

84  
~~Sem. 3~~  
Hid. 65

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil  
Departamento de Hidrometeorología

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Trabajo  
final  
de  
seminario

TRATAMIENTO DE  
AGUA PARA LA  
OBTENCION DE  
AGUA POTABLE

OFRA COHEN COHEN

Abril 1967

I N D I C E

## INTRODUCCION

Conservación del agua .....	- 1
El agua subterránea .....	- 1
Agua de superficie .....	- 3
Utilización del agua .....	- 4
Contaminación del agua .....	- 5
Ciclo hidrológico .....	- 6
Problemas de administración del agua .....	- 7
Tratamiento de aguas residuales .....	- 8

## TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

Tratamiento del agua potable .....	- 10
Sedimentación simple .....	- 10
Coagulación .....	- 11
Filtración .....	- 12
Desinfección .....	- 15
Ablandamiento del agua .....	- 17
Aireación .....	- 18

## ABASTECIMIENTO DE AGUA

Fuentes para el abastecimiento de agua .....	- 20
Conducción .....	- 20
Redes de distribución .....	- 21
Estaciones de bombeo .....	- 22

## PLANTA MOVIL EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUA

Requisitos fundamentales de diseño .....	- 24
Unidades del modelo .....	- 25

## BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

C O N S E R V A C I O N   D E L   A G U A  
.....

En este concepto se comprende la protección, desarrollo y administración eficaz de los recursos hidráulicos para fines útiles. El agua ocupa algo más del 75% de la superficie terrestre. Sus propiedades físicas y químicas la hacen esencial para la vida y civilización moderna. El agua se combina con el dióxido de carbono en las plantas verdes, en la síntesis de los carbohidratos que se forman con los demás alimentos. Es un medio muy eficaz para disolver y transportar los elementos nutritivos a través del suelo y por los cuerpos de plantas y animales. Puede también arrastrar organismos letales y desechos tóxicos, incluida en la radiactividad. El agua es una materia prima indispensable para multitud de fines domésticos e industriales.

E L   A G U A   S U B T E R R A N E A  
.7... ..

El agua existe tanto bajo tierra como en la superficie. El volumen de agua subterránea excede con mucho al de todos los lagos de agua dulce y embalses reunidos. Se da en diversas formaciones geológicas (acuíferos) y a varias profundidades. El agua subterránea a presión se

llama agua artesisana y su aprovechamiento puede realizarse mediante pozos naturales y artificiales. Si el agua subterránea es abundante puede formar corrientes y manantiales durante prolongados períodos de sequía. Se origina por la precipitación de diversas épocas, según se ha determinado por medio de medidas de la degeneración del tritium , un radiosótomo de hidrógeno que se halla en el agua subterránea. La capa de aguas freáticas es el nivel superior de la acumulación de agua subterránea saturada. Puede aparecer en la superficie terrestre en pantanos, ciénagas, lagos o corrientes, o a centenares de metros de profundidad. Los manantiales se producen cuando el contorno del terreno corta la capa de agua. En los manantiales, el agua se filtra hacia arriba o rezuma, mientras que las fuentes presentan un flujo claramente apreciable. El nivel de las aguas freáticas fluctúa conforme el origen y la extensión de las zonas de recargo, la cantidad y distribución del agua de lluvias y el ritmo de extracción. El caudal de los acuíferos depende de la porosidad de sus materiales. Representa la parte de agua que escurre por gravedad y puede obtenerse por bombeo. El agua subterránea superficial (hasta 15 metros de profundidad) se capta por medio de pozos excavados, pero las aguas profundas requieren pozos perforados. El volumen de los

pozos superficiales puede variar mucho según las fluctuaciones en la lluvia y el ritmo de extracción.

A G U A   D E   S U P E R F I C I E  
.....

Los ríos aportan la mayor parte del agua necesaria. Los lagos, pantanos, ciénagas y marjales, así como los embalses representan agua corriente almacenada. Los pantanos, marismas y otras tierras húmedas a lo largo de los deltas de los ríos y en torno a las orillas de los lagos interiores y en las regiones costeras, constituyen una importante adición a las reservas anteriores. Los océanos y las albufers salobres, las bahías, los brazos pantanosos del río o los estuarios representan fuentes potenciales de agua dulce casi ilimitadas. Las aguas salobres se usan cada día más en la industria para refrigeración y lavado. Los embalses, estanques, albercas de granja y otros pequeños depósitos constituyen el principal medio de acumulación artificial de aguas superficiales. Los menores suministran agua para el ganado, riego y uso doméstico fundamental mente. Sin embargo, la mayor parte del almacenamiento artificial de agua se realiza en embalses de grandes dimensiones. Estas estructuras regulan los ríos, a fin de constituir disponibilidades más seguras para los períodos secos, cuando la recogida natural

de aguas es baja y las demandas elevadas. Almacenan las aguas excedentes en los períodos de abundancia, mitigando las riadas.

U T I L I Z A C I O N D E L A G U A  
.....

En los países secos, el mayor volumen de agua utilizada se consume en los regadíos establecidos o que se establecen a medida que progresa el desarrollo del país. Después de este consumo, el más importante es naturalmente el de aguas para usos domésticos, aunque el suministro para usos industriales aumenta de día en día, consumiéndose volúmenes cada vez más importantes. Los sistemas de acondicionamiento de aire comienzan a suponer, asimismo, una demanda creciente de agua en todos los países durante los períodos secos. El agua almacenada en los embalses se evapora parcialmente, siendo estas pérdidas de tal importancia que han desarrollado un creciente interés hacia las formas de embalse subterráneo y la investigación de películas monocelulares de detergentes derivados del petróleo, como el hexadecanol, para reducir la evaporación.

Se estima que el 40% del agua utilizada en riegos vuelve a los ríos o a las capas freáticas, mientras que casi el 90% de las aguas utilizadas con otros fines vuelven a los ríos. Sin embargo la contaminación impide

la reutilización de parte del agua procedente de los abastecimientos.

Un uso importantísimo del agua que no consume volúmenes es el de la generación de energía hidroeléctrica.

El agua para pesca, vida natural y fines recreativos se usa, pero no se consume. Las aguas naturales limpias y el ambiente acuático circundante que crean constituyen una atracción máxima en las regiones selváticas no desarrolladas, en los parques nacionales e incluso en zonas más desarrolladas, agrícolas, forestales o suburbanas. Sin embargo, los embalses artificiales, a menos de estar situados, diseñados y explotados adecuadamente, pueden destruir el inapreciable ambiente natural o perjudicarlo.

#### CONTAMINACION DEL AGUA

.....

Los cursos de agua han servido tradicionalmente para el vertido de residuos. Pueblos y ciudades, industrias y minas constituyen miles de fuentes de contaminación. Para diluir la contaminación se requieren grandes cantidades de agua. El tratamiento en origen es más seguro y consume menos agua que el vertido de desechos no tratados o poco tratados. No obstante, hay que asegurar caudales suficientes para permitir que los ríos diluyan, así como

y arrastren los efluentes tratados.

C I C L O   H I D R O L O G I C O  
.....

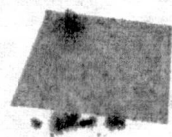
Este concepto se aplica a la continua circulación de la humedad de la tierra. Debido a esa característica se considera el agua como un recurso natural renovable, pero el agua subterránea se explota como un producto de minería cuando se bombea al exterior con mayor rapidez que la de su renovación natural y puede ser, pues, un recurso de reserva. Los océanos producen la mayor parte de humedad por evaporación y precipitación. Parte de la precipitación se evapora, otra es devuelta directamente a los océanos; parte se vierte rápidamente en los cursos de agua y lagos o bien penetra en la tierra vegetal u otro material poroso de donde queda retenida, mientras el resto penetra hasta las profundas formaciones acuíferas donde se acumula o fluye a lo largo de estratos impermeables subterráneos a los ríos o fuentes. La radiación solar proporciona la energía para el ciclo hidrológico. El calor desigual de la superficie terrestre crea corrientes de aire de temperaturas y presiones variables. Las masas de aire caliente transportan la humedad a los océanos. Al enfriarse, la capacidad de estas masas de aire para conservar la humedad se reduce, produciéndose la precipita-

ción. El origen de las masas de aire, la presión y los gradientes de temperatura en altura determinan la forma, intensidad y duración de la precipitación. Esta puede producirse en forma de tormentas ciclónicas o de baja presión (principalmente un fenómeno invernal productor de lluvias de gran extensión), o tormentas de gran intensidad y extensión limitada, o como tormentas de montaña, en las que el aire caliente descarga su humedad cuando se eleva y se enfría al cruzar altas barreras de montañas. (FIG. 1)

La precipitación es característicamente irregular. Por lo general, cuanto más húmeda es una zona y más cerca se halla del océano, más uniformemente se distribuye la lluvia. Cualquiera que sea el promedio anual, la lluvia en las regiones áridas tiende a variar ampliamente de año en año y a producirse en unos pocos y fuertes aguaceros. Las grandes riadas y la erosión activa son el resultado de las lluvias densas y prolongadas o del derretimiento rápido de grandes volúmenes de nieve.

PROBLEMAS DE  
ADMINISTRACION DEL AGUA

Comprenden valores económicos, sociales e intangibles. Los esfuerzos para planear y desarrollar los sistemas fluviales para fines múltiples generan con frecuen-



cia conflictos entre diferentes usos del agua.

TRATAMIENTO DE  
.....  
AGUAS RESIDUALES  
.....

Es cualquier proceso al que sean sometidas las aguas negras con el objeto de separar o alterar sus elementos perjudicialesy, por lo tanto, hacerlas menos peligrosas.

Podemos clasificarlos en: TRATAMIENTO PRIMARIO (a veces único) que consiste en la separación de los sólidos flotantes y de los sólidos grandes y finos en suspensión. TRATAMIENTO SECUNDARIO que utiliza procedimientos biológicos, es decir, el proceso de oxidación a continuación del tratamiento primario por sedimentación. TRATAMIENTO COMPLETO que separa un gran porcentaje de materia suspendida, coloidal y organica.

La SEPARACION DE SOLIDOS GRUESOS se realiza por medio de rejillas, pantallas, camaras preliminares de sedimentación y tanques de despumación.

La SEPARACION DE LOS SOLIDOS FINOS se realiza por medio de emparrillados con orificios muy pequeños, por medio de sedimentación o utilizando ambos procedimientos.

Existen algunos procedimientos de TRATAMIENTO SECUNDARIO o TRATAMIENTOS POR OXIDACION, aunque algunas planta de fango activo se han construido sin sedimen-

tación primaria. Los métodos del tratamiento por oxidación son: 1.- filtración por medio de filtros de arena intermitentes, filtros de contacto y filtros precoladores;

2.- aireación por el proceso de fango activo o por aireadores de contacto.

3.- balsas de oxidación.

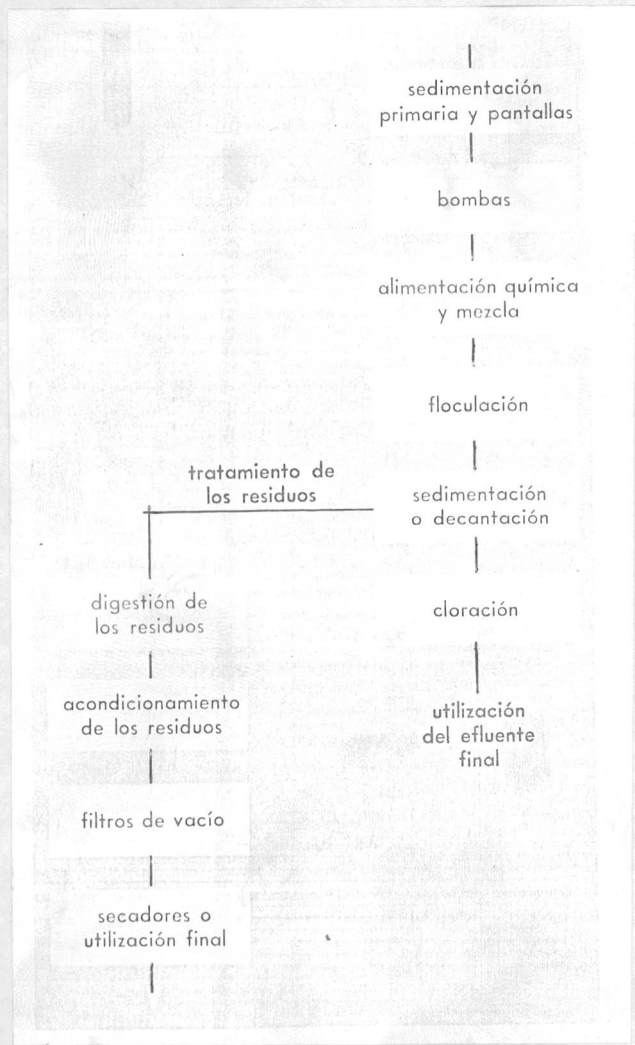


Diagrama del paso del flujo en una planta de tratamiento químico.

TRATAMIENTO DEL  
AGUA POTABLE

TRATAMIENTO DEL  
.....  
AGUA POTABLE  
.....

Son los procesos físicos y químicos para convertir el agua en apta para el consumo humano y otras aplicaciones. El agua para beber debe estar libre de bacterias nocivas y de turbidez y ha de ser insípida e incolora. Una dureza excesiva y una concentración elevada de sólidos disueltos no son convenientes, en especial para la alimentación de calderas y usos industriales. Los tratamientos más importantes son: 1.- sedimentación.

- 2.- coagulación.
- 3.- filtración.
- 4.- desinfectación.
- 5.- ablandamiento.
- 6.- aireación.

SEDIMENTACION SIMPLE  
.....

La arcilla, fango y otras materias finas se deja reposar ésta o se hace circular a velocidades lentas. La sedimentación se produce en los depósitos y se realiza en las plantas para el tratamientos del agua con tanques inclinados o de sedimentación. El tiempo de detención en un tanque puede variar entre varias horas y varios días. El agua puede circular horizontalmente a través del tanque depositándose los sólidos en el fondo; o lo puede hacer verticalmente, a poca velocidad, a fin de que las

partículas se sedimenten a lo largo del recorrido del agua. Los tanques de sedimentación son más efectivos si tienen poca profundidad, que raramente excede de 3-6 m. Este tipo de sedimentación no elimina los materiales extremadamente finos o los coloidales en un tiempo razonable y por ello este proceso se emplea de manera específica como previo a otros métodos de tratamiento.

### C O A G U L A C I O N /-----/

Las partículas finas y los materiales coloidales se combinan en masa por coagulación. Estas masas, llamadas coágulos, son lo suficientemente grandes para depositarse en los tanques y ser retenidas por las superficies de los filtros. Las aguas que son ricas en materias orgánicas y hierro coagular con una agitación lenta. Por lo general este sistema se aplica a la coagulación química, en la que se añaden sales de hierro o aluminio al agua para formar una sustancia porosa, muy absorbente y a la que se unen las materias que producen el color, bacterias, partículas finas y otras sustancias, quedando así eliminadas del agua.

La dosis de coagulante está en función del carácter físico y químico del agua inicial, el rendimiento de los tanques y filtros y el grado de purificación preciso. El agua moderadamente turbia coagula con mayor facilidad que la clara, pero el agua muy turbia requiere

más coagulante. La coagulación es más efectiva a temperaturas más elevadas. La cal, carbonato de sosa, o sosa cáustica pueden ser necesarios para dar la alcalinidad suficiente para la formación de coágulo, y por lo común para lograr buenos resultados es preciso regular el pH (concentración del ion hidrógeno). La caliza pulverulenta, la arcilla y la bentonita se añaden a veces como coagulantes para robustecer y dar paso al coágulo. La coagulación y la sedimentación son las partes más importantes de la purificación moderna del agua.

#### F I L T R A C I O N

Los sólidos en suspensión, materias coloidales, bacterias y otros organismos se eliminan con facilidad por filtrado, pasando el agua a través de un lecho de arena o de carbon pulverizado o a través de una matriz de material fibroso soportado por un lecho perforado. La filtración del agua turbia o muy coloreada sigue por lo general a la sedimentación o coagulación y sedimentación. Los materiales solubles, tales como las sales y los metales en forma iónica, no se eliminan por filtración.

FILTROS DE ARENA LENTOS: Se conocen con el nombre de filtros ingleses y consisten en lechos de arena de 50-120 cm. de espesor, a través de los cuales pasa el agua a velocidad lenta de  $24 \times 10^6$  <sup>a</sup>  $96 \times 10^6$  l/ha. El tamaño de los lechos va de una fracción de hectarea en las plan-

tas pequeñas a varias hectareas en las plantas grandes. Un sistema de drenaje y de grava clasificada y de tuberías perforadas transmite el agua desde los filtros hasta el punto de descarga. Por lo común la arena es fina, variando su diámetro  $0,240,5$  mm. La parte alta del filtro se obstruye con el uso, por lo que periódicamente se elimina una capa fina de arena para mantener la capacidad de filtrado.

Los filtros de arena lentos operan de modo satisfactorio con aguas razonablemente claras, pero se obstruyen con rapidez con aguas turbias. En los climas fríos los filtros se cubren para evitar la formación de hielo y para facilitar la marcha en invierno. En los climas más templados por lo general son abiertos. Los filtros de arena lentos tienen una eficacia bacteriológica elevada, pero se han construido pocos desde el desarrollo de la desinfección del agua debido a la gran superficie que requieren, su coste elevado y la labor que precisan para limpiarlos y reponer la arena.

FILTROS DE ARENA RAPIDOS/. Estos operan a una velocidad de  $2.338 \times 10^6$  l/ha y día, o sea  $25450$  veces las velocidades de los filtros de arena lentos. La elevada velocidad de filtración se facilita con coagulación y sedimentación antes del filtrado, con el fin de eliminar así la parte más pesada del lodo por el uso de arena gruesa; y facilitando el lavado por contracorriente del filtro para conservar el lecho limpio. Los lechos de filtración son de ordinario pequeños, abarcando desde unos  $14m^2$

en las plantas pequeñas hasta unos 140 m<sup>2</sup> en las plantas más grandes. Los filtros consisten en una capa de arena o en ocasiones de antracita triturada, de un espesor de <sup>a</sup> 45+60 cm, que descansan sobre capas inferiores de arena más fina, constituyendo un sistema de drenaje. La arena es gruesa, <sup>de</sup> <sup>a</sup> 0,4+1 mm de diámetro, según la calidad inicial del agua y el pretratamiento, pero el tamaño del grano debe ser uniforme para asegurar una buena operación. El sistema de drenaje sirve tanto para recoger el agua de filtración como para distribuir el agua de lavado por debajo de los filtros cuando éstos se lavan. Se emplean varios tipos de drenaje, incluyendo tuberías perforadas, bases falsas perforadas y placas de hormigo y cerámica perforadas.

Los filtros se lavan en contracorriente a velocidades del orden de <sup>a</sup> 5+10 veces de la velocidad del filtrado. El agua pasa hacia arriba a través de la arena y sale de los filtros por medio de aliviaderos y cunetas de agua de lavado. El lavado agita el lecho de arena y elimina los residuos, que son arrastrados con las aguas de lavado. La cantidad de agua empleada para estos lavados oscila entre el 1 y el 10% del total de salida, dependiendo de la turbidez del agua aplicada a los filtros y de la eficacia del dispositivo filtrante.

Los filtros urbanos y de gran capacidad para usos industriales se construyen por lo general de hormigón o son tanques abiertos de madera y acero. La circulación del agua puede realizarse por gravedad o forzarse

a través de la arena por medio de bombeo. Los filtros a presión pueden operar a velocidades mayores que los filtros a gravedad, debido a la mayor superficie que se presenta a la circulación del agua a través de la arena. Sin embargo, las presiones excesivas pueden producir turbidez, y las bacterias pueden estar presentes en el agua filtrada. Por esta razón, y debido a que los filtros de presión son difíciles de inspeccionar y mantener en buen orden, los filtros abiertos por gravedad son más empleados en los suministros de agua pública.

FILTROS DE TIERRAS DE DIATOMEAS. Las instalaciones de piscinas y de pequeños suministros de agua emplean con frecuencia este tipo de filtro. El filtro contiene tierra de diatomeas, a través de la cual pasa el agua. Una capa filtrante se forma por la adición de las tierras al agua. Cuando la pérdida de presión resulta excesiva, los filtros deben lavarse en contracorriente y debe aplicarse una capa nueva de tierra de diatomeas. Se consiguen con este método velocidades de filtración de  $100 \frac{a}{\cancel{h}} 250$  l/min y m<sup>2</sup>.

#### DESINFECCION .....

Hay varios tratamientos del agua para destruir los organismos vivos, en particular las bacterias patógenas; el más corriente es la aplicación de cloro o compuestos de cloro. Métodos empleados con menor frecuencia son la luz ultravioleta, el ozono o los iones de plata. La medida casera de emergencia es la ebullición del agua.

La cloración es simple y barata y se practica casi en todo el mundo en los suministros de agua pública. A veces es el tratamiento único que se realiza a las aguas claras y no contaminadas. En la mayoría de las plantas de tratamiento de agua suplementa a la coagulación y filtración. La cloración se emplea también como protección frente a la contaminación del agua en la distribución y en los depósitos después de la purificación.

El gas cloro es el más económico y fácil de aplicar en grandes sistemas. Para las instalaciones pequeñas se emplea de ordinario hipoclorito de calcio o de sodio. Según la forma que se emplee, la dosis varía con la cantidad del agua y el grado de contaminación. El agua clara y no contaminada puede desinfectarse con pequeñas dosis, por lo común inferiores a una parte por millon (ppm); el agua contaminada puede requerir varias veces esta cantidad. La cantidad de cloro absorbida por la materia orgánica y mineral del agua, se conoce como la demanda o dosis de cloro. Para una desinfección adecuada la dosis debe exceder la demanda de tal manera que en el agua quede cloro libre.

La cloración por sí solo no es adecuada para el tratamiento de agua contaminada o turbia. Un súbito aumento en la demanda de cloro puede absorber toda la dosis y no dejar cloro residual para la desinfección, y no puede contarse con que el cloro penetrará en las partículas de materia orgánica. El cloro se aplica antes

y después de la filtración, y en ciertos casos en ambas fases.

El cloro produce a veces un olor desagradable en el agua. Esto puede ser debido a dosis de cloro excesivas, pero con mayor frecuencia se debe a una combinación entre el cloro y la materia orgánica del agua, tal como las algas. Algunas algas, que en estado natural no representarían inconveniente, producen un gusto desagradable después de la cloración. En otros casos las dosis fuertes de cloro oxidan por completo la materia orgánica y producen una agua libre de olor. También se adiciona a menudo amoníaco para el control del gusto y para la reducción de la concentración de cloro libre. El carbón activo también es efectivo, en la eliminación del olor y gustos naturales debidos al cloro.

#### A B L A N D A M I E N T O   D E L   A G U A

La DUREZA del agua se debe a la presencia de sales de calcio y de magnesio. Estas sales producen dificultades en el lavado, pérdidas de jabón y, además, depositos y manchas en los articulos casero y lavadoras. Resultan especialmente dañosas en el agua de alimentación de calderas debido a su tendencia de formar depósitos.

El ablandamiento de agua de suministro urbano

es corriente en las zonas en que el agua natural tiene una dureza superior a 150 ppm. Se emplean dos métodos:

1.- El agua se trata con <sup>cal</sup> cal y con carbonato sódico para precipitar el calcio y magnesio como carbonato e hidróxido, después de lo cual el agua se filtra.

2.- El agua se pasa a través de un intercambiador catiónico poroso que tiene la propiedad de sustituir por iones sodio los iones calcio y magnesio del agua. El medio de intercambio puede ser una arena natural conocida como zeolita, o puede fabricarse a partir de resinas orgánicas. El medio de intercambio debe ser recargado periódicamente por un lavado en contracorriente con salmuera.

Para las calderas de agua a alta presión o algunos otros procesos industriales se precisa una casi completa desionización del agua, y el tratamiento aplicado incluye intercambiadores aniónicos y catiónicos. Las plantas de sal y sosa son similares a las plantas de purificación del agua, con coagulación, sedimentación y filtración. Las plantas de zeolita o de intercambio catiónico se construyen por lo general de tanques de acero, con dispositivos para el lavado invertido del medio con salmuera. Si el agua que debe corregirse es turbia, puede ser necesario una filtración antes del tratamiento con zeolita.

A I R E A C I O N  
.....

La aireación constituye un proceso de exposición

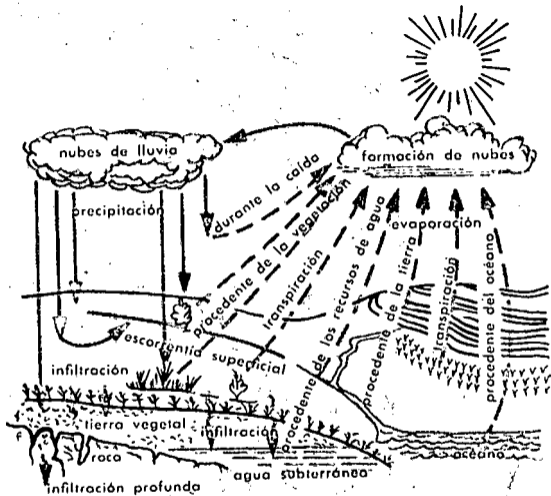


Fig. 1. El ciclo hidrológico. (Water, USDA, Yearbook of Agriculture, 1955.)

del agua al aire, dividiéndola en pequeñas gotas, por una corriente formada de aire a través del agua o por una combinación de ambos métodos. El primer proceso emplea propulsores, chorros, caídas de agua o separadores; en el segundo, el aire comprimido penetra en la base del tanque a través de unos tubos perforados o por medio de placas porosas; en el tercero, las gotas de agua se mezclan con el aire producido por un ventilador.

La aireación se emplea para añadir oxígeno al agua y para eliminar el bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y gases o vapores que comunican gusto, se emplea también en las plantas de eliminación del hierro para oxidar éste antes de la sedimentación o filtración

ABASTECIMIENTO  
DE AGUA

FUENTES PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE AGUA

Las aguas subterráneas, ríos, lagos y lagunas son las principales fuentes de agua potable producidas por la caída de la lluvia. Parte de estas aguas corren hacia el mar, ya por la superficie, ya por canales subterráneos; unas son absorbidas por la vegetación y otras se pierden por evaporación.

CONDUCCION

Puede ser por canales, túneles y tuberías.

CANALES, llamados también acueductos, constituyen el tipo más antiguo y sencillo de conducción de grandes cantidades de agua. Los canales se utilizan cuando pueden construirse siguiendo las pendientes de los valles. si el terreno es adecuado, se hace la excavación del canal sin necesidad de recubrimiento. En otro caso, deberá recubrirse de hormigón o ladrillo. Los canales de gravedad suelen pasar por saltos de agua o bien tuberías a presión, conocidas con el nombre de sifones invertidos o tuberías forzadas.

TUNELES, Se emplean para conducir el agua por gravedad a través de cerros y colinas; pueden construirse también por debajo de la línea de carga y conducir el

agua bajo presión considerable. Los túneles excavados en roca resisten la sobrecarga por hundimiento, pero han de revestirse para evitar la filtración o reducir las pérdidas por fricción, proporcionando un interior más suave.

TUBERIAS, sistema común de conducción, especialmente para pequeños abastecimientos que no requieren grandes canales. Las tuberías pueden ser de hierro fundido, *plástico*, acero, hormigón armado, asbesto-cemento o acero asfaltado. Se elige el material teniendo en cuenta su costo, duración, facilidad de instalación y mantenimiento, así como su resistencia a la corrosión.

REDES DE  
.....  
DISTRIBUCION  
.....

Incluyen la red de pequeñas cañerías, las ramificaciones de las principales, los servicios a los hogares y contadores, las bocas de riego y la distribución a los depósitos. La red está compuesta por tuberías principales de mayores diámetros, generalmente de 30 cm en adelante, y otras ramificaciones derivadas o secundarias; en algunas ciudades se tienden a través de pasajes situados entre las calles. Las cañerías principales suelen instalarse en retículas a fin de que las secundarias sean abastecidas por ambos lados. Las tuberías abastecidas por

una sola dirección se denominan ramificadas o de extremos muertos. Son menos seguras y no pueden dar paso a tanto caudal para la protección contra incendios como las otras. Las válvulas en las uniones de las tuberías permiten aislar las tuberías averiadas con la mínima interrupción de agua en el servicio a zonas adyacentes.

E S T A C I O N E S  
.....  
D E B O M B E O  
.....

Se necesitan bombas cuando la fuente de abastecimiento no es suficiente para proporcionar una presión adecuada en la red de distribución. Las bombas pueden ser de cabeza alta o baja., según la topografía y presión requeridas. Las bombas de sobrepresión se instalan en las tuberías para aumentar la presión en las redes. Estas estaciones incluyen generalmente dos o más bombas, cada una de ellas con capacidad suficiente para cubrir la demanda cuando una unidad falla por avería. La estación debe incluir también tuberías o válvulas dispuestas de tal forma, que una rotura pueda ser aislada rápidamente sin necesidad de cortar el servicio completo. En la práctica moderna las bombas centrífugas, han ocupado el lugar de las bombas con motores de vapor, aunque algunas de las antiguas continúan en servicio. Las bombas centrífugas son movidas por motores eléctricos, turbinas de vapor y

motores Diesel de gasolina, que favorecen el servicio. Las bombas centrífugas, tanto horizontales como verticales, pueden ser de diversos tipos. En las primeras el eje es horizontal, con un motor de conducción en un extremo, las segundas son conducidas con un motor de eje vertical colocado directamente sobre la bomba, o por un motor horizontal que atravieza la transmisión en angulo recto. El control automatico de las estaciones sirve para ajustar las operaciones de bombeo a las variaciones en las demandas de agua. Estos controles ponen en marcha o detienen las bombas de distinta capacidad, de acuerdo con las necesidades. En caso de fallo de una unidad los timbres de alarma se ponen en movimiento. Los controles son movidos por el nivel del agua en el depósito, por la presión en la cañería o por el porcentaje del caudal en el medidor. Se usa frecuentemente un control remoto con señales transmitidas por cables telefónicos.

PLANTA MOVIL  
EXPERIMENTAL  
DE TRATAMIENTO  
DE AGUA

REQUISITOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO

Al iniciar el proceso de diseño del modelo hidráulico, para el ensayo de diferentes métodos de tratamiento de las aguas, se propuso llenar dos necesidades:

- 1.- Determinación directa en sitio, del método óptimo de tratamiento en cada caso específico, eliminando las alteraciones de la muestra durante el transporte al Laboratorio y los errores inherentes al diseño de procesos en base a resultados obtenidos bajo condiciones ideales o teóricas.
- 2.- Experimentación científica, en cuanto a nuevos tratamientos sencillos y económicos del agua se refiere, con la acumulación y evaluación consiguiente de los resultados obtenidos.

Los requisitos básicos para el modelo se establecieron en la forma siguiente:

- 1.- Posibilidad de ensayar métodos nuevos con atención a aquellos en los cuales es posible eliminar el rebombeo en caso de fuentes subterráneas
- 2.- Posibilidad de ensayar la eficiencia de los procesos clásicos de tratamiento, tales como: aireación, sedimentación rápida, floculación, sedimentación lenta y filtración.
- 3.- Flexibilidad que permite el ensayo y evaluación de

los resultados de cualquier proceso unitario, solo o en combinación con otros.

4.- Posibilidad de variar las ratas de flujo y períodos de retención en las diferentes unidades.

5.- Semejanza máxima en lo físico e hidráulico de las unidades de modelo a los prototipos a construirse.

6.- Movilidad del modelo para realizar los ensayos directamente en sitio.

7.- Operación sencilla del modelo y autosuficiencia para la extracción del agua desde la fuente.

8.- Medición cuantitativa y cualitativa de los resultados en sitio.

9.- Posibilidad de construcción económica del modelo.

10.- Posibilidad de ir añadiendo otros procesos unitarios para el ensayo de métodos nuevos, a ser desarrollados durante la vida útil del modelo.

11.- Posibilidad de ir mejorando el modelo, en forma gradual, añadiéndole mayores facilidades de operación y comodidad de trabajo.

U N I D A D E S  
.....  
D E L M O D E L O  
.....

El modelo, que cumple los requisitos fundamentales, tiene las siguientes **unidades** que pueden trabajar en forma individual o en cualquier combinación:

1.- AIREADOR DE BANDEJA, con una rata de aireación de 270.000 lts/día/m<sup>2</sup> para un gasto de 1 lts/seg. Dicho aireador tiene dos bandejas removibles de 0,80x0,80x0,20 m , con separación entre bandejas de 0,20 m.

La posibilidad combinatoria de una o dos bandejas con diferentes gastos, permite amplio rango de variación en las ratas de aireación. Cada bandeja a su vez puede trabajar con toda su área o la mitad de ella. La distribución de flujo sobre la bandeja superior se hace mediante un tubo de diámetro 2" con orificio perforado de  $\varnothing$  1/8". La recolección del agua se realiza mediante un plato metálico con pendiente del 1% hacia el vertedero de entrada del sedimentador rápido.

2.- SEDIMENTADOR RAPIDO, para ser empleado principalmente en combinación con el aireador, a fin de remover parte del hierro y manganeso oxidados. El período de retención de dicho sedimentador es de 4 min para un gasto de 1 lit/seg. Los dispositivos de entrada y salida son vertederos. Las dimensiones totales del sedimentador son 1,20x0,40x0,50 m El flujo del mismo hacia el floculador es por gravedad.

3.-TANQUILLA DE MEZCLA RAPIDA, con agitador eléctrico y período de retención de 25 seg para un gasto de 1 lit/seg.

4.- FLOCULADOR DE TABIQUES, de flujo vertical y de velocidad de 0,025 m/seg, para un gasto de 1 lit/seg. El período de retención resultante es de 6 min . La posibi-

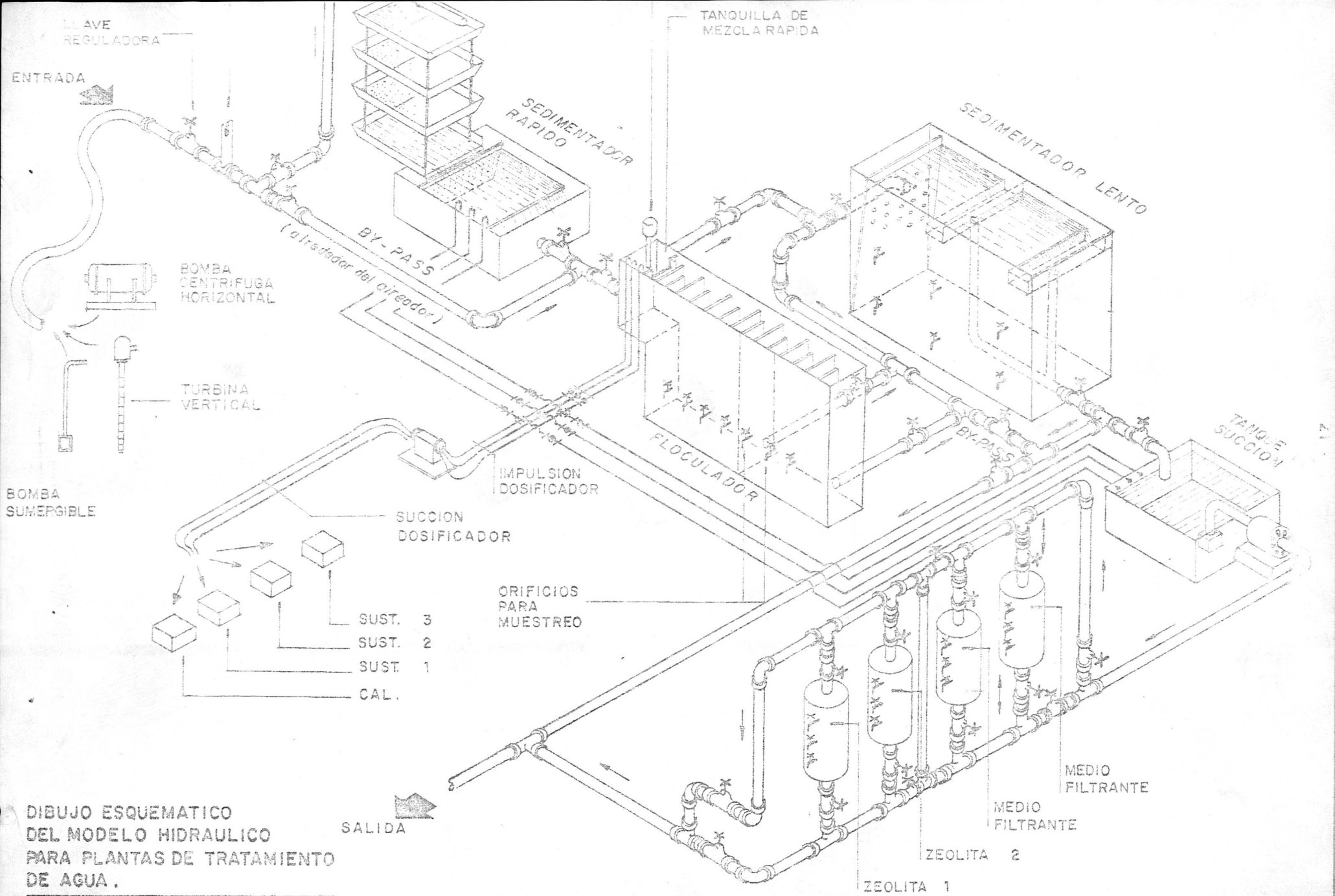
lidad de utilizar la mitad o la longitud completa del floculador en combinación con diferentes gastos permite un rango adicional en las variaciones.

5.- SEDIMENTADOR LENTO, con período de retención de 0,83-2,76 horas para un gasto de 0,3-1 lit/seg. La posición del vertedero de salida puede modificarse permitiendo el aprovechamiento del volumen total o la mitad del mismo. En esta forma se un rango adicional de variaciones en los períodos de retención para diferentes gastos.

6.- FILTROS DE ARENA A PRESION, con una rata de filtración de 2.08-6,88 lit/seg/m<sup>2</sup> para un gasto de 0,3-1 lit/seg. Dicho filtro trabaja en combinación que una bomba que succiona desde una tanquilla, la cual permite absorber pequeñas variaciones en el gasto de bombeo y mediante un sistema de recirculación impide que la bomba trabaje sin agua por error de operación. La posibilidad de desechar parte del agua con tratamiento previo en las unidades anteriores permite aumentar el rango de variaciones en las ratas de filtración .

7.- TRES UNIDADES similares al filtro de arena a presión, para el empleo de ZEOLITAS o medios especiales de filtración.

8.- DOSIFICADORES de sustancias químicas en solución, incluyendo tanques de preparación y facilidades para la agitación.



DIBUJO ESQUEMATICO DEL MODELO HIDRAULICO PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.

BIBLIOGRAFIA

Enciclopedia Salvat Ciencia y Tecnología

Tomos: 1, 3 y 14

Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua

Nicolas nyerges V. y Edgar Gonzalez R.

El agua y su Explotación

Ing. Yehoshua Prushansky

En Busca de agua

Aharon Wiener

*Hay que indicar también Edidora, sitio y  
año de la edición.*