada cuanto mayor es su facultad reproductora, por transformarse los cuerpos necesarios para la reproducción, como la lecitina, en otros productos orgánicos. Y si el cloro actuaba químicamente en la periferia de la célula — con lo cual algunas podían defenderse — este tipo de esterilización ataca a la raíz misma de la especie que cada individuo lleva en sus genes, de tal modo, que si la célula consiguiera reproducirse, sus descendientes llevarían el estigma de seres débiles, degenerados y casi inofensivos. De este modo sería hasta beneficioso que algunos individuos celulares llegaran en este estado hasta nuestro organismo, porque esto constituiría ni más ni menos que una vacuna, y aún más efectiva que las actuales por la continuidad que entrañaría la entrada diaria de microorganismos, con lo que se conseguiría quizá una inmunidad casi absoluta frente a algún ataque de la enfermedad por cualquier camino.

No pararían en esto las acciones energéticas, es decir, su acción no quedaría limitada sólo a las bacterias y protozoos.

Hace tiempo se logró demostrar la existencia de seres capaces de atravesar los filtros de porcelana.

A estos elementos se les dió el nombre de virus filtrantes, y su identidad no ha sido completamente determinada. Se consiguió probar que algunos eran productores de terribles enfermedades y que otros, en cambio, eran como microbios de las células corrientes, a las que atacaban, alterando su metabolismo y obligándolas a funcionar de un modo semejante al suyo propio.

Actualmente, y permítasenos una pequeña disgresión, parece haberse llegado a la conclusión de que los virus no son cuerpos orgánicos, sino macromo-

léculas de complicados compuestos, proteicos esencialmente, pero con la facultad de reproducirse.

Y no se crea que esta reproducción sea consecuencia de un error de observación o de la fragmentación física de un cuerpo químico. Los virus tienen una composición muy semejante a la de los núcleos celulares. Es decir, funcionan, y así se les considera como núcleos libres, sin protoplasma que los recubra, por lo cual suponemos que la acción energética de las radiaciones les afectará profundamente.

Esta acción, que en nuestro país apenas tiene importancia, podría tenerla, por ejemplo, en el tratamiento de las grandes masas de agua de algunos ríos asiáticos abundantes en virus nocivos.

Las partículas de energía no es necesario que actúen directamente sobre los cromosomas portadores. Basta que disminuyan la capacidad químico-defensiva de la materia nuclear, bien por alteraciones de ésta o por producir una fuerte ionización que favorezca ciertas reacciones químicas. Esto es así porque los caracteres diferenciadores de los genes, situados en las cadenas laterales de las largas moléculas cromosómicas están soportadas por cuerpos químicos extraordinariamente sensibles y delicados. De tal modo, que si alguno de estos cuerpos cambiase de lugar o se añadiese a otro cromosoma por causas externas o internas, el individuo celular sufriría una mutación. Es decir, alguno de sus caracteres de raza sufriría un cambio brusco, transmisible, y para siempre, a toda su descendencia.

Este hecho se ha podido comprobar tratando radioactivamente a moscas y observando los caracteres monstruosos y disformes de toda su descendencia, entre la cual se pudo descubrir, incluso, individuos que podían considerarse más perfectos que sus antecesores, perfección conseguida por lo menos en algunos órganos. Bien que en proporción pequeñísima, debido a que estos trastornos intranucleares estarán seguramente regidos por la ley de probabilidad de encuentro de un determinado cuerpo químico con otro. En general, y tratando con la suficiente cantidad de energía, estos cuerpos genéticos serán destruidos por completo.

Por otra parte, las radiaciones producen fuerte ionización en el agua, que se mantiene bastante tiempo, lo que aumenta su poder autodepurador, ya de por sí considerable, debido a los hidrogeniones de la misma. Y aún está por ver la acción radiológica sobre los complicados cuerpos orgánicos que dan color y mal olor al agua, y a los que no sería raro destruirse.

Aparte de estas consecuencias, y aún no bien comprobados, existen otros aspectos que vamos a considerar. En principio, ya hemos visto cómo las radiaciones energéticas evitan el crecimiento de los organismos, atacando su sistema de procreación. Aparte de esto, esencial desde luego, podemos observar lo siguiente: los modernos y sensibles medidores de ra-

radioactividad, los Geiger, por ejemplo, nos han demostrado la existencia de radioactividad en toda la corteza terrestre prácticamente, y desde luego en multitud de aguas, de tal modo, que el calor mantenido por la corteza terrestre podría achacársele en gran parte a esta radioactividad.

Junto a esto tenemos la inexplicable, en cierto modo, termalidad y pureza bacteriológica de muchas aguas, en general procedentes de terrenos cristalinos, sean aparentes o estén cubiertos por posteriores capas sedimentarias. Evidentemente, la termalidad es debida a los calores profundos. Pero sería una estupidez afirmar que este calor era debido al acercamiento al núcleo terráqueo, puesto que las profundidades relativas son absolutamente despreciables para hacer tal suposición. Podrían ambas cosas explicarse — y muchos autores están de acuerdo — por los cuerpos radioactivos desperdigados en tamaños microscópicos, pero en suficiente cantidad para producir tales efectos. Deducimos de aquí dos consecuencias: 1.º La radiación suficiente para mantener el agua libre de bacterias no es dañina para el hombre, al menos en las condiciones naturales antedichas. 2.º Puesto que estas condiciones se concentran en las aguas de origen granítico, superficial o profundo, y siendo estas aguas las más agradables y estimadas, es muy posible que la radiación del agua mejore las condiciones organolépticas de la misma, dándole el sabor típico que aquéllas tienen.

Possible defecto. — Sus defectos o, mejor dicho, su único defecto, consiste en el perjuicio que esta energía libre puede causar en la especie humana. Las acciones radiológicas en el hombre es muy posible que estén ya completamente estudiadas, debido a las desgraciadas experiencias de Hiroshima y Nagasaki, y serán probablemente publicadas por Norteamérica cuando estos estudios se completen y dejen de ser secreto de guerra.

Hemos visto, además, que la cantidad de energía libre para mantener un agua libre de bacterias y protozoos es pequeña y, si la cantidad inicial necesaria es fuerte, basta dejar pasar cierto tiempo para que esta energía, en forma de partículas nucleares o radiaciones de diversa longitud de onda, sea absorbida por los cuerpos circundantes, incluyéndolos en sus átomos y quitando el peligro que representaban.

Por esto y otras causas es por lo que aconsejamos la purificación del agua en los comienzos de la línea de captación y no en el lugar de destino.

Respecto a la dosificación, se determinará de modo empírico para que, atacando a los organismos vivos en el comienzo de la red y manteniendo en parte el poder depurador del agua, llegue a la ciudad en condiciones inofensivas.

No es necesario que, en su punto de destino, la radioactividad sea nula, pues, en poca cantidad, es incluso beneficiosa para el desarrollo celular por la radioexcitación que produce. Conocida es la acción

benefactora de los rayos solares, que recibidos, sin embargo, en las capas muy altas de la atmósfera, son incluso mortales, por tener una gran energía, que aún no se ha podido disipar en parte, en la atmósfera terrestre.

La cantidad necesaria, caso de no poder regularse con aparatos sencillos y de poco volumen, podría ser dada a partir de trozos pequeños y calibrados de cuerpos radioactivos (posiblemente el más barato, hasta ahora, sea el cobalto radioactivo, por su poder y persistencia), que bombardeasen el agua con sus partículas, interponiéndolos, por ejemplo, en el camino de la misma y aislados de ella por cuerpos impermeables al agua y permeables a las radiaciones, que, en pequeño espesor, lo son todos.

Estos trozos serían tales, que la pérdida de energía del conjunto en un período de tiempo fuese suministrada al final del período por sustitución rotatoria de la partícula más "vieja" por otra "joven".

La determinación de estos valores es sencilla, sabiendo que la radiación emitida en el tiempo por un cuerpo es una curva logarítmica:

$$E(t) = E_0 e^{\frac{-0,693 t}{t_1}},$$

siendo t_1 el tiempo de reducción a la mitad; E_0 , la energía inicial, y $E(t)$, la energía al cabo del tiempo t .

Por cálculos sencillos se llega a que, si queremos relevar el trozo cada seis meses, con el cobalto, por ejemplo, cuya vida a la mitad hemos dicho son cinco años, se necesitan seis trozos en rotación constante, que totalizan una energía variable de $4 E_0$ a $5 E_0$, tomando ahora como E_0 la energía inicial de cada trozo. Si se quiere una variación menor de la energía, se necesitan más trozos, más pequeños, y relevados cada menos tiempo.

La radiación excesiva puede ser detectada a tiempo y eliminada, bien por campos electromagnéticos, si son partículas cargadas eléctricamente, o sencillamente eliminando automáticamente el agua peligrosa, si no lo son.

Tratamiento del agua. — Todos hemos oído hablar de aireación, sulfato de aluminio, cal, carbonatos sódico y cálcico, sulfatos ferrosos, caparrosa clorada, cloruro ferroso con cal, aluminato sódico, lo mismo que de las zeolitas y productos orgánicos, como resinas y carbones, etc. Por su limpieza y precisión, estimamos que en el futuro tendrán un puesto predominante la coagulación electrónica y descalcificación por electroósmosis.

Coagulación electrónica. — Consiste esencialmente en la disolución de iones aluminio procedentes de una chapa sumergida en el agua. Esta disolución, lenta en condiciones normales, se activa conectando las chapas alternativamente a los polos de un generador de corriente continua. Los iones producidos floculan

exactamente igual que con el método de sulfato de aluminio.

Con este método, el agua no adquiere reacción ácida, la regulación de la dosis es más perfecta y condicionada por la corriente circulante, y el peso de aluminio necesario es $1/5$ del sulfato aluminico del mismo efecto.

Electroósmosis. — Un método también excelente es el de la descalcificación por electroósmosis. Es una aplicación de electrólisis, de tal modo, que los iones y cationes de las sales disueltas se dirigen hacia los polos de carga contraria a la suya.

Este método, de alcanzar gran perfección y rendimiento, sería el único utilizado, por ahorrarse el consumo enorme de los coagulantes y eliminadores de dureza, ahora corrientes.

Posiblemente se acentuaría el movimiento hacia los polos, ionizando el agua con radiaciones energéticas.

Los iones, una vez en la proximidad de los polos, son absorbidos por placas porosas adecuadas. El único gasto sería la limpieza o recambio de estas placas, una vez llegadas a su saturación.

También el método Tonisator ioniza las sales, las cuales precipitan en fangos al calentar el agua.

Inclusión de elementos. — Actualmente se discute la necesidad de agregar flúor al agua hasta una concentración conveniente, por su acción sobre los tejidos duros del cuerpo humano, especialmente sobre los dientes, y parece ser que se ha llegado a una dosificación determinada tal, que siendo su acción benefactora sobre la mayoría de la población, los casos de fluorosis sean muy limitados.

No sólo flúor, sino muchos otros elementos se verterán sobre el agua pública, una vez que sean conocidas sus acciones favorables sobre el metabolismo del individuo humano: tal ocurre, por ejemplo, con el yodo, por su influencia sobre la glándula tiroidea, y algún metal sobre los fenómenos fisiológicos en general.

Actualmente, y una vez efectuado el fenómeno de la coagulación, y en su mayor parte el de sedimentación, se debe filtrar el agua.

La acción de filtrado que, en un principio, fué debida a la necesidad de eliminar la turbiedad, obtuvo una importancia considerable al observarse el importante papel que los filtros desempeñaban como eliminadores de la mayor parte de los microorganismos patógenos.

Hamburgo, sobre el Elba, abastecía a su población con agua del mismo río sin filtrar. Debido a un barco que llevaba coléricos, la epidemia estalló con fuerte virulencia y, asombrosamente, Altona, ciudad satélite de Hamburgo y situada aguas abajo de ella, apenas tuvo algunos casos. Cuando se estudió el asunto, se observó que, aunque Altona tomase también el agua del Elba, tenía la precaución de filtrarla.

Al determinar, con más cuidado la acción del

filtro, se vió que su mayor filtración y limpieza la producía una capa superior de aspecto gelatinoso, compuesta por grandes cantidades de microorganismos, vivos o muertos, que impedían el paso a la mayor parte de los elementos que el agua llevaba en suspensión, atrayéndolos hacia sí.

Posteriormente, y al generalizarse el empleo del cloro como bactericida universal, el filtro volvió a su papel de clarificador.

Actualmente tiene como papel principal retener los copos que no han sedimentado, así como las pequeñas partículas que no han logrado escapar de la acción coagulante.

Ahora bien, el empleo de los filtros es quizá una de las soluciones más molestas y desagradables de la técnica actual.

En principio, y debido a la poca velocidad de filtración del agua, se necesitan, aun con los filtros llamados rápidos, grandes superficies de filtrado, que en las zonas urbanas pueden alcanzar precios considerables. Llevan aneja también una serie de construcciones necesarias, aparatos, viviendas, etc., que recargan considerablemente el precio de una instalación.

Por último, su limpieza periódica entraña: pérdida de agua, que lave el filtro a contracorriente y que puede ser de cierta importancia; servicio intermitente del filtro, lo cual siempre es un engorro, pues en todo debe tenderse al rendimiento continuo. Aparte de esto y aunque sea completamente automático, necesita estar vigilado y limpio, tanto él como su edificio y máquinas accesorias.

Es por esto por lo que hemos pensado que los filtros son elementos que tienden a desaparecer.

De hecho damos una solución basada en algunos tratamientos similares, que creemos pueden dar un resultado tan perfecto como el filtro y con un gasto inicial infinitamente menor. Prácticamente, no necesita gasto de entretenimiento.

De todas formas, la instalación de los filtros en el comienzo de la red implicaría gastos mucho menores de terreno, que, por otra parte, es de vital aprovechamiento en zonas urbanas o semiurbanas.

Antes de determinar la instalación total de depuración, veamos algunas acciones que puedan tener influencia en nuestro país.

CO_2 : Hemos visto que en los tratamientos de eliminación de dureza se efectúan unas aireaciones donde interviene el carbono asociado al oxígeno, determinando la existencia de iones CO_3 , que provienen de la disolución en el agua del anhídrido carbónico.

Estos iones CO_3 , en presencia de los hidrogeniones del agua, forman el ácido carbónico, no muy fuerte, aunque sí lo suficiente para hacerla corrosiva y capaz de atacar las tuberías de hierro y de cemento, sobre todo las de hierro. Pero este ácido carbónico da al agua un sabor muy agradable y la hace

más digerible; así ocurre con muchas aguas digestivas muy apreciadas.

De este modo, si los materiales de la conducción son inatacables por este ácido, y desde luego lo son bastante menos que los actuales, no importa que esté disuelto en el agua e incluso sería conveniente producirlo, como hemos visto.

Sales. — Las sales disueltas en el agua se eliminan por cualquiera de los métodos anteriores. No obstante, se ha comprobado que la existencia de sales en el agua actúa favorablemente en el hombre, sobre todo en lo dependiente del desarrollo óseo (perímetro torácico, talla, etc.). Se procura eliminar la mayor parte de sales que den dureza, principalmente por su acción incrustante en las tuberías y por el excesivo gasto de jabón que producen. Esto es por no formar espuma hasta que han precipitado en compuestos los metales de las sales con los ácidos grasos de los jabones.

Sin embargo, actualmente se han producido los llamados jabones sulfonados, sobre los cuales apenas influyen los metales alcalinos térreos.

Y, lo que es muy interesante, se ha descubierto un método (Polyradía) que evita las incrustaciones o cristalización de las sales sobre las paredes de la tubería. Este método consiste en radiar el agua y entonces, debido posiblemente a la fuerte ionización, las sales no cristalizan, evitando así el desagradable aspecto de las tuberías con incrustaciones, y los perjuicios que acarrearán.

Así que, combinando — sobre todo experimentalmente — diversos métodos, es posible que, además de disminuir la importancia actual de la dureza del agua, se consiga llevar a los domicilios el agua más conveniente, incluso con sales calcio-magnésicas.

* * *

Hay otras posibilidades de tratamiento de aguas para producir o mejorar la floculación. Tal vez tratando con arcilla se consigan buenos elementos de floculación.

Por lo pronto, en Texas ya se ha utilizado para este fin, en su variedad de bentonita (arcilla muy hidratable), y en Argentina han utilizado el loess, del mismo modo.

De todas formas, el agua de la cuenca del Tajo, en su tramo superior, debido a su abundante turbiedad, será fácilmente tratable, ya que ésta favorece la floculación, al tener abundantes núcleos donde puedan comenzar a coagular los cuerpos correspondientes.

Por último, diremos que el exceso de sales radioactivas es posible eliminarlo, por coagulación, con sales de hierro o zeolitas, cuestión a tener en cuenta en caso de bombardeo de la cuenca de recepción de la captación.

Instalaciones. — Aunque se ha preferido, hasta

ahora, tratar simultáneamente la coagulación y corrección de la dureza, será más conveniente separar ambos fenómenos. Con los métodos actuales es conveniente juntarlos, porque la coagulación favorece la precipitación de las sales producidas insolubles, especialmente el carbonato cálcico (CO_3C_0).

Siendo los medios futuristas de ablandamiento (zeolitas, electroósmosis) independientes de que las sales precipiten o no, la causa que ahora unía ambos fenómenos deja de tener efectividad.

Por otra parte, estos métodos, generalmente muy sensibles, exigen aguas relativamente limpias, pues si no pierden gran parte de su rendimiento máximo.

El tratamiento que consideramos más adecuado en el futuro consiste en establecer, en primer lugar, una estación de floculación, que elimine la mayor parte o incluso todos los elementos en suspensión, colocar después la estación de radiodepuración y posteriormente la del tratamiento de la dureza.

Este orden podría alterarse pasando la depuración a último lugar, si la ionización del agua molestate o impidiese el tratamiento adecuado de la dureza.

Hablemos en primer lugar de la floculación. Este fenómeno consta esencialmente de tres momentos: *1*), inclusión en el agua del cuerpo coagulante; *2*), formación del coágulo; *3*), sedimentación del mismo. Las condiciones exigidas por la fase *1*) son: temperatura no muy fría del agua y tiempo necesario para que el coágulo alcance un tamaño conveniente. Ya hemos hablado de la posibilidad de elevar la temperatura del agua a un punto aceptable. Respecto al tiempo de formación del coágulo, debemos advertir que podemos reducirlo si activamos la mezcla de unas zonas con otras.

La condición necesaria para la fase *3*) es que la velocidad del agua sea lo suficientemente pequeña como para permitir la sedimentación de los coágulos.

En nuestra instalación el tiempo de formación del coágulo lo conseguimos distanciando las fases *1*) y *2*) tanto como queramos, sin perder ni tiempo ni presión. Esto es muy importante, ya que actualmente el tiempo necesario de floculación se logra haciendo recorrer el agua caminos zigzagantes y a poca velocidad, lo cual necesita, al mismo tiempo, recipientes adecuados.

La distancia entre *1*) y *2*) podría ser de 4 Km. que, como mínimo, da un tiempo de coagulación de 17 minutos, tiempo suficiente si el coágulo se forma normalmente.

Para facilitar la mezcla de coagulante y agua, puede instalarse una bomba inmediatamente, o después, de que aquél se ha introducido en el caudal general.

La velocidad del agua impedirá la sedimentación del coágulo y, además, la distribución parabólica de velocidades en el interior de la tubería facilitaría la mezcla sin llegar a romperlo, por no formarse remolinos ni cambios bruscos.

Si algún copo, por su peso excesivo, cayese al fondo de la tubería, sería arrastrado por la corriente hasta el sedimentador.

La disminución de velocidad se obtendría dividiendo el caudal total por una serie de compartimientos. El número de compartimientos sería función de la velocidad media de sedimentación.

Así, por ejemplo, si queremos que sea 20 cm./segundo, deben ser 20 el número de ellos, los que les ocuparían en longitud unos 30 metros, y la misma anchura sensiblemente que la tubería.

La longitud de las pantallas separadoras será la misma, así como las dimensiones de cada compartimiento y el caudal que cada una recoge.

Para que la fracción del caudal tomado sea la debida, debe regularse convenientemente la distancia de cada pantalla al fondo de la tubería. Lógicamente, esta distancia debe ir disminuyendo aguas adelante, pues cada vez el caudal que resta es menor, y, simultáneamente son mayores los espacios superiores permitidos.

Preferimos dar a estos tubos una dirección inclinada y con álabes conductores en las zonas inferiores de las pantallas, para evitar la rotura de los coágulos, cosa posible si el cambio de dirección fuese más brusco.

La altura de los departamentos sobre el nivel inferior de la tubería sería del orden de 7 u 8 metros, determinable analíticamente (ley de Stokes), para que, con una densidad dada del agua turbia, el margen de agua limpia, por encima de la zona de cienos en suspensión, sea también determinada.

No obstante, para este tipo de fenómenos sigue siendo la experiencia la mejor maestra.

La disminución de velocidad podría acusarse dando al depósito la sección trapecial en el sentido transversal, con lo cual la velocidad media sería menor en las zonas altas que en las bajas.

Los cienos, que va por sí sedimentarían, son ayudados en su cometido por una corriente en circuito cerrado, que arrastra a los que han llegado al fondo y, por lo tanto, son los más pesados. Estos copos gruesos son inyectados a poca velocidad a media altura del recorrido en vertical del agua y en el lugar más adecuado para que la superficie barrida sea la máxima posible.

Es precisamente en este momento cuando el efecto del filtro que habíamos suprimido queda sustituido, y creemos que con ventaja. No ya sólo en su sencillez, técnica, sino en su eficacia, comparable, por lo menos, a la de los filtros rápidos o a la de los

filtros a presión, pues el entrecruzado de los copos es muy suficiente para ello, así como el espesor de cienos que necesita atravesar el agua para salir clara.

Para que un copo escapase, deben concurrir bastantes circunstancias, lo cual hace que el número de escapados sea muy pequeño y sólo en condiciones irregulares de formación. Con una constitución perfecta en el copo, y a pesar de regirse por la ley de grandes números, los copos escapados pueden considerarse nulos.

El circuito móvil podría conseguirse con ayuda de una pequeña bomba a baja velocidad.

* * *

Los tratamientos de la esterilización y corrección de dureza ya han sido explicados. Debemos aclarar, no obstante, que, caso de hacerse la corrección por métodos sedimentarios, sería necesario la instalación de un nuevo tanque del tipo descrito, que no necesitaría el tiempo de formación del coágulo y, por otra parte, nos recogería los pocos copos escapados de la anterior sedimentación.

Estos tipos de tanques, por su sencillez, apenas encarecerían la conducción.

Las instalaciones de vigilancia de la red podrían establecerse en este punto. Pudiendo ser, además, completamente automático el funcionamiento de todos los elementos y no necesitar apenas el concurso humano, a no ser en su aspecto de supervisor.

* * *

Antes de terminar este artículo, debemos aclarar que esta instalación no es, ni mucho menos, un atrevimiento, pues la instalación de abastecimiento de aguas de "La Verne", en California, es actualmente de órdenes comparables o superiores a la propuesta.

Los datos tomados del Sr. Lázaro Urra, especialista de la materia en España, son: longitud total, unos 400 Km.; de ellos, 145 Km. en túnel, 100 kilómetros en canal revestido de hormigón; 80 Km. de tubos, recubiertos también de hormigón; 45 Km. de sifones; elevación total de las aguas, más de 500 metros. Capacidad de caudal, 46,5 m.³/seg., y el tramo final, desde el lago Mathews hasta la instalación de "La Verne", es una tubería de 3,5 metros de diámetro y 60 Km. de longitud.

* * *

En nuestra instalación hemos omitido, desde luego, detalles que sólo a su tiempo y con un estudio cuidadoso pueden determinarse.