

CAPÍTULO 9

EQUIPOS

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este capítulo es presentar de manera sucinta las características de las obras y equipos más utilizados en un sistema de abastecimiento de agua urbano o rural.

En los sistemas de abastecimiento, los equipos están condicionados a una serie de consideraciones propias del proyecto, que se relacionan con el tipo de sistema adoptado, la capacidad de la planta de tratamiento, las características del agua y de la fuente de abastecimiento, así como las condiciones del terreno en el que se va a instalar el sistema.

2. CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA

La captación de agua para abastecimiento se realiza desde una fuente superficial (un río, un lago, una represa, etcétera) o desde una fuente subterránea (un pozo excavado, un pozo profundo, una galería, etcétera). La conducción dependerá de la necesidad o no de bombeo, según la ubicación de la fuente con respecto a la población.



Captación de río

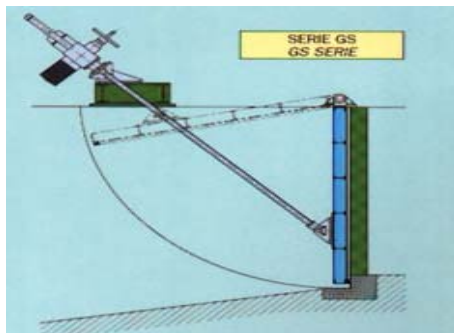
Entre los equipos usados para la captación y conducción del agua, tenemos los siguientes:

2.1 Compuertas

Las compuertas se utilizan para abrir o cerrar el paso del agua. Se manejan de manera manual e hidráulica.

El agua represada ingresa a los canales o tuberías de conducción a través de una o varias compuertas.

Figura 1



Compuerta

2.2 Rejillas

La rejilla sirve para impedir el paso de los materiales flotantes o sumergidos en las captaciones.

Los tipos de rejillas más usados son los siguientes: rejillas de barras, de mallas y láminas con orificios. Son confiables y pueden ser de limpieza manual u operarse mediante equipos mecánicos auxiliares que retiran los residuos sólidos retenidos.

Las rejillas de barras están fabricadas con acero, están soldadas en ambos lados y se dividen en finas, medias y anchas.

Las de mallas se fabrican con alambre tejido de acero inoxidable, resistente a la corrosión.

2.3 Válvulas

Todo fluido, al ser transportado por medio de tuberías, requiere un control de flujo, un método que impida su retorno y que libere el exceso de presión cuando esta sobrepase ciertos límites de seguridad.

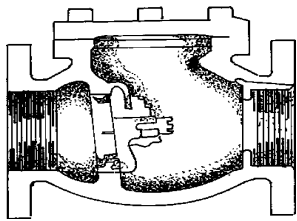
Para cumplir estas funciones se utilizan las válvulas.

La elección de las válvulas es simple. Se debe tener en cuenta su capacidad, la clase de fluido, la temperatura del fluido, la clase y el tipo de tubería en la cual se debe instalar, la forma de realizar las conexiones, la manera como se va a operar y, finalmente, las facilidades para su buen manejo.

Entre las distintas variedades de válvulas están las siguientes:

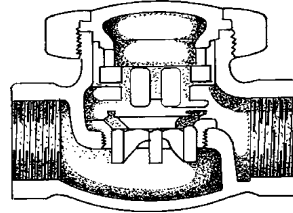
Válvulas de retención o válvula *check*. La función principal de esta válvula es evitar el cambio de dirección del fluido que se conduce a través de la tubería. Hay de dos tipos distintos, conocidos como *válvulas de retención a bisagra* y *de retención horizontal*.

Figura 2



Válvula de retención a bisagra

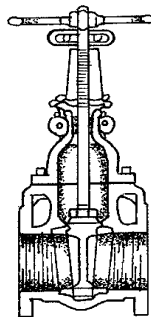
Figura 3



Válvula de retención horizontal

Válvula de compuerta. Permite el paso del flujo en posición completamente abierta y lo restringe en la posición completamente cerrada, con la mínima pérdida de carga posible. Cuando la válvula está en posición abierta, no solo facilita el paso del fluido en línea recta sino que, además, la sección mantiene la misma área de la tubería a la cual está unida.

Figura 4



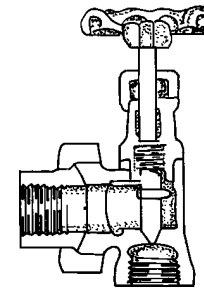
Válvula de compuerta

Válvula de globo. Las válvulas de globo sirven para regular o limitar el paso de un fluido. Están construidas de tal modo que cuando el fluido pasa, producen un cambio en la dirección e incrementan su resistencia al paso en forma gradual, según la posición de cierre.

Para diámetros mayores de 12 pulgadas, estas válvulas son poco usadas, debido al gran esfuerzo que requieren para ser operadas bajo alta presión.

En diámetros menores a una pulgada, para regular el flujo con mayor precisión, se usa otra versión de la válvula de globo, que tiene un vástago de forma cónica. Este es muy alargado y se conoce con el nombre de *válvula de aguja*.

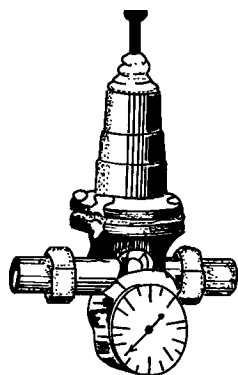
Figura 5



Válvula de aguja

Válvulas reguladoras de presión. Se utilizan cuando es necesario reducir la presión, manteniéndola en valores prefijados, al margen de la cantidad de fluido que pasa a través de ellas.

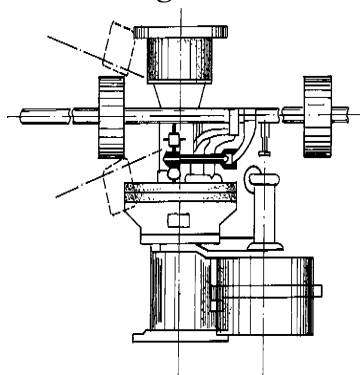
Figura 6



Válvula reguladora de presión

Válvulas reguladoras de caudal. Las válvulas reguladoras de caudal funcionan de manera similar a las reguladoras de presión, reduciendo y manteniendo el caudal de salida. En las plantas de tratamiento, estas válvulas son muy utilizadas en diámetros mayores de seis pulgadas para mantener constante el caudal de operación de los filtros rápidos de este tipo.

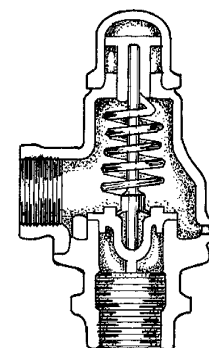
Figura 7



Válvula reguladora de caudal

Válvulas de alivio de presión. Se utilizan en tanques de presión, calderos, etcétera, donde es necesario evitar que un exceso de presión pueda causar daño en las instalaciones. Están reguladas para una determinada presión de apertura. Permanecen cerradas en funcionamiento normal y solo se abren si el fluido sobrepasa la presión requerida, liberando el exceso.

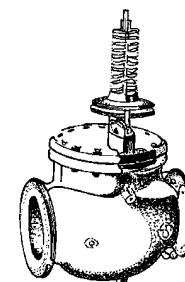
Figura 8



Válvula de alivio

Válvula reguladora de altitud. Se utiliza principalmente para mantener el nivel del agua en los reservorios, de modo que el ingreso se interrumpa apenas el nivel llegue a la altura deseada.

Figura 9



Válvula reguladora de altitud

Válvula de purga de aire. El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del flujo de agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del caudal. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire. Estas pueden ser de accionamiento automático o manual.

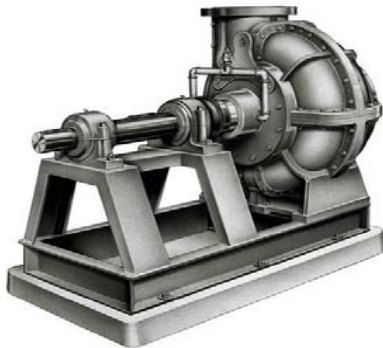
2.4 Bomba

Es una máquina que tiene como función impulsar el agua a través de tuberías, a distancias o niveles diferentes.

Su mecanismo es sencillo: dentro de ella, se produce un vacío que permite succionar el agua de una fuente o suministro para luego impulsarla.

Debido a sus múltiples aplicaciones, las bombas se han construido en gran variedad de diseños y tamaños. Las más conocidas son las siguientes: las bombas centrífugas (cinéticas) y las de desplazamiento positivo del tipo reciprocante (de pistón).

Figura 10



Bomba centrífuga

Bomba centrífuga. Consiste en una carcasa de fundición en cuyo interior, que forma una cámara, se monta un impulsor o rodete.

La bomba centrífuga es apropiada para impulsar grandes volúmenes de agua. Es de bajo costo y muy segura. Es una bomba de alta velocidad de rotación, lo cual permite su conexión directa a un motor eléctrico.

2.4.2 Bombas de desplazamiento positivo del tipo reciprocante (de pistón). Consisten en un cilindro de fundición dentro del cual se adapta perfectamente un pistón, que impulsa el agua mediante movimientos de ida y vuelta.

Las bombas de desplazamiento positivo tienen la ventaja de suministrar volúmenes constantes para alturas diferentes.

2.5 Motores

Los motores son máquinas que entregan energía mecánica. Los más utilizados son el motor diesel, el motor a gasolina y el motor eléctrico.

Motor diesel. Es una máquina térmica que entrega energía mecánica mediante la combustión de aire y combustible (petróleo).

El petróleo se introduce a la cámara de combustión mediante una bomba de inyección que eleva la presión para después pulverizarlo mediante inyectores.

Es costoso. Su instalación requiere mucho espacio y su funcionamiento produce mucho ruido.

Figura 11



Motor diesel

Motor a gasolina. Es una máquina térmica donde la mezcla aire-combustible ingresa a los cilindros y, mediante una chispa proveniente de una bujía, se produce el encendido de la mezcla. La alimentación de esta se realiza por medio del carburador y, últimamente, mediante la inyección electrónica de gasolina.

Este motor trabaja con mucha velocidad, la cual se puede regular con el carburador.

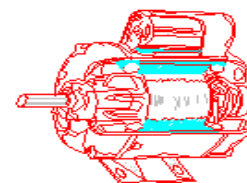
Motor eléctrico. Es una máquina motriz que entrega energía de manera simple y eficiente.

Su principal ventaja reside en el reducido peso y tamaño. No contamina el ambiente, produce menos ruido que los anteriores y puede ser puesto en funcionamiento en cualquier dirección.

Entre los motores eléctricos, se tienen los siguientes tipos: los sincrónicos, los asincrónicos y los de corriente directa.

Los motores asincrónicos son los más utilizados y se dividen en motor con rotor de jaula de ardilla y motor con rotor de anillo deslizante.

Figura 12



Motor eléctrico

3. TRATAMIENTO

3.1 Aeración

La finalidad de la aeración en el tratamiento del agua es remover el exceso de gases disueltos en el agua y las sustancias volátiles (altos valores de dióxido de carbono, hidrógeno sulfurado, sustancias aromáticas volátiles y cloro), así como incorporar oxígeno al agua para oxidar los compuestos ferrosos y manganosos e incrementar el oxígeno y nitrógeno disueltos.

En la práctica, se encuentra una gran variedad de unidades de aeración. Las más comunes son las siguientes:

- aeradores por gravedad:
 - tipo escalera;
 - tipo cascadas múltiples;
 - tipo bandejas con orificios;
- aeradores de boquilla;
- aeradores de aire comprimido;
- aeradores por aspersión.

Aeradores de tipo escalera. Se utilizan para caudales pequeños o medianos. Comprenden una serie de escalones y semejan una escalera por donde baja el agua.



Aerador de tipo escalera

Aeradores por gravedad de tipo cascadas múltiples. Se utilizan para pequeños caudales. Comprenden de tres a cuatro plataformas superpuestas, separadas entre sí por una distancia que oscila entre los 0,25 y los 0,5 metros.



Aeradores de caída de gravedad de tipo cascadas múltiples



Aeradores de chorros



Aeradores de bandejas

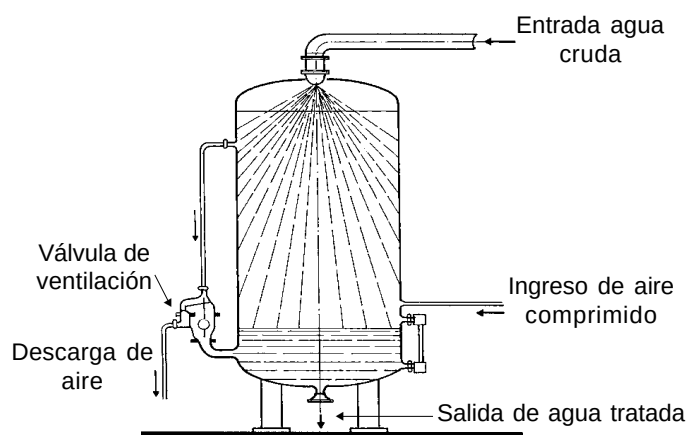
Aeradores de bandejas. Constan de una serie de bandejas perforadas o con telas en el fondo. El agua cae de una bandeja a otra a través de los espacios vacíos o de las mallas. Según la calidad del agua, en el lecho de las bandejas se coloca carbón, piedras comunes, minerales, bolas de cerámica, etcétera, con una granulometría que varía de 5 a 15 centímetros.

Aeradores de aire comprimido. Por lo general, las unidades de aire comprimido poseen tanques rectangulares de concreto, en cuyo

fondo se colocan placas porosas, difusores, tubos perforados, etcétera, conectados a una tubería en la que se inyecta aire por compresión.

Aeradores por aspersión. Están formados por boquillas que rocían el agua a presión. Estas boquillas van colocadas en un tubo de distribución por donde se expulsa el agua.

Figura 13



Aerador por aspersión

3.2 Medidores

En un sistema de tratamiento de agua, los medidores funcionan para determinar caudales, velocidades, pérdidas de carga, expansión de arena, etcétera.

Medidores de caudal. Las aguas superficiales que arrastran gran cantidad de sólidos en su corriente generalmente no pueden medirse

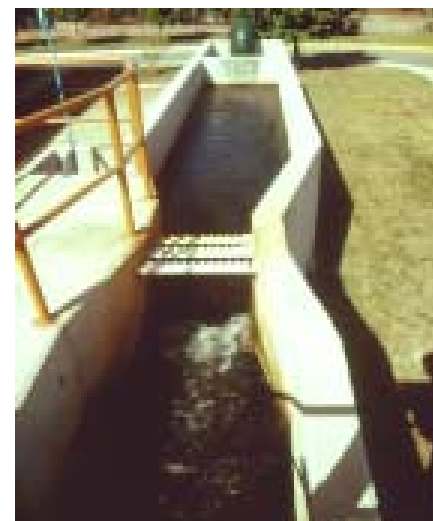
con instrumentos convencionales, debido a la fuerte erosión y al rápido atascamiento que sufren sus partes vitales, lo que motiva que estos instrumentos pronto queden inutilizados o fuera de servicio.

Para medir con exactitud el caudal se utilizan la canaleta Parshall y la boquilla Kennison.

Canaleta Parshall. Utiliza el principio de Venturi, adaptado para medir con exactitud los caudales que fluyen en canales abiertos.

Una sección del canal se construye de igual forma que el tubo de Venturi; es decir, con una reducción gradual de la sección del canal; a continuación de la garganta, hay un ensanchamiento.

Para la indicación y registro de datos de caudal, se emplean instrumentos conectados mecánicamente con un flotador a través de un cable o cinta flexible de acero inoxidable.



Canaleta Parshall

Boquillas Kennison. Estos dispositivos se basan en la descarga de líquidos a través de orificios con chorro libre.

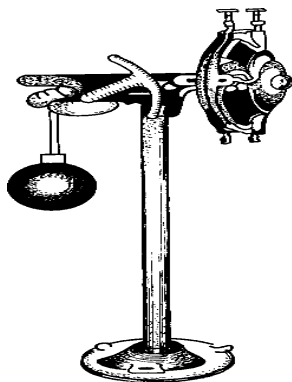
La boquilla Kennison está diseñada en forma tal que conduce la vena líquida hacia el punto de descarga, de manera que no perturbe el flujo del agua en la tubería principal.

Estas boquillas se aplican para la medición de gastos de aguas industriales y desagües debido a su propiedad de “autolimpieza”, que impide la acumulación de los sólidos arrastrados por esas aguas.

Asociado a estas boquillas, se instala un sensor de nivel, que consigue accionar los instrumentos necesarios para la indicación, registro, integración, etcétera, tanto local como a distancia.

Medidores de pérdida de carga. Son instrumentos de control usuales en las plantas de tratamiento mecanizadas o de tecnología importada. Se utilizan para conocer el estado de funcionamiento de los filtros rápidos. Están diseñados y contruidos para detectar con bastante precisión el grado de atascamiento del lecho filtrante y proceder oportunamente a su retrolavado, ya sea en forma automática o simplemente manual. El equipo más usual es el de caja de diafragma y péndulo (sistema BIF).

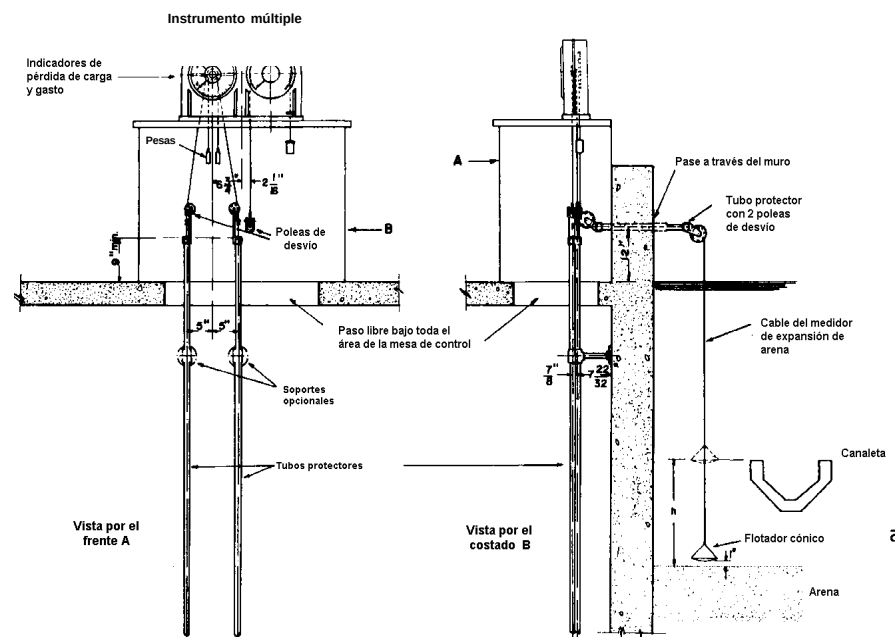
Figura 14



Caja de diafragma y péndulo

Medidor de expansión de arena. Es un sistema que posee una boya que trabaja bajo el principio de empuje hidrostático. Está unido a una polea en cuyo extremo hay un mostrador con un puntero que señala, como un porcentaje, la expansión de arena del filtro durante el lavado.

Figura 15



Medidor de expansión de arena

Los tanques de preparación de la solución son equipos cuya finalidad es diluir los productos químicos utilizados en el tratamiento. Estos mezcladores producen una mezcla violenta del agua cruda con la solución del coagulante aplicada, de tal forma que se distribuyan de manera uniforme en toda la masa de agua para dar inicio al proceso de floculación.



Tanque de dilución



Dosificador de orificio con carga constante

3.3 Dosificadores

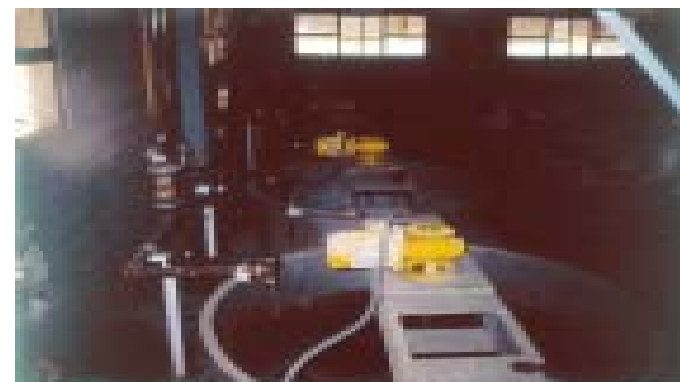
Los dosificadores son dispositivos capaces de descargar del agua cantidades prefijadas de sustancias químicas en una determinada unidad de tiempo.

De acuerdo con la forma en que se aplica el coagulante, los dosificadores se clasifican en dosificadores en solución, dosificadores en seco y dosificadores de gas (cloradores).

Dosificadores en solución. Se utilizan para dosificar el coagulante en forma líquida. Los más conocidos son los de orificio de carga constante y las bombas dosificadoras.

Dosificadores en solución de tipo orificio con carga constante. Están compuestos básicamente de un orificio sumergido en el agua, que se mantiene a una altura constante, mediante un flotador colocado en el extremo del tubo o en la manguera que tiene el orificio.

Bombas dosificadoras. Son del tipo aspirantes impelentes de diafragma o de pistón. Son accionadas por un conjunto motor reductor, donde el desplazamiento del diafragma o pistón puede ser regulado con una frecuencia de movimientos alternados de los desplazamientos, lo que permite ajustar el volumen y, en consecuencia, la dosificación.



Bomba dosificadora

Dosificadores en seco. Usados para la dosificación de productos químicos en seco como sulfato de aluminio granular, cal, sales de flúor, etcétera.

Se clasifican según la forma en que miden las cantidades de productos químicos:

Gravimétricos:

- tipo faja transportadora;
- tipo pérdida de peso, y
- tipo tolva oscilante.

Volumétricos:

- tornillo giratorio, y
- disco giratorio.

En los dosificadores gravimétricos la medida de la cantidad de producto químico dosificado se determina pesando el material o sobre la base de una pérdida de peso constante del material depositado en la tolva.

Dosificador en seco gravimétrico de tipo faja transportadora. El material depositado en la tolva cae en la faja transportadora que se desplaza sobre la plataforma de una balanza. Esta se regula automáticamente para recibir el peso que corresponde a la dosis deseada. Cuando el peso del material sobre la faja no es igual al peso prefijado, una válvula situada en la salida de la tolva modifica su abertura para regular la dosis.



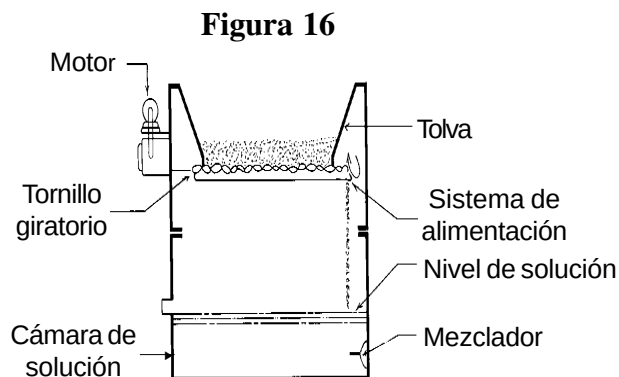
Dosificador de tipo faja transportadora

Dosificador en seco gravimétrico de tipo pérdida de peso. Estos dosificadores miden la cantidad de material para dosificar según la diferencia de peso de una tolva que contiene el material y que se apoya en una balanza equilibrada por un contrapeso móvil. El contrapeso se desplaza de manera proporcional a la dosificación deseada.



Dosificador en seco gravimétrico de tipo pérdida de peso

Dosificador en seco volumétrico de tipo tornillo giratorio. Funciona por medio de un tornillo sumergido en la masa del producto químico que será dosificado, el cual es arrastrado por el movimiento del dosificador, en el sentido del eje de rotación.



Dosificador volumétrico de tipo tornillo giratorio

Dosificadores de gas. La dosificación de gas se efectúa mediante el uso de aparatos que se regulan independientemente de las condiciones variables, la presión del gas que se va a usar o la presión necesaria para introducir el gas en el agua. Se clasifican en dos tipos:

- directo;
- de solución al vacío.

Dosificadores de gas de tipo directo. Generalmente, son dosificadores compactos en los cuales la presión del cloro proveniente del cilindro se reduce en el aparato, que regula la cantidad por dosificar mediante un rotámetro. Luego el cloro se envía al punto de aplicación por presión. La aplicación se efectúa por medio de un difusor colocado dentro de la masa líquida que va a ser desinfectada.



Dosificadores de gas de tipo directo



Cloradores de solución al vacío

Dosificadores de gas cloro de tipo solución al vacío. Están provistos de dispositivos que controlan e indican la dosificación de un flujo de cloro. Poseen un método simple para ajustar la dosificación en cualquier valor incluido dentro del rango del equipo.

Son de uso más generalizado debido a su confiabilidad y seguridad de operación.

Hipocloradores. Son equipos utilizados para la aplicación de compuestos de cloro en solución. Los compuestos de cloro más usados son el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.



Hipocloradores

El hipoclorito de calcio, que se expende comercialmente como HTH, es el más usado por su alto grado de pureza (65 a 70%). El hipoclorito de sodio, en cambio, posee un grado de pureza de apenas 12 a 16%. Los hipocloradores más usados son los del tipo de orificio de carga constante que, dado su diseño sencillo, se pueden fabricar localmente.

3.4 Coagulación

La sustancia química coagulante debe ser agregada a la masa de agua en turbulencia para que se produzca una mezcla instantánea y uniforme. Esta mezcla anulará la carga eléctrica de las partículas. Este proceso se realiza en las denominadas *cámaras de mezcla rápida*. Para la formación del flóculo, es necesario que el agua pase luego a las cámaras de mezcla lenta (floculación).

Cámaras de mezcla rápida. Es el proceso de mezcla violenta del agua cruda con la solución de coagulante, aplicada de tal forma que

estos se distribuyan de manera uniforme para formar el microflóculo y dar inicio al proceso de floculación, mediante una agitación lenta gradualmente decreciente.

Estos instrumentos se clasifican, según el mecanismo usado, en los siguientes tipos:

- retromezcladores o mezcladores mecánicos;
- hidráulicos.

Retromezcladores o mezcladores mecánicos. Son equipos mecánicos de agitación. Constan de un motor, cámara de mezcla, estructuras de entrada, salida y drenaje del agua y un punto de aplicación del coagulante.



Retromezcladores o mezcladores mecánicos

Mezcladores hidráulicos. La mezcla rápida se produce cuando el flujo de un líquido pasa de un régimen rápido a un régimen lento, acompañado de agitación y grandes pérdidas de energía. La estructura más usada en las plantas de tratamiento de agua para este fin es la de resalto hidráulico, que puede obtenerse mediante una canaleta Parshall, rampa y vertederos.



Mezclador hidráulico

Cámaras de mezcla lenta: floculadores. Tienen como finalidad dar al agua una agitación lenta y decreciente para completar la formación de un flóculo suficientemente grande y pesado como para que pueda ser removido fácilmente en los procesos de sedimentación y filtración.

Dependiendo del tipo de energía utilizado para agitar el agua, los floculadores se clasifican en los siguientes tipos:

a) floculadores hidráulicos:

- floculadores de pantallas;
 - de flujo horizontal;
 - de flujo vertical;
- floculadores de tipo Cox y Alabama;
- floculadores de medios porosos.

b) floculadores mecánicos:

- de eje vertical;
- de eje horizontal;
- floculadores de manto de lodos.



Floculador de pantallas de flujo horizontal

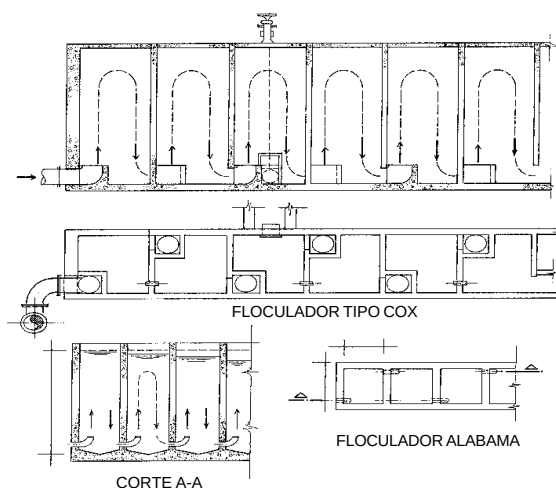
Floculadores hidráulicos. Pueden ser de flujo horizontal o vertical. La agitación lenta se imparte mediante un conveniente diseño hidráulico, después de haber seleccionado en el laboratorio los parámetros que el agua requiere para formar un buen flóculo. La unidad está compuesta por una gran cantidad de canales o compartimentos, con interconexiones convenientemente ubicadas, a través de las cuales el agua se confina el tiempo necesario, con una intensidad de agitación gradualmente decreciente, para optimizar la formación del flóculo.



Floculador de pantallas de tipo vertical

La diferencia entre la unidad horizontal y la vertical está en la dirección del flujo. En ambas es muy importante conservar la especial distribución dada a las pantallas en su construcción para que los parámetros de diseño se cumplan y la eficiencia se mantenga.

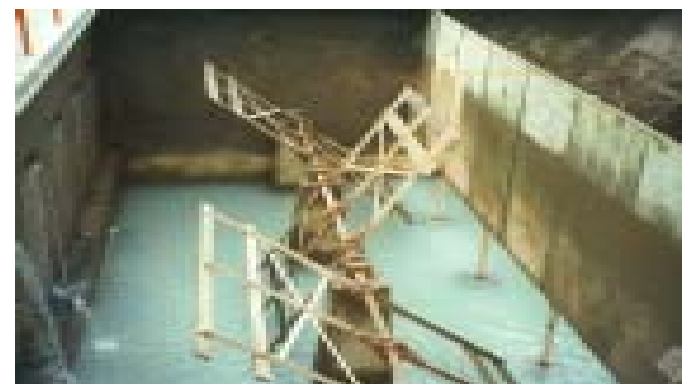
Figura 17



Floculadores de tipo Cox y Alabama

Floculadores mecánicos. Están compuestos, básicamente, de un sistema de paletas fijo a un eje horizontal o vertical. Cada eje puede estar accionado por un motor con reductores de velocidad para variar las velocidades en cada cámara.

En este tipo de unidades la agitación lenta del agua se consigue mediante energía mecánica. La unidad está constituida, idealmente, por tres a seis cámaras, cada una con agitadores, para impartir movimiento al agua. Los agitadores pueden ser de paletas o de turbina.



Floculadores mecánicos

3.5 Decantación

Es el proceso mediante el cual las partículas o flóculos se depositan debido a la acción de la gravedad, para permitir la clarificación del agua.

Este proceso se realiza en los decantadores o en los sedimentadores, que se clasifican según el tipo de flujo:

- a) decantadores estáticos:
 - de flujo horizontal;
 - de flujo vertical;
 - de flujo helicoidal.
- b) decantadores dinámicos:
 - de suspensión hidráulica;
 - de suspensión mecánica.
- c) decantadores laminares.



Decantador estático de flujo horizontal

Decantadores estáticos. En este tipo de unidades se produce la sedimentación o decantación, normalmente en caída libre de las partículas.

Entre los decantadores estáticos están los desarenadores y sedimentadores de flujo horizontal (rectangulares, circulares y cuadrados) y los de flujo vertical.

Decantadores dinámicos. Se aplican al tratamiento de agua que requiere alta concentración de partículas para incrementar las posibilidades de contacto.

Se clasifican de acuerdo con las características de la zona de formación de lodos, en unidades de tipo hidráulico o mecánico.



Decantador dinámico de suspensión mecánica

Decantadores laminares. Son poco profundos y están formados por una serie de placas paralelas (planas u onduladas) o tubos (circulares, cuadrados u octogonales), entre las cuales circula el agua con flujo laminar, lo cual produce la separación del material particulado.



Decantador laminar de placas paralelas

3.6 Filtración

La filtración, de manera general, consiste en hacer que el agua pase a través de un medio poroso, para retener el material suspendido que no quedó en el decantador. Su labor es especialmente importante en la remoción de microorganismos.

Según su funcionamiento, los filtros pueden ser de los siguientes tipos:

- filtro rápido (son los más usados);
- filtro lento.

Filtros rápidos:

A su vez, pueden ser:

- por gravedad;
- a presión.



Filtros rápidos por gravedad operados a distancia mediante consolas o pupitres

Filtros rápidos por gravedad. Están constituidos por estructuras abiertas en las que el agua fluye a través de la arena impulsada por la fuerza de la gravedad.

Las consolas o mesas de comando de filtros poseen botones y palancas que sirven para operar mediante energía eléctrica o presión hidráulica los dispositivos de comando de los filtros.



Consolas o mesas de comando de los filtros

Filtros rápidos por gravedad de operación totalmente manual. En este tipo de filtro de operación totalmente manual, todos los controles son hidráulicos. No requieren tanque elevado ni bombeo para el lavado de las unidades. Un filtro se lava con el flujo que produce el resto de la batería.



Filtros rápidos

Filtro rápido a presión. Consta de un cilindro metálico cerrado, con un dispositivo para el ingreso del agua en la parte superior y otro en la parte inferior para la salida del agua filtrada. También posee tuberías para la salida del aire y drenes para la descarga del agua de lavado.

El filtro de presión puede ser vertical u horizontal.



Batería de filtros a presión de flujo horizontal



Batería de filtros a presión de flujo vertical

4. EQUIPOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se efectúa el control de la eficiencia de los procesos.

Presentamos una lista que contiene el equipo mínimo recomendado para efectuar labores de control en una planta de tratamiento de agua.



4.1 Aparatos

- Equipo de medición de color por comparación;
- turbidímetro nefelométrico;
- caja de agitadores magnéticos y barra de recuperación;
- cocinilla eléctrica de porcelana con agitador;
- solución amortiguadora de $\text{pH} = 7$ y $\text{pH} = 4$;
- medidor de pH con sus respectivos electrodos;
- agitador magnético con base de porcelana;
- soporte con base de porcelana y prensa de buretas para titulación;

- una centrífuga;
- un recipiente de polipropileno de 10 litros con tapa y llave para almacenar agua destilada;
- un destilador de agua pequeño;
- tres recolectores de muestra de polietileno con brazos de 3,7 m;
- una balanza de hasta 2.000 g con una precisión de 0,05 %;
- un comparador de cloro con dos discos;
- un agitador múltiple (seis paletas) para pruebas de jarras con velocidad máxima de 100 revoluciones por minuto en los tipos analógicos y 300 revoluciones por minuto en los modelos digitales; se debe incluir base iluminada y juegos de jarras de dos litros;
- dos descartadores de pipetas;
- dos frascos lavadores de 500 mL;
- dos buretas de 50 mL;
- una docena de erlenmeyers de vidrio de 125 y 250 mL;
- una docena de vasos de precipitación de vidrio de 50, 125 y 250 mL;
- dos frascos volumétricos de 100, 500 y 1.000 mL;
- dos conos Imhoff con sus soportes;
- termómetros;
- mecheros;
- dos vasos de precipitación de plástico de cuatro litros;
- dos pipetas volumétricas de 5, 10, 25, 50 y 100 mL;
- cuatro pipetas de Mohr de 2,5 y 10 mL.



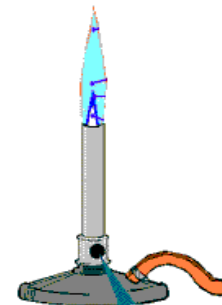
Turbidímetro nefelométrico



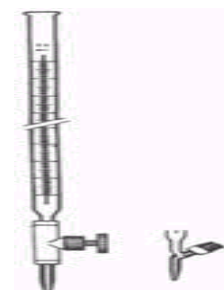
Medidor de PH



Comparador de cloro



Mechero



Bureta



Tubo de ensayo con rosca



Erlenmeyers



Equipo de análisis de agua



Balanzas digitales electrónicas



Balanza



Agitador múltiple