

FILTRACIÓN EN MEDIOS GRANULARES

4.0 FILTRACIÓN EN GRAVA Y ARENA

La filtración en medios granulares, es la forma mas económica y eficiente de separar sólidos suspendidos que no son removidos por sedimentación.

La filtración es una operación unitaria de gran importancia dentro de un sistema de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Generalmente la filtración se efectúa después de la separación de la mayoría de los sólidos suspendidos por sedimentación, aunque dependiendo de las características del agua, es posible que esta entre directamente a la etapa de filtración, sin ser sedimentada previamente.

Esto puede presentarse dependiendo de la cantidad y naturaleza de los sólidos en suspensión. Si la cantidad de sólidos suspendidos no es muy grande puede pasarse directamente a la etapa de filtración. Si la concentración de sólidos suspendidos en el agua a tratar es muy alta y se pasa directamente a la filtración, el filtro se satura rápidamente y es necesaria su limpieza con mucho mayor frecuencia, ya que los ciclos de filtración son de poca duración. Si previamente se separan los sólidos sedimentables, la carga en el filtro disminuye, y se tiene una mejor operación y un proceso de remoción de sólidos suspendidos mas eficiente.

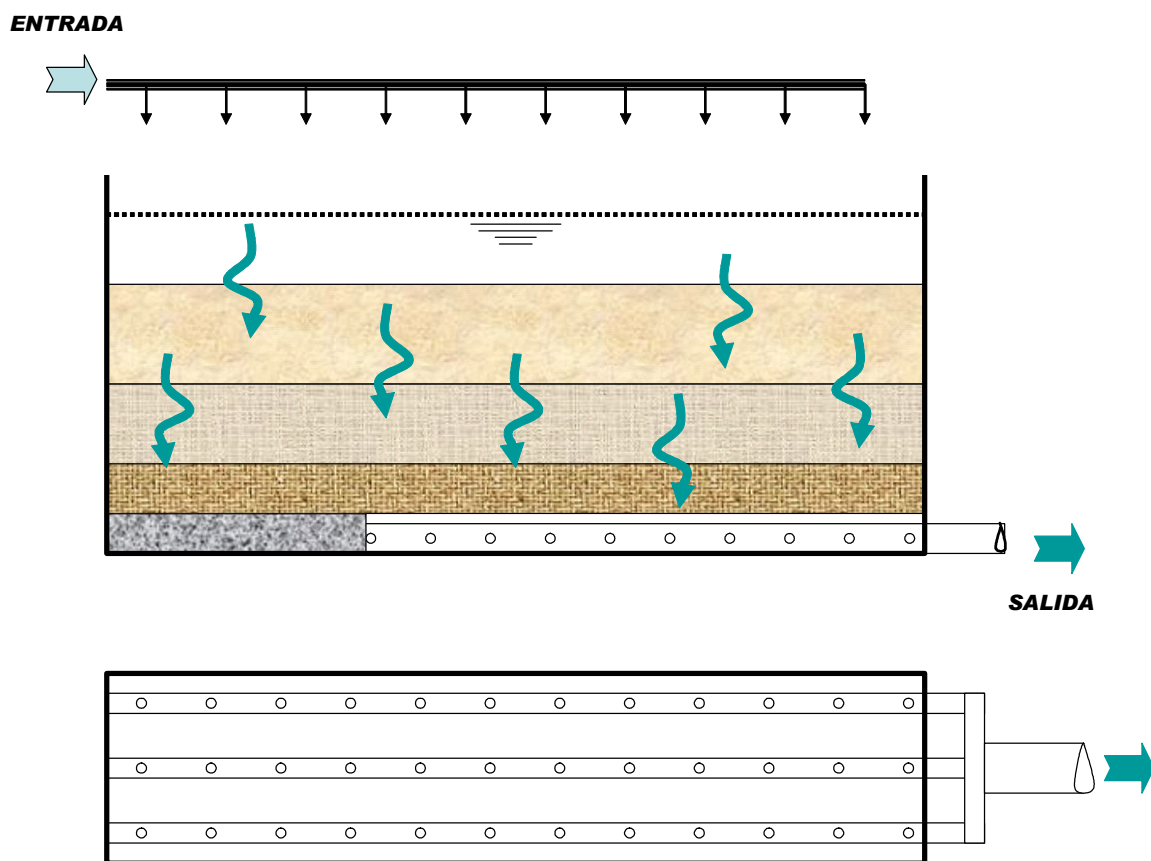


Figura 1: Filtro abierto o de gravedad. Corte transversal y vista superior del detalle del sistema de drenaje del agua filtrada..

El filtro mas ampliamente usado para remover sólidos suspendidos es el filtro de grava y arena y se le llama así precisamente porque es un lecho de grava y arena el que retiene las partículas suspendidas en el agua.

El mecanismo de remoción de estos sólidos es de diferente naturaleza. En el proceso intervienen fuerzas de cohesión entre el material formado y las partículas en suspensión, aunque también se manifiestan fuerzas de atracción electrostática del tipo de fuerzas de London y de Van Der Waals.

En este tipo de filtros, el agua fluye a través de un lecho de grava y arena. Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena, siendo de esta manera retenido entre las diferentes capas de material filtrante. Para una filtración o separación de sólidos mas eficiente, también es conveniente darle un tratamiento previo al agua a filtrar, agregándole sustancias químicas que causen la coagulación y floculación de las partículas, ya que es mas probable que el coágulo o flóculo sea retenido en el lecho del filtro que las pequeñas partículas en estado coloidal

4.1 TIPOS DE FILTRACIÓN EN GRAVA Y ARENA

En forma general los filtros se clasifican en filtros de gravedad o filtros lentos y filtros a presión o filtros rápidos



Figura 2: Filtro lento o de gravedad con detalles de construcción antes de colocar las capas de grava y arena

Filtros Lentos o de Gravedad: Un filtro lento es aquel que tiene un lecho de grava y arena y el agua fluye a través de este lecho por el solo efecto o acción de la gravedad y por tal motivo se les conoce también como filtros de gravedad. La velocidad de filtración en este tipo de filtros es muy lenta, por lo que se requiere de una gran área o superficie de filtración para un flujo determinado.

Para caracterizar un filtro y conocer sus dimensiones para un flujo o gasto de agua determinado se emplea la relación Gasto/Área ó Q/A . Para un filtro lento o de gravedad se emplea una relación Q/A de 0.6 a 6 LPM/mt² (litros por minuto por metro cuadrado ó lts/min×mt²)

Cuanto menor sea la relación Q/A menor es el gasto o flujo por unidad de área del filtro, lo cual tiene como consecuencia una mas eficiente remoción de los sólidos suspendidos, pero por otro lado, si se desea trabajar con bajos valores gasto/área ó Q/A se requerirá de una gran superficie de filtración para un gasto de agua específico.

El valor de diseño seleccionado finalmente dependerá de factores tales como: disponibilidad de terreno, presupuesto o recursos disponibles, calidad deseada del agua tratada, características del agua a filtrar, etc. Un filtro típico de grava y arena que opera por gravedad es el que se presenta en la Figura 1.

Características y construcción de un filtro lento de grava y arena: Una de las ventajas del filtro lento de gravedad, además de su eficiencia en la clarificación del agua, es la facilidad y sencillez de construcción de un filtro de este tipo, cuando hay superficie o terreno disponible para su construcción.. El cuerpo del filtro puede ser un tanque de concreto, el cual tiene un arreglo de tubería en el fondo de este filtro para captar el agua que fluye a través del lecho de grava y arena y llega ya filtrada al fondo del tanque, de donde es extraída después del proceso



FILTROS CERRADOS Y
DETALLE DE LAS CAPAS
DE LOS DIFERENTES
MEDIOS GRANULARES

Figura 3: Filtro rápido o filtro de presión

El agua a tratar o influente, llega al filtro a través de una tubería o canaletas que se encuentran en la parte superior del filtro. La distribución de esta tubería o canaletas debe ser hecha tratando de que el agua a tratar se distribuya uniformemente en toda el área del filtro para que el área de filtración efectiva sea el área disponible en el filtro.

Después de que el agua cae a la parte superior del filtro, ésta inicia su trayecto a través de las diferentes capas de grava y arena. En la parte superior se encuentra la arena mas fina, dispuesta así con la intención de que los sólidos se retengan en esta parte superior del lecho. De las diferentes capas del filtro, ésta primera capa de arena es la que retiene la mayoría de los sólidos suspendidos. Después de la primera capa de arena le sigue otra capa de arena mas gruesa, posteriormente una capa de grava fina y al último una capa de grava gruesa.

Estas capas mas internas casi no captan sólidos, pero se encuentran ahí para soportar la capa de arena y generar un gran numero de huecos para que realmente se presente un vacío y se manifieste el flujo descendente del agua por acción de la gravedad.

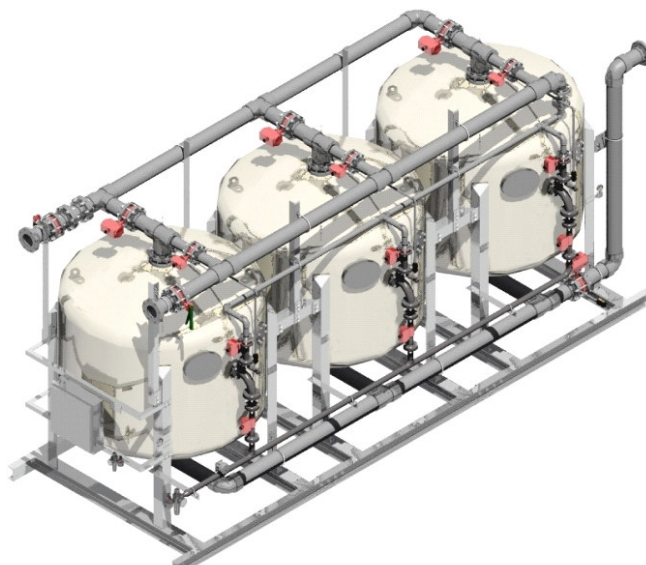


Figura 4: Filtros en paralelo para manejo de flujos de agua donde se requiere de un área de filtración mayor que la que proporciona una sola unidad o filtro.

El número de capas, la granulometría del material y la altura de cada una de las diferentes capas son factores de diseño y no existe una forma única de filtro de gravedad. Cada uno de estos aspectos depende de factores tales como: disponibilidad del material empleado para construir los diferentes lechos de material filtrante, la relación Q/A que se empleará, la calidad de agua a tratar y la deseada en el efluente, la experiencia previa en la operación de filtros de éste tipo y también es muy importante evaluar en pruebas piloto los coagulantes y floculantes empleados, así como las diferentes capas de material filtrante que se desea emplear en una operación a gran escala.

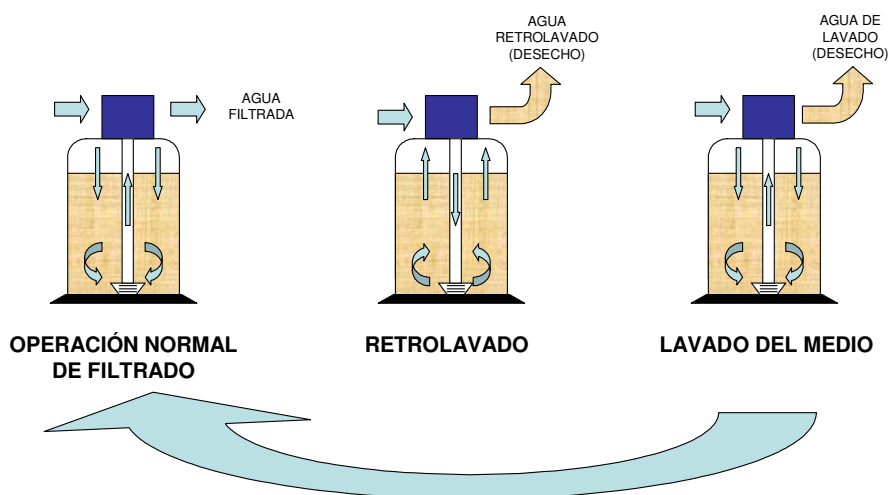


Figura 5: Ciclo de regeneración en un filtro de arena. El ciclo de regeneración puede realizarse en forma manual o en forma automática.

Filtro rápido o filtro a presión: El filtro a presión es similar a un filtro de gravedad en lo referente al empleo de diferentes capas de grava y arena, disponiendo la arena fina en la parte superior del filtro y la grava mas gruesa en la parte inferior del mismo. También, el flujo de agua es descendente y se distribuye desde la parte superior del filtro, y el efluente o agua filtrada es colectada en un arreglo de tuberías o colectores en el fondo del filtro. La diferencia entre estos dos tipos de filtro es que mientras que en el filtro lento el agua fluye por gravedad, en un filtro rápido el agua es forzada a fluir a través de las diferentes

capas de material filtrante por presión de una bomba. En este tipo de filtro se pueden manejar relaciones Q/A de entre 80 y 120 LPM/mt², lo cual significa que con un área de filtración muy reducida (comparada con la de un filtro lento) se pueden manejar grandes volúmenes de agua.

Aún y cuando la eficiencia en la remoción de sólidos es baja comparada con la correspondiente a un filtro lento, la situación de que no siempre es posible tener una gran área disponible para construir un filtro lento, han hecho de éste filtro rápido uno de los mas empleados, ya que operándolo adecuadamente y con un buen diseño en lo referente a las diferentes capas de material filtrante, es posible obtener agua de calidad similar a los filtros mas eficientes, por lo que los filtros rápidos o filtros a presión son los la mejor opción donde se requiere la operación de filtración.

4.2 CICLOS DE FILTRACIÓN:

A medida que los sólidos son retenidos en las capas del lecho filtrante, la caída de presión o resistencia al flujo es cada vez mayor y el volumen de agua disminuye y/o la calidad del efluente es reducida, presentándose en el líquido un mayor grado de turbidez, ya que la cantidad de sólidos que se encuentran en el filtro es muy grande y la superficie disponible para retención de sólidos suspendidos está agotada. Cuando esto ocurre se dice que se ha cumplido el ciclo de filtración.

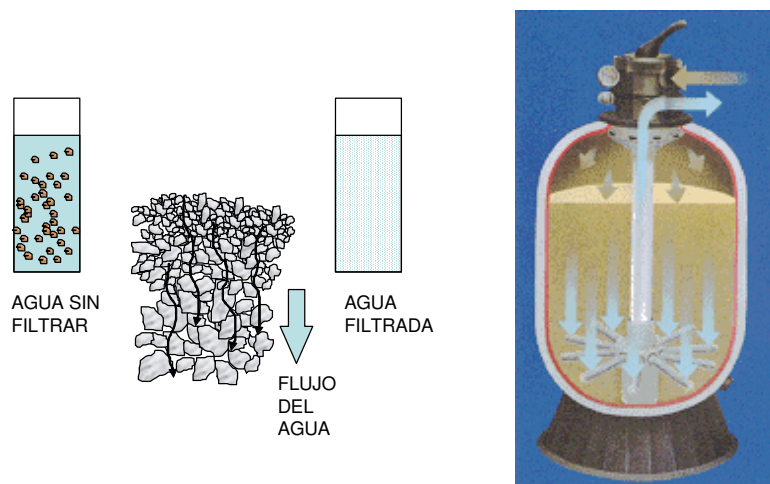


Figura 6: Flujo del agua en un filtro rápido o filtro de presión

Para regresar el medio filtrante a su condición original, es necesario remover los sólidos adheridos a la superficie del material granular del filtro.

Para esto, se hace fluir agua en forma ascendente, en forma inversa a como fluye el agua durante la filtración, tratando de desprender los sólidos que saturan el material granular del filtro. A esto se le llama retrolavado, y el flujo de agua empleado para retrolavar el filtro, debe ser suficientemente grande para desprender los sólidos retenidos, pero no tan grande como para arrastrar las partículas de arena que son las que se encuentran en la parte inmediatamente superior del filtro.

Este retrolavado se da tanto al filtro lento como al filtro rápido, por lo que en ambos tipos de filtros deberá disponerse de lo necesario para efectuar la regeneración del filtro lo mas eficientemente posible, distribuyendo el agua que asciende en toda la superficie del material filtrante y colectando el agua de retrolavado en la parte superior del filtro. El flujo de agua de retrolavado deberá ser en ambos casos del orden de 240 a 360 LPM/mt².

Una vez que el filtro se ha retrolavado, se inicia nuevamente la operación de filtración hasta que nuevamente el filtro se sature con sólidos retenidos. Al proceso: Filtración-Retrolavado-Lavado-Filtración se le conoce también como ciclo de filtración. Un ciclo de filtración en un filtro cerrado debe durar entre 8 y 30 días. En un filtro lento de arena, debido a que la limpieza y retrolavado es mas problemático, el ciclo de filtración debe durar entre 30 días y varios meses.

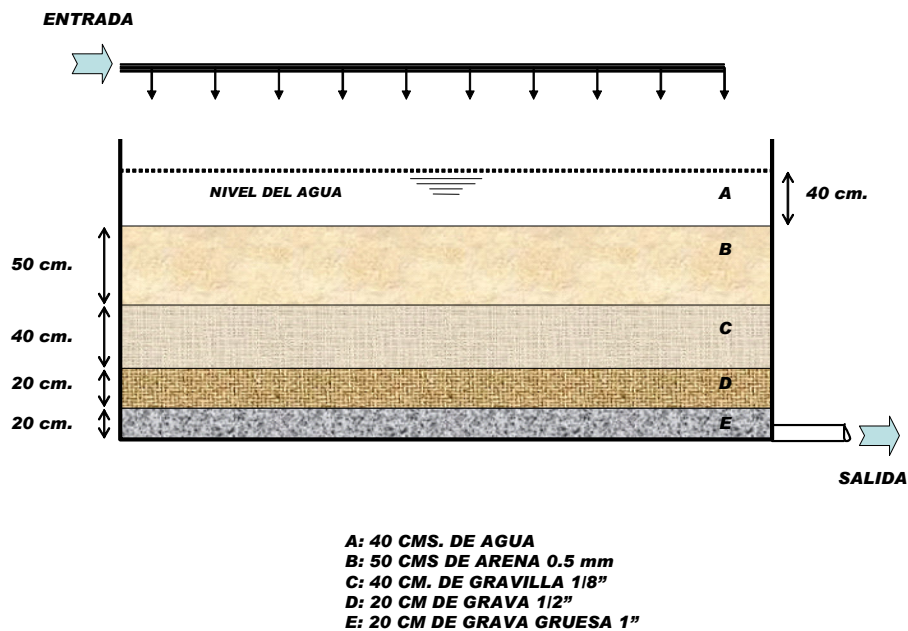


Figura 7: Altura de las diferentes capas de material filtrante que se pueden tener en un filtro lento o filtro de gravedad de grava y arena.

Selección de las capas filtrantes: La selección del número de capas y de la granulometría de cada una de éstas, depende de las características del agua que se desee tener. No existe una forma única para seleccionar y disponer dichas capas de material filtrante, por lo que es recomendable, en ausencia de datos, de efectuar pruebas piloto para poder seleccionar y diseñar un filtro con el cual se tengan resultados satisfactorios. Esto se aplica tanto a filtros lentos como a filtros cerrados o filtros de presión. Un filtro "estándar" de grava y arena pudiese tener las siguientes características en lo que se refiere a la granulometría y altura de las diferentes capas.

Una sugerencia de como se puede tener el material filtrante es la siguiente:

TIPO DE MATERIAL	DIÁMETRO (PULGADAS)	ESPESOR (PULGADAS)
Grava Gruesa	1½ a ¾	8
Grava Mediana	¾ a ½	2½
Grava Fina	½ a ¼	2½
Gravilla	¼ a 1/8"	3
Arena Gruesa	1.2 a 0.8 mm	3
Arena Fina	0.55 a 0.45 mm	20 a 24

Otra sugerencia es la siguiente:

TIPO DE MATERIAL	DIÁMETRO (PULGADAS)	ESPESOR (PULGADAS)
Grava Gruesa	1½	8
Grava Mediana	1	4
Grava Fina	3/8	4
Gravilla	¼	4
Arena Fina	0.55 a 0.45 mm	20 a 24

4.3 FILTRO DE DIATOMÁCEAS:

Otro tipo de filtro que se emplea frecuentemente con muy buenos resultados cuando se desea retener partículas de sólidos suspendidos sumamente pequeños, es el llamado filtro de diatomáceas.

Este filtro consiste de un juego de lonas sobre las cuales se forma artificialmente una capa que sirve como material filtrante, y que permite el paso del agua pero retiene los sólidos suspendidos de hasta 1-2 micrones de diámetro. El medio filtrante conocido como tierras diatomáceas, son esqueletos de crustáceos que vivieron en épocas prehistóricas, y que se encuentran en yacimientos de lo que en ese tiempo fueron mares y océanos, Estos son cristales amorfos cuya composición química es material silicoso, el cual tiene una excelente porosidad por su estructura microscópica y forma de cristalización.

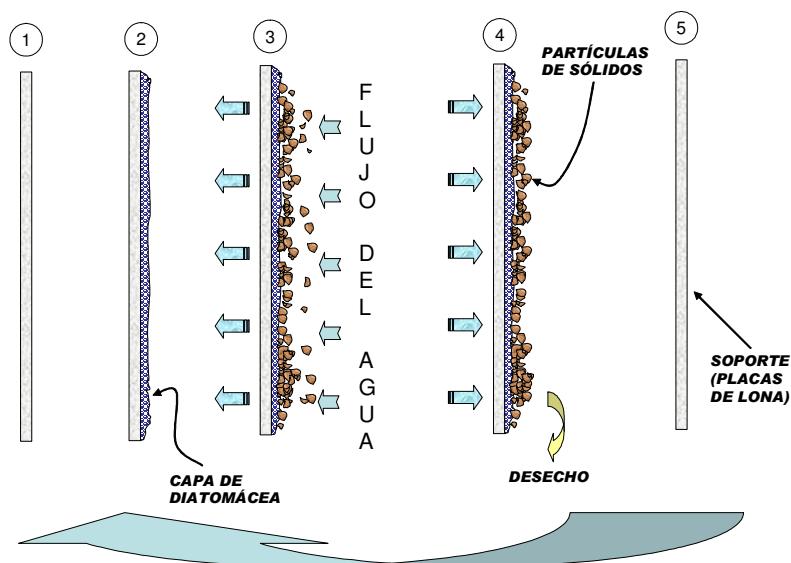


Figura 8: Ciclo de regeneración de un filtro de diatomáceas: sobre la lona (1) se deposita una capa de diatomácea (2). El agua fluye y los sólidos son retenidos en la superficie o capa de diatomácea (3). En condiciones de saturación se invierte el flujo para desprender la capa de diatomácea saturada con sólidos retenidos y este material residual se desecha (4). Finalmente el soporte está disponible para un nuevo ciclo de filtración (5).

Para este filtro, es conveniente tener la mayor área de filtración, por lo que se acomoda un número grande de lonas en un volumen específico, pretendiendo con esto la mayor área de filtración en el menor volumen o tamaño de filtro. Este arreglo se puede dar en un filtro de marcos, o acomodando hojas de lona en un cilindro.

Para iniciar el ciclo de filtración, primero debe formarse una capa de tierra diatomácea sobre las lonas que son el soporte de la capa. Esta capa tiene un espesor de 3 a 4 milímetros y se forma cuando se hace fluir hacia el filtro una lechada o mezcla de agua con tierra diatomácea. El patrón de flujo permite que la mezcla de agua y tierra diatomácea se distribuya equitativamente sobre el área de filtración y se produce una capa homogénea en toda la superficie de las lonas.

Una vez formada esta capa filtrante se hace fluir el agua, y los sólidos son retenidos en la superficie de la capa de diatomácea, mientras que el agua pasa a través del medio de filtración para un tratamiento posterior, si esto es necesario.

En forma práctica lo que se hace es que se agrega la lechada o mezcla de tierra diatomácea y agua y el agua filtrada se envía al drenaje. Inicialmente el agua sale sucia ya que pasa algo de tierra diatomácea por las lonas, pero una vez formada la capa filtrante el agua sale limpia y en este momento el filtro está listo para su operación.

Los sólidos suspendidos que son retenidos en la superficie del medio filtrante se acumulan, y después de que ha fluido un cierto volumen de agua, la caída de presión es alta (el diferencial de presión entre el agua que entra y el agua que sale del filtro) por lo que el flujo y/o la calidad del filtrado disminuyen. Cuando esto ocurre se dice que el medio está saturado, por lo que es necesario el cambio de la capa filtrante o capa de tierra diatomácea.

Para iniciar el ciclo de regeneración se invierte el flujo en contracorriente y la presión del agua desprende la capa saturada. Cuando se ha desprendido completamente y se observa que el agua en contracorriente está libre de material desprendido de la capa original, se prepara una nueva mezcla de diatomácea y agua y se forma nuevamente la capa limpia de material filtrante (Figura 7).

FILTROS DE TIERRAS DIATOMÁCEAS

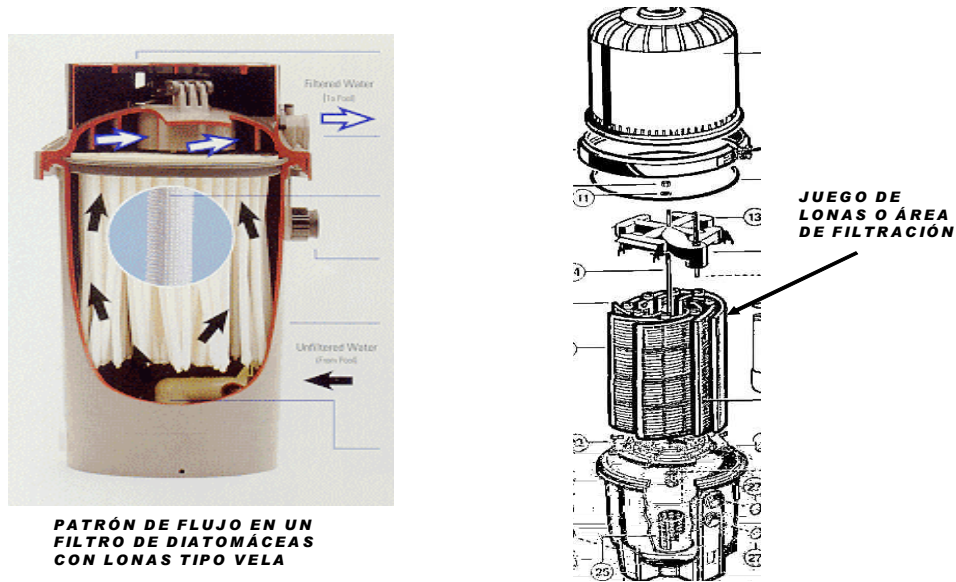


Figura 9: Dos tipos de filtros de diatomáceas. Con elementos de tipo vela el filtro de la izquierda y con un arreglo de lonas en espiral para el máximo de área en el mínimo de espacio el filtro de la derecha.