



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

## ABASTECIMIENTO DE AGUAS

TEMA 8  
Filtración

Francisco Javier  
Pérez de la Cruz

Mario Andrés  
Urrea Mallebrera

### DEFINICIÓN

La filtración es un proceso físico fundamentado en el paso de una mezcla sólido - fluido (líquido o gas) a través de un medio más o menos poroso, el cual retiene los sólidos permitiendo, por el contrario, el paso del fluido.

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general

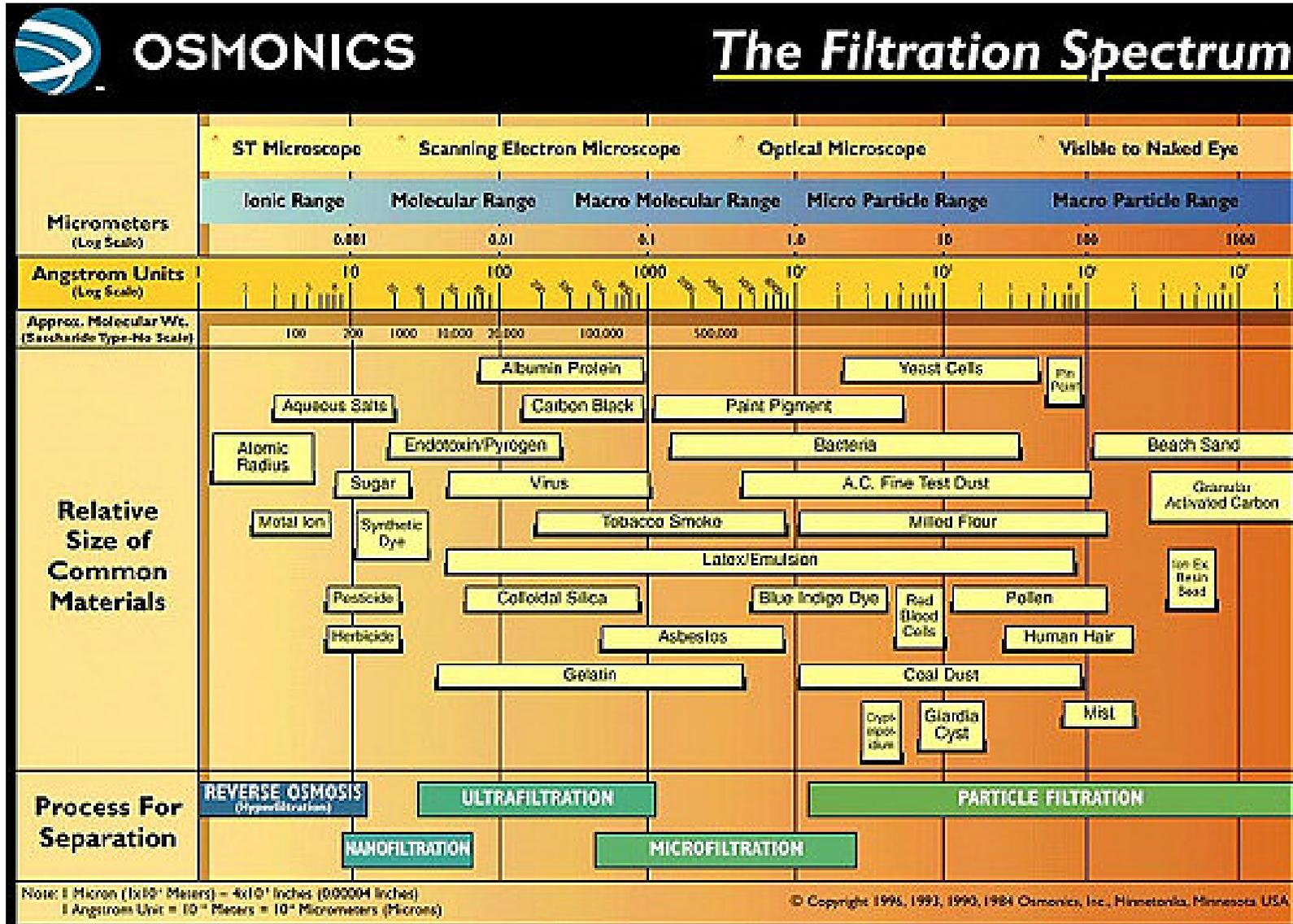


### TIPOLOGÍAS

Dentro del proceso de filtración podemos diferenciar diferentes tipos en función de:

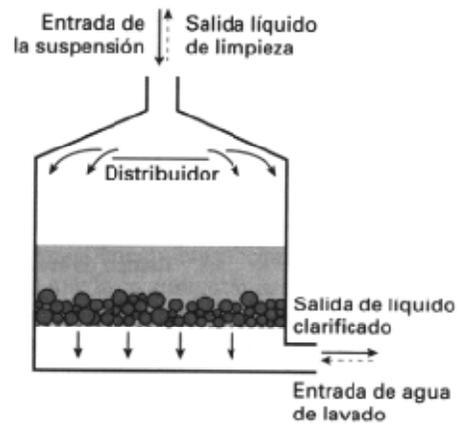
- 1) Material a separar → Filtración convencional, microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa.

- **Filtración convencional (= clarificación):**  
→  $\geq 10 \mu\text{m}$  (*clarificar soluciones*)
- **Microfiltración:**  
→  $0.1 - 10 \mu\text{m}$  (*agua p. iny.*)
- **Ultrafiltración:**  
→  $0.001 - 0.1 \mu\text{m}$  (*macromoléculas*)  
(MEMBRANAS)
- **Ósmosis inversa:**  
→  $0.001 - 0.0001 \mu\text{m}$  (*iones*)  
(MEMBRANAS- P)

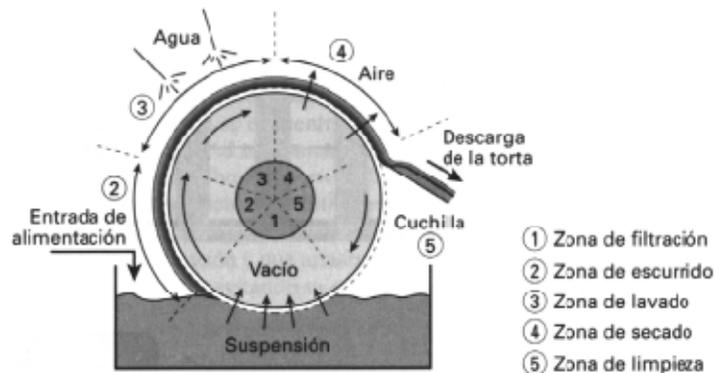


## Tema 8. Filtración

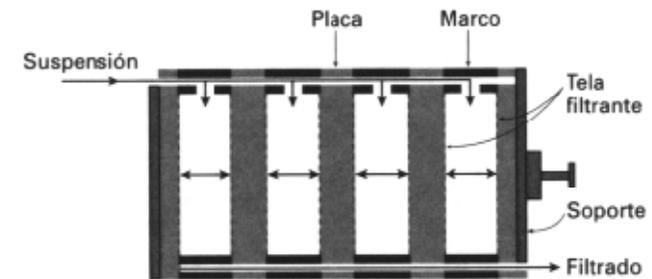
2) Fuerza impulsora → Filtración por gravedad, por presión, por vacío o por centrifugación



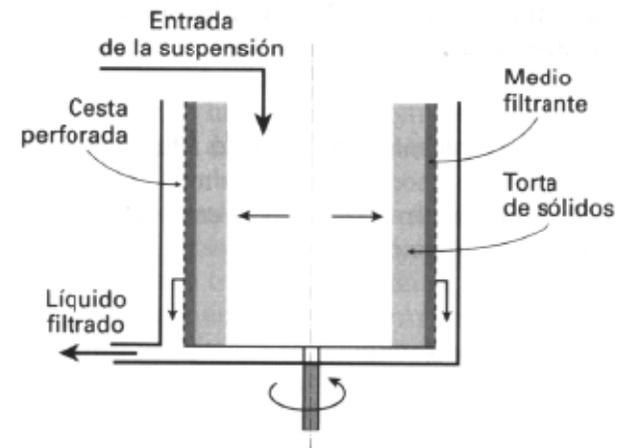
*Filtración por gravedad*



*Filtración por vacío*



*Filtración por presión*



*Filtración por centrifugación*

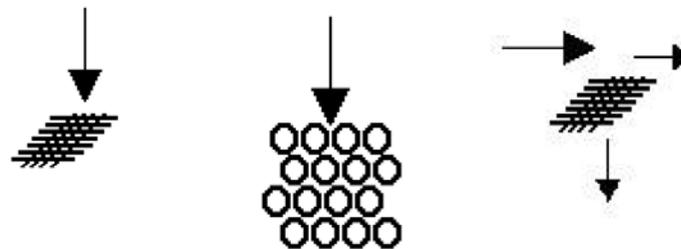
3) Tipo de flujo → Constante o variable

4) Mecanismo de retención → Pueden ser:

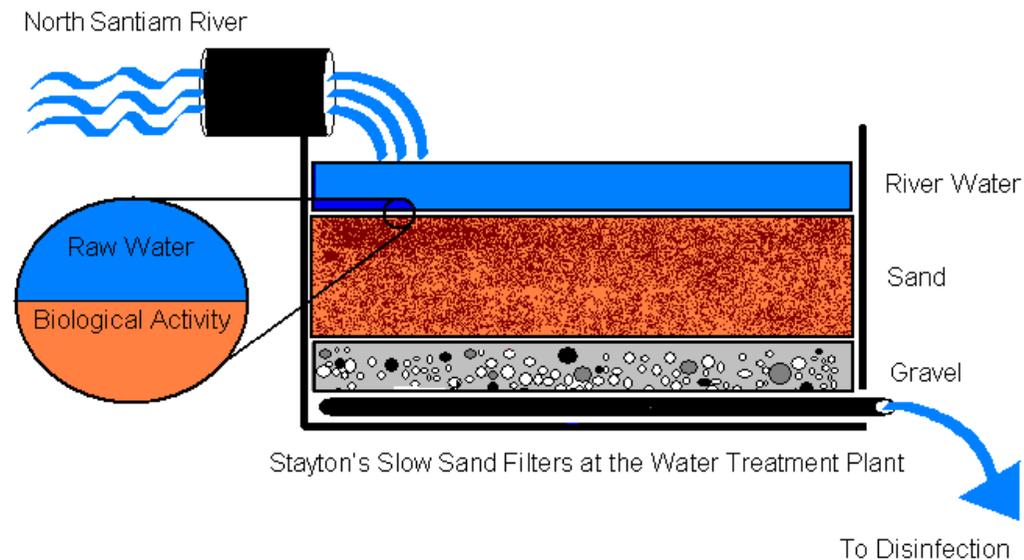
a) *Filtros en superficie* (en torta, sobre soporte) → Cuando las partículas tienen un tamaño suficiente, quedan retenidas en la superficie filtrante, perpendicularmente al flujo del agua.

b) *Filtros en profundidad* (en volumen, sobre lecho filtrante) → Cuando las partículas tienen un tamaño pequeño, pueden quedar adsorbidas en el interior de la masa porosa por diferentes mecanismos (Van der Waals, coagulación...)

c) *Filtros tangenciales* → Análogos a los filtros en superficie, pero con la diferencia de que el agua circula paralelamente a la superficie de filtración.



- 5) Velocidad de filtración → Podemos distinguir entre:
- Filtración lenta, con formación de capa biológica
  - Filtración rápida, con altas velocidades de filtración



De las diferentes clasificaciones expuestas nos centraremos en los distintos tipos de filtración en función de la velocidad de filtración y el mecanismo de retención.

### CONSIDERACIONES PREVIAS

Es conveniente realizar una sedimentación previa a la filtración en los siguientes casos:

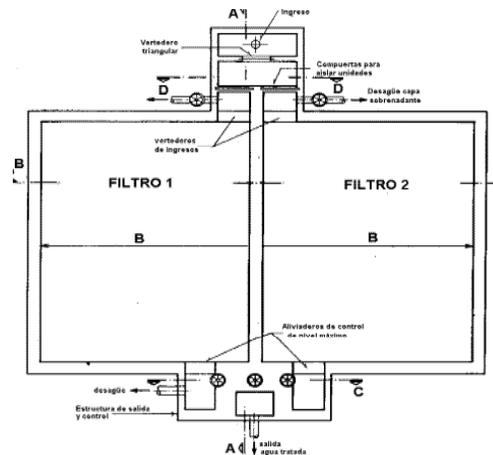
- 1) Cuando la concentración de partículas es muy elevada y, por tanto, también el volumen de flóculos formados, el proceso de filtración tiene el inconveniente de que el elemento filtrante se colmata muy rápidamente.
- 2) También, cuando las fuerzas de unión de los flóculos no son muy grandes, se pueden romper por el cizallamiento que sufren durante la filtración a través de un medio granular, pasando las sustancias que los componen al producto final, como ocurre con los flóculos de hierro y aluminio.

Muchos contaminantes habituales del agua, como virus, metales pesados, pesticidas, etc., pueden estar asociados a partículas, por lo que una filtración adecuada aumenta significativamente la eficacia de los tratamientos de potabilización.

### FILTRACIÓN LENTA

La filtración lenta tiene por objeto la depuración de las aguas de superficie, sin coagulación, ni decantación previa. Estos filtros están contruidos de tal forma que el agua fluye muy despacio a través de un lecho de arena fina, quedando retenidas en la superficie del filtro las partículas de mayor tamaño. De esta manera se forma una capa biológica porosa muy delgada, pero con una gran superficie de contacto en sus poros, que favorece la adsorción de impurezas.

Después de lavados estos filtros, la calidad del agua filtrada no es satisfactoria, por lo que debe verterse al desagüe hasta que se forme la membrana biológica, para lo cual se precisan varios días.



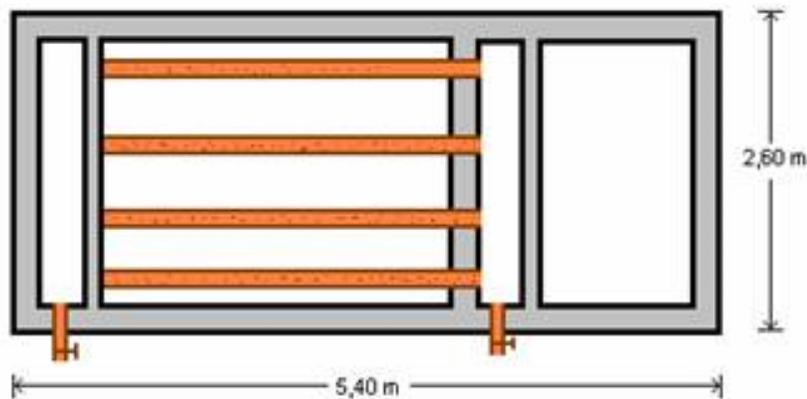
Ventajas → El mecanismo biológico de esta filtración es muy efectivo para la eliminación de microcontaminantes.

Además, se produce una reducción de la turbidez inicial del agua y de los coliformes de hasta un 90 o 99 %.

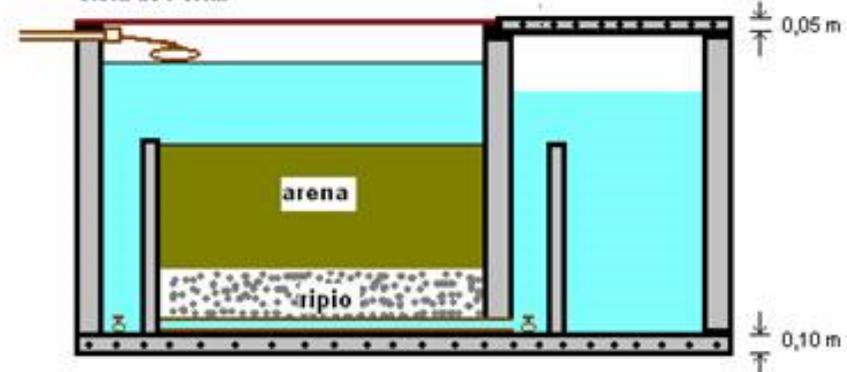
Inconvenientes → Estos filtros son especialmente sensibles a un desarrollo fuerte de plancton, que puede producir un atascamiento superficial.

Además, se necesita una gran superficie de terreno para su instalación.

Vista en Planta:



Vista de Perfil:

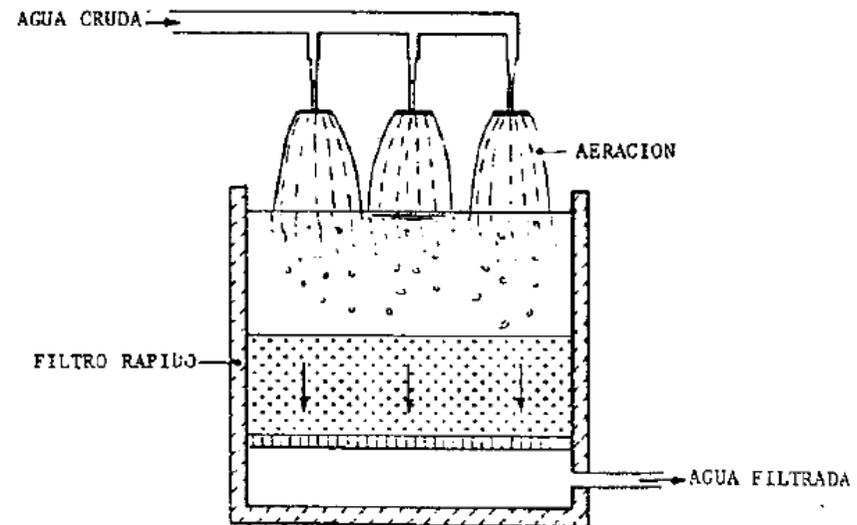
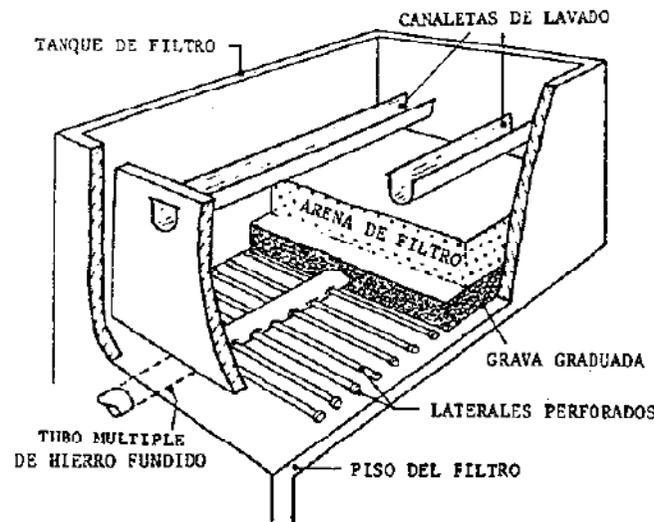


### FILTRACIÓN RÁPIDA

En el proceso de filtración rápida, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 4 a 50 m/h.

La arena, que es el material más empleado como medio filtrante, puede reposar sobre un lecho de grava .

El tamaño efectivo de la arena de la capa filtrante oscila entre 0.5 y 1.5 mm de diámetro, mientras que el tamaño de la grava de la base puede oscilar entre 35 y 130 mm, dispuesta en capas de menor a mayor grosor.



El espesor de las capas es variable en función del agua a tratar y del rendimiento que se quiera obtener.

El espesor de la capa de arena puede oscilar entre 40 y 70 cm y el de las capas de grava entre 30 y 60 cm.

En función de las características del agua a tratar puede ser conveniente el diseño de filtros multicapa, consistentes en dos o más capas de materiales filtrantes de características diferentes.

Una de las combinaciones más usuales es la filtración a través de arena y carbón activo, lo que permite retener compuestos indeseables del agua según su capacidad de absorción.

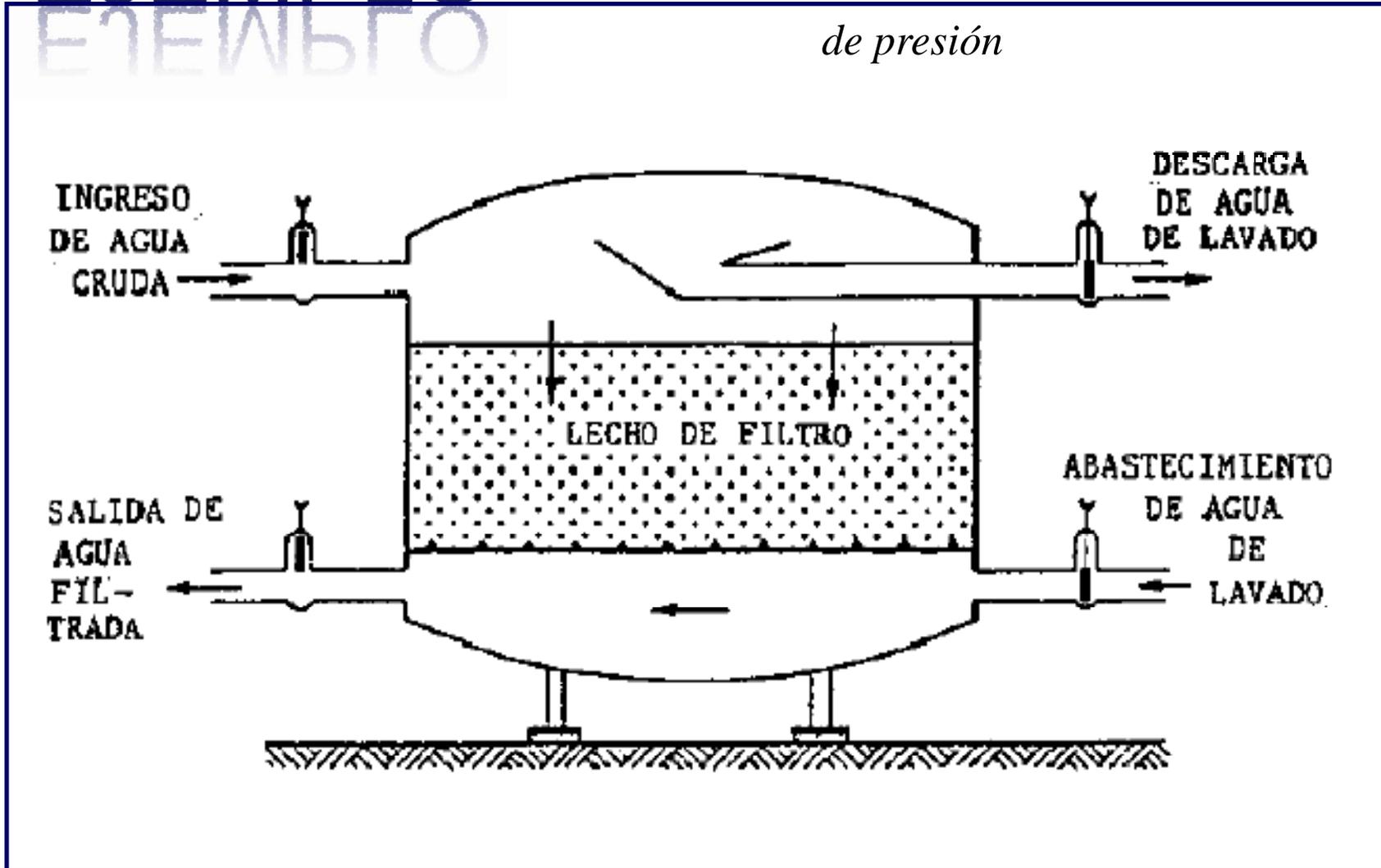
Los filtros rápidos pueden ser:

- 1) Filtro por gravedad
- 2) Filtros de presión
- 3) Filtros de flujo ascendente
- 4) Filtros de medios múltiples

# EJEMPLO

*Ejemplo de filtro rápido*

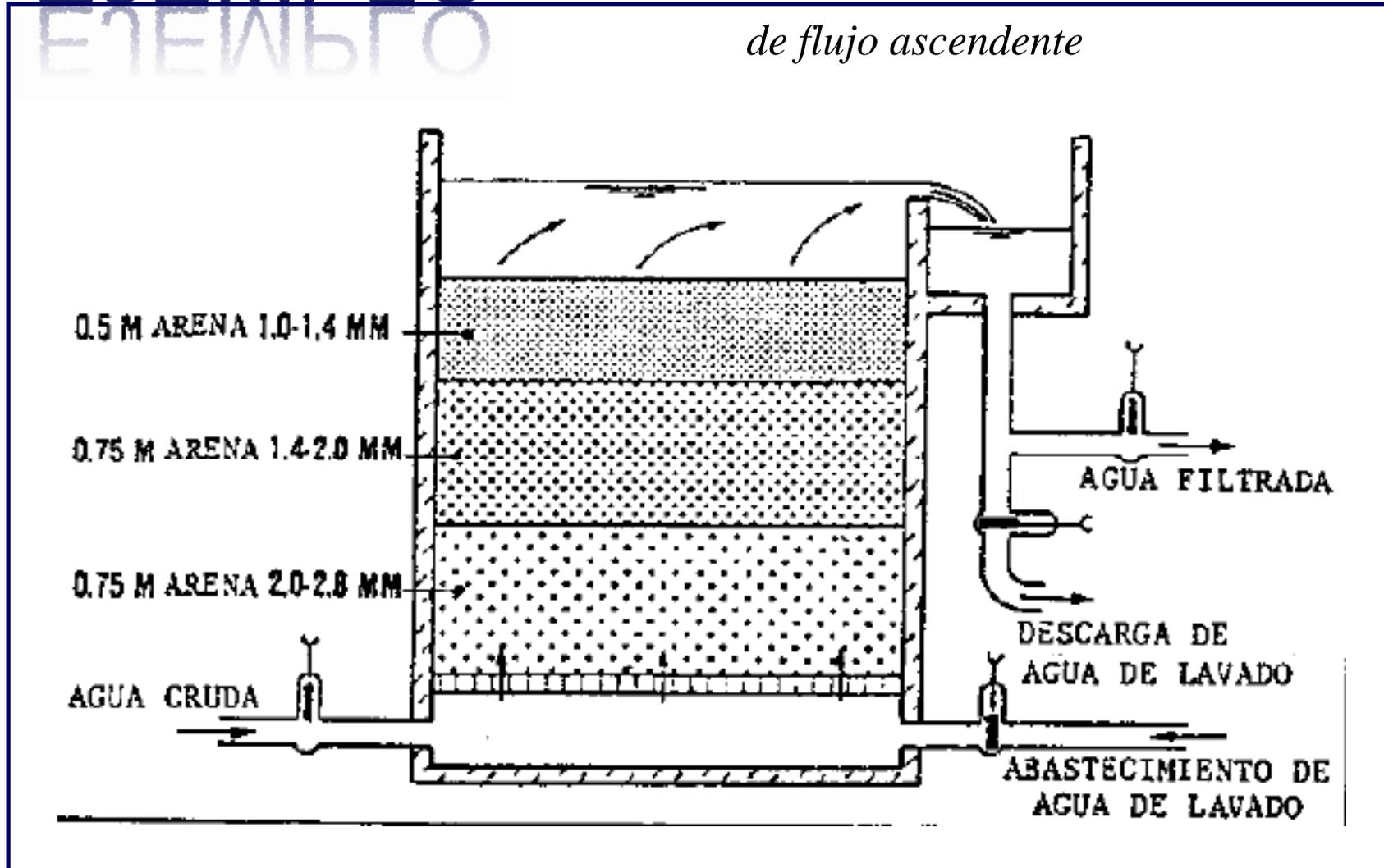
*de presión*



# EJEMPLO

*Ejemplo de filtro rápido*

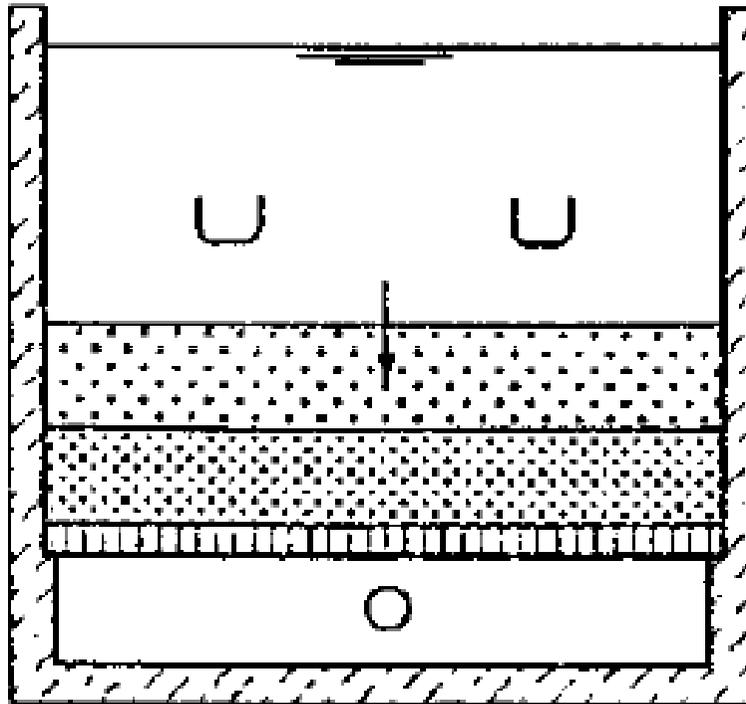
*de flujo ascendente*



# EJEMPLO

*Ejemplo de filtro rápido*

*de medios múltiples*

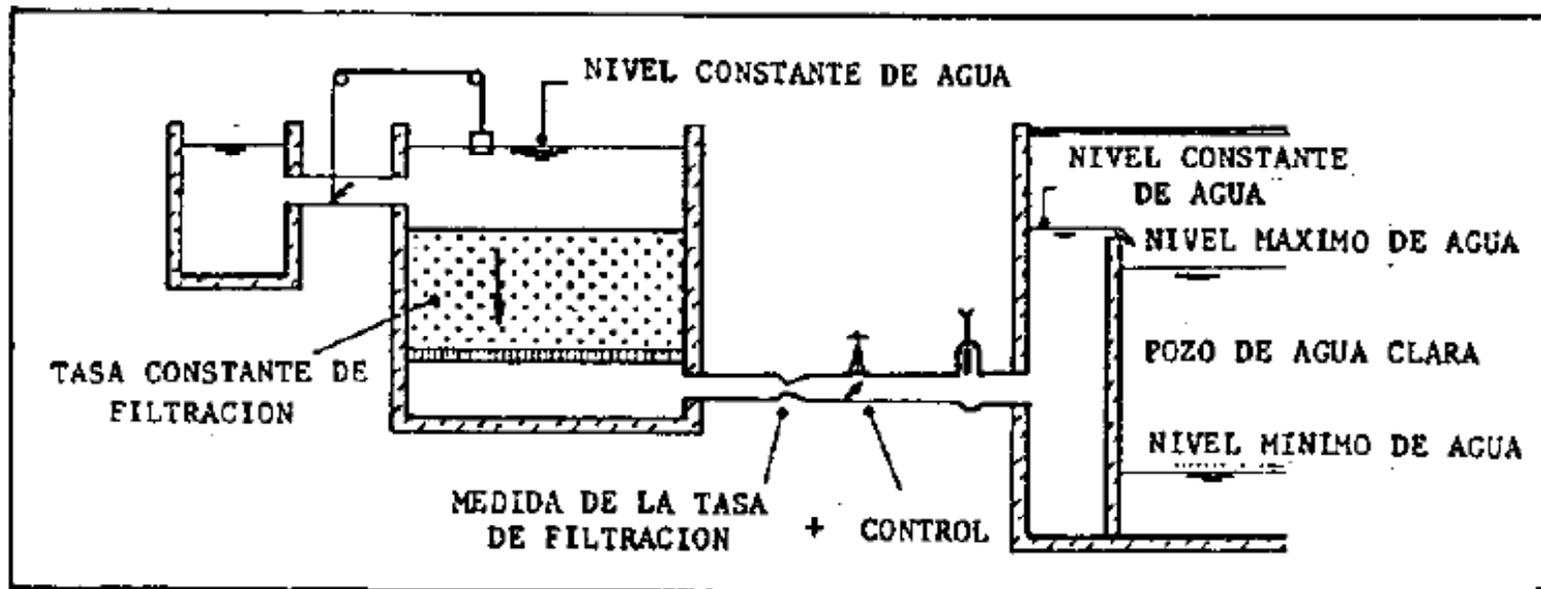


LECHO DE FILTRO COMPUESTO DE:  
0.6 M DE ANTRACITA  
1.6 MM  
PESO ESPECIFICO 1.5

0.4 M DE ARENA  
0.8 MM  
PESO ESPECIFICO 2.6

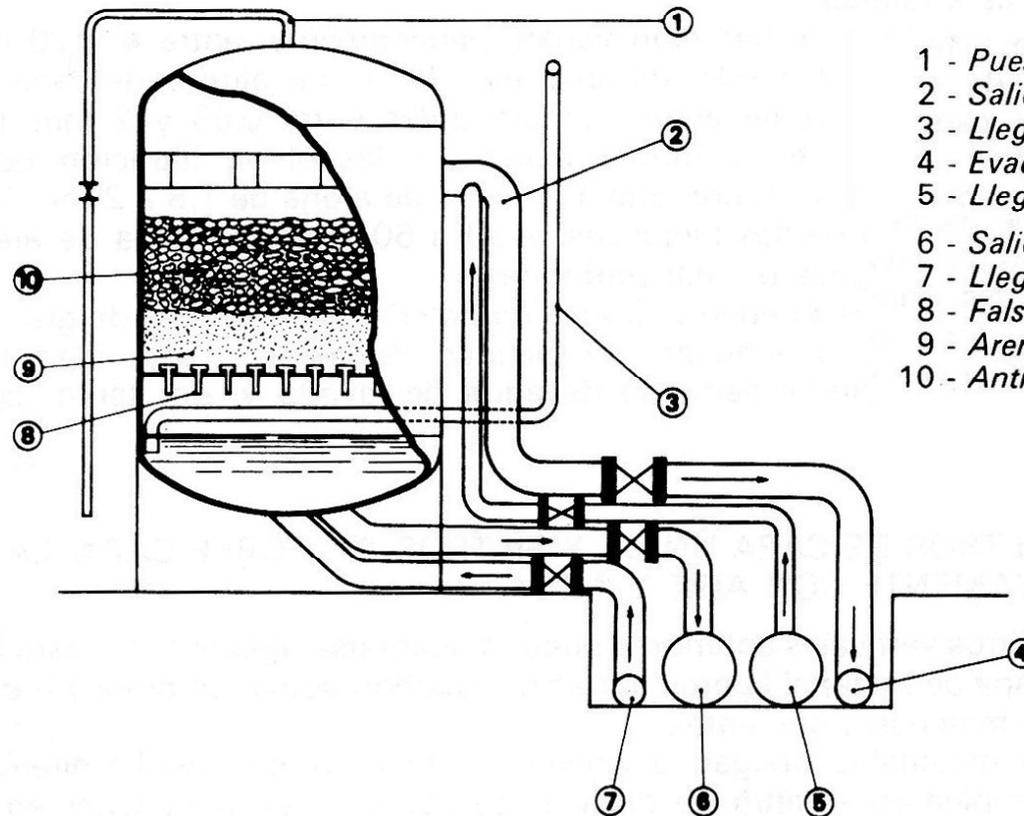
Dentro de los procesos de filtración rápida, pueden citarse esencialmente:

- 1) Filtración directa → Se produce cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar.
- 2) Filtración con coagulación sobre filtro → Cuando el agua a filtrar no ha sido decantada previamente.
- 3) Filtración de agua coagulada y decantada



# EJEMPLO

## *Filtro rápido MEDIAZUR*



- 1 - Puesta a la atmósfera.
- 2 - Salida de agua de lavado.
- 3 - Llegada de aire.
- 4 - Evacuación de agua de lavado.
- 5 - Llegada de agua bruta.
- 6 - Salida de agua filtrada.
- 7 - Llegada de agua de lavado.
- 8 - Falso fondo con boquillas.
- 9 - Arena.
- 10 - Antracita.

### FILTROS EN PROFUNDIDAD (LECHOS FILTRANTES)

La filtración que podemos llamar convencional (a través de lechos filtrantes) se realiza haciendo pasar el agua por lechos de diversos materiales con un cierto espesor, lo que produce una filtración en profundidad, quedando retenidas las partículas en él y obteniendo un agua con un contenido inferior en sólidos en suspensión.

La ventaja de estos sistemas es que permiten la eliminación de partículas coloidales, de difícil separación en filtraciones superficiales.

Se utiliza esta filtración cuando la dimensión de las partículas contenidas en el agua es relativamente pequeña.

Para que esta filtración sea eficaz, es preciso que las materias puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en su superficie.

El lecho va ensuciándose progresivamente con la retención de sólidos, hecho que es detectado por un incremento de presión diferencial, por nivel de agua o por caída del caudal filtrado, y cuando esto se produce es necesario un lavado del filtro (normalmente a contracorriente) para retirar los sólidos retenidos y volver a la operación normal del filtro.

## Estructura de un filtro

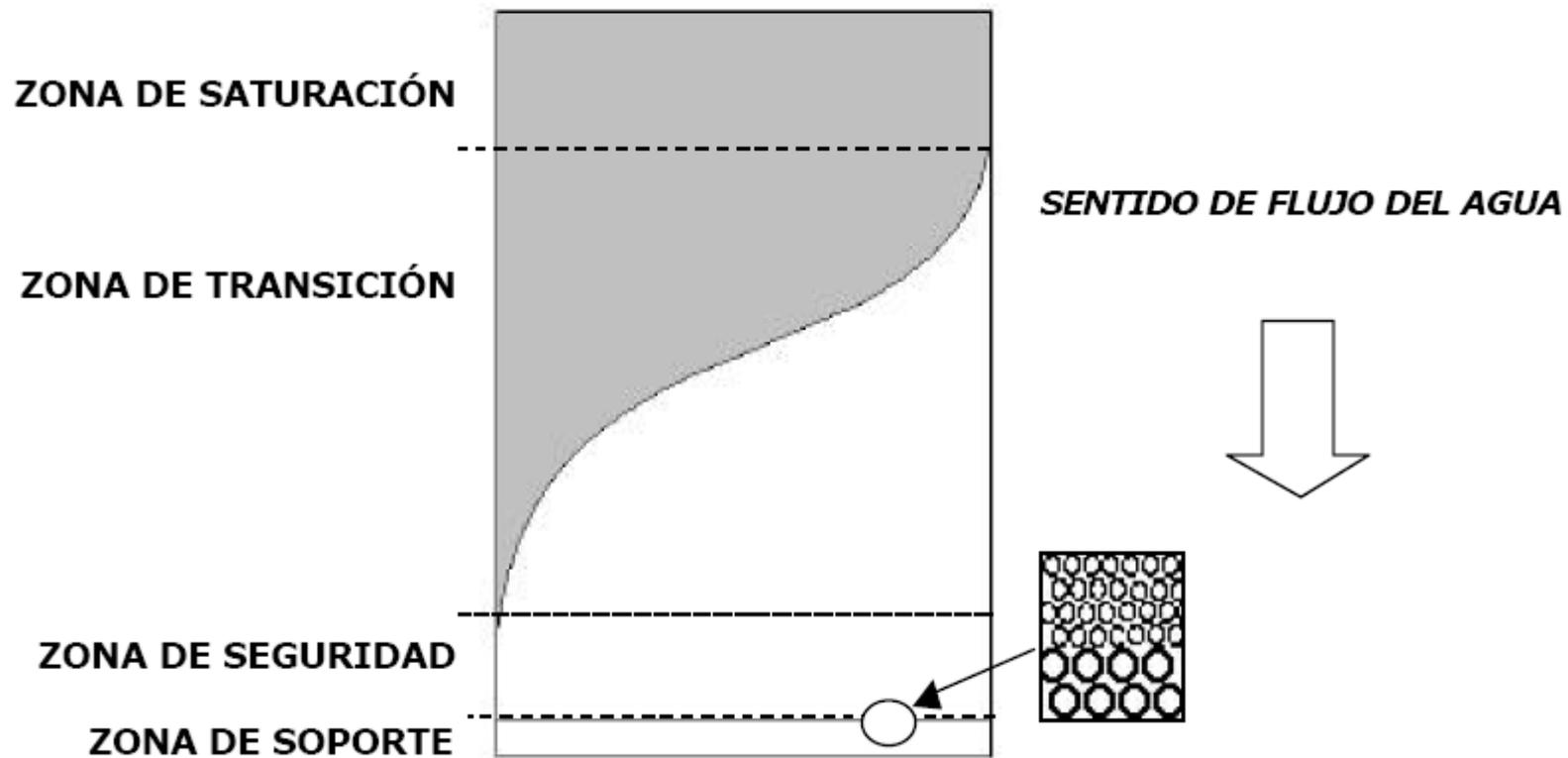
---

La estructura de un filtro se puede descomponer en:

- 1) *El medio filtrante* → Responsable de llevar a cabo la retención de los sólidos en suspensión mediante una granulometría determinada.

El proceso se realiza de la siguiente forma:

- a) *Zona de saturación o de almacenamiento* → El medio filtrante se mezcla con la materia en suspensión. Los sólidos retenidos fugan a capas inferiores. El paso de agua es reducido y la pérdida de carga elevada.
- b) *Zona de transición o transferencia* → El medio filtrante contiene una cierta cantidad de materia en suspensión y aún es capaz de retener la mayor parte de sólidos que llegan.
- c) *Zona de seguridad* → El medio filtrante sólo recibe agua limpia. La altura de esta zona es la garantía de que la calidad de agua filtrada es la requerida. El paso de agua es el inicial, así como la pérdida de carga.



- 2) Zona de soporte → Es el sistema encargado de recoger el agua filtrada y durante el lavado del filtro, distribuir uniformemente el aire y el agua de lavado. Esta zona, suele ser del mismo material que el medio filtrante, pero de mayor granulometría.

## Proceso de filtración

---

El proceso de filtración puede ser descrito de la siguiente manera:

- a) La zona de transición se desplaza en sentido del flujo del agua.
- b) La altura de la zona de saturación aumenta.
- c) La altura de la zona no usada disminuye.
- d) Paralelamente, la pérdida de carga aumenta a medida que el filtro va saturándose.

El ciclo de filtración se da por terminado cuando la zona de transición llega a la salida del lecho, o la pérdida de carga en el filtro es la máxima permitida.

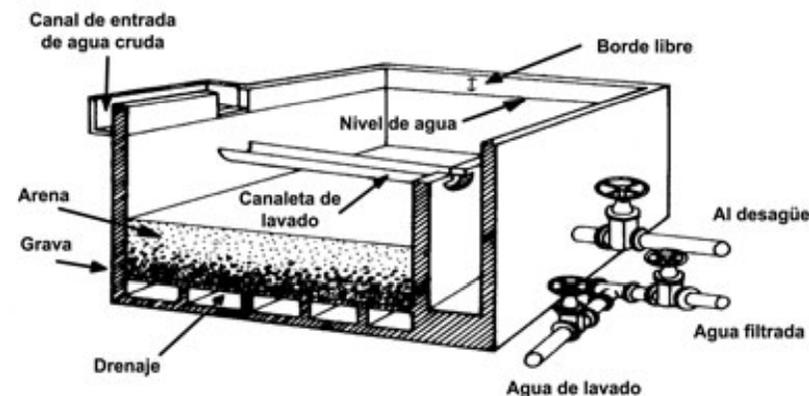
En ese momento el filtro debe ser contralavado para eliminar por arrastre del agua a contracorriente los sólidos en suspensión “almacenados” en el seno del medio.

A partir de ese instante, si se continuara filtrando podría suceder que la materia retenida empezara a fugar y/o que las partículas del medio filtrante por acción de la presión, empezaran a romperse.

## Tipologías de filtros

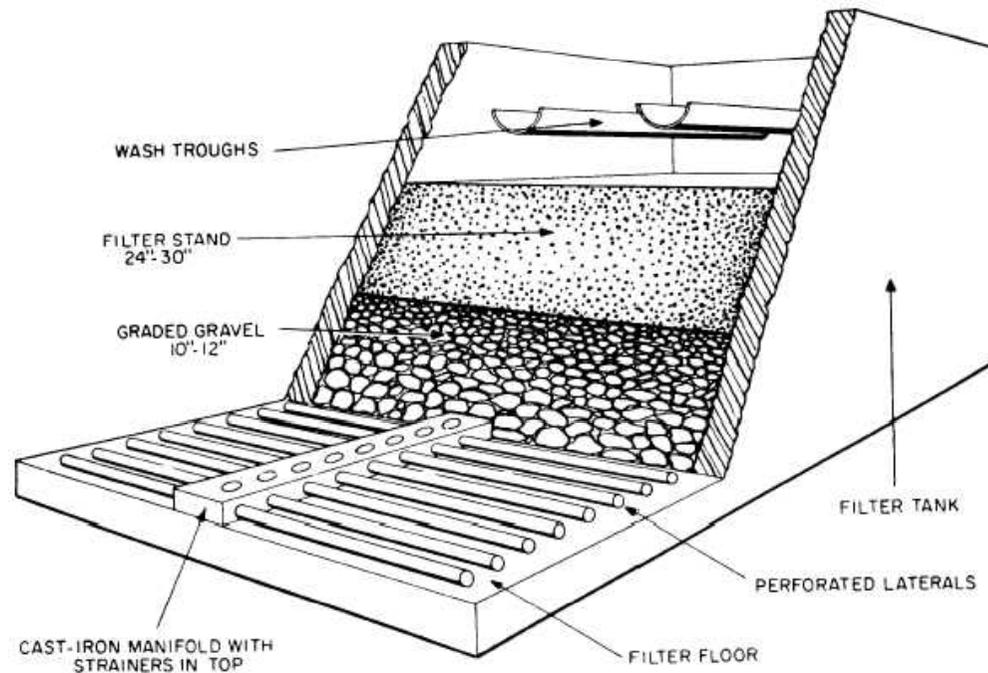
Los filtros pueden ser de gravedad (como los que se instalan normalmente en las potabilizadoras) o cerrados, a presión (se emplean más en desalación) con el fin de evitar el contacto del agua con el aire y la luz ambiente, que puede favorecer desarrollos microbiológicos y empeoramiento de la calidad.

- 1) Filtros de gravedad → Suelen ser de forma rectangular el agua entra por un canal lateral superior que actúa como vertedero por desbordamiento o bien dejando pasar el agua por orificios en sus paredes y se desplaza a través del lecho filtrante pasando a una cámara inferior separada por un falso fondo dotado de boquillas colectoras que dejan pasar el agua pero no el material filtrante.

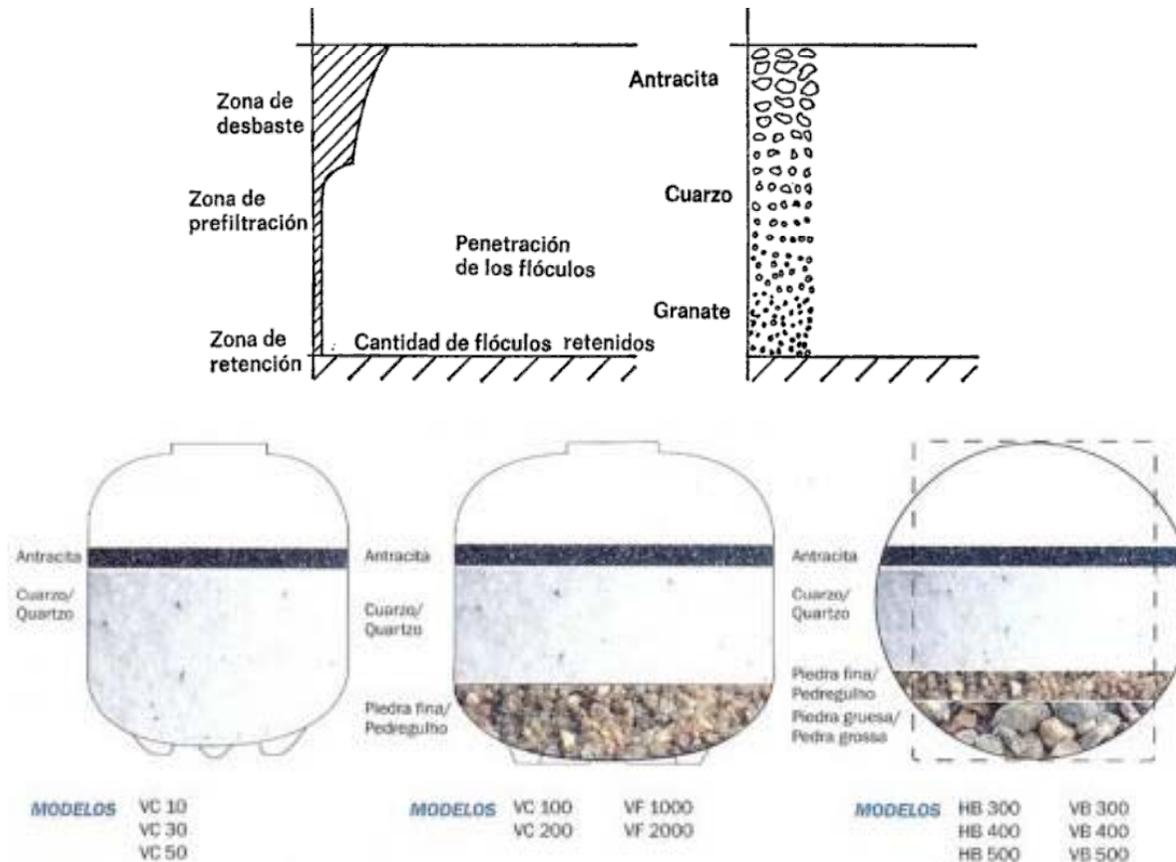


Los lechos filtrantes pueden ser con capa filtrante única ( $\pm 1$  m) o bien en sistemas multicapas.

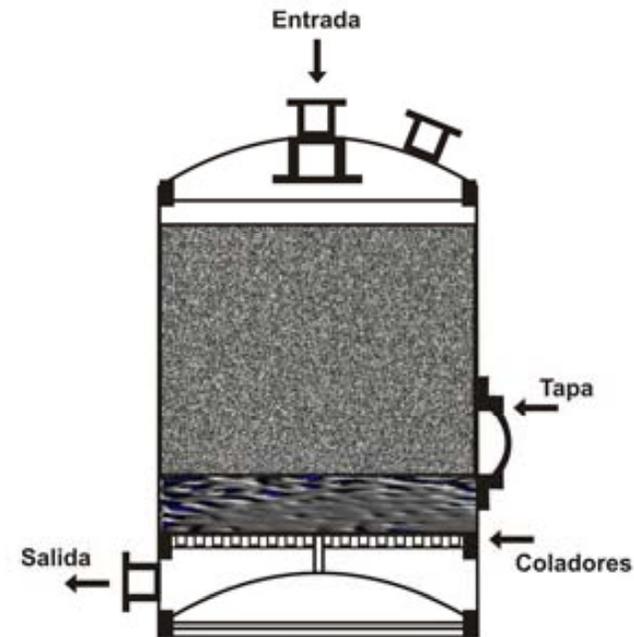
En capa única el medio más utilizado es la arena silíceo o sílex, de distintas granulometrías según la aplicación. Asimismo en casos de agua con un importante contenido en sólidos, pueden colocarse sistemas de filtración en serie.



Como lechos filtrantes adicionales al sílex, en sistemas multicapa, se han utilizado materiales como la antracita, o el granate, y también pueden combinarse con distintas granulometrías



- 2) Filtros cerrados a presión → Cuando los caudales son reducidos, normalmente se instalan filtros verticales, cuya superficie de filtración es igual a la sección horizontal del cilindro del filtro. A medida que el caudal es mayor, el diámetro del filtro se va incrementando hasta valores que hacen más recomendable una disposición horizontal, en la que ya no tenemos limitaciones constructivas, ya que podemos darle la longitud que necesitemos.

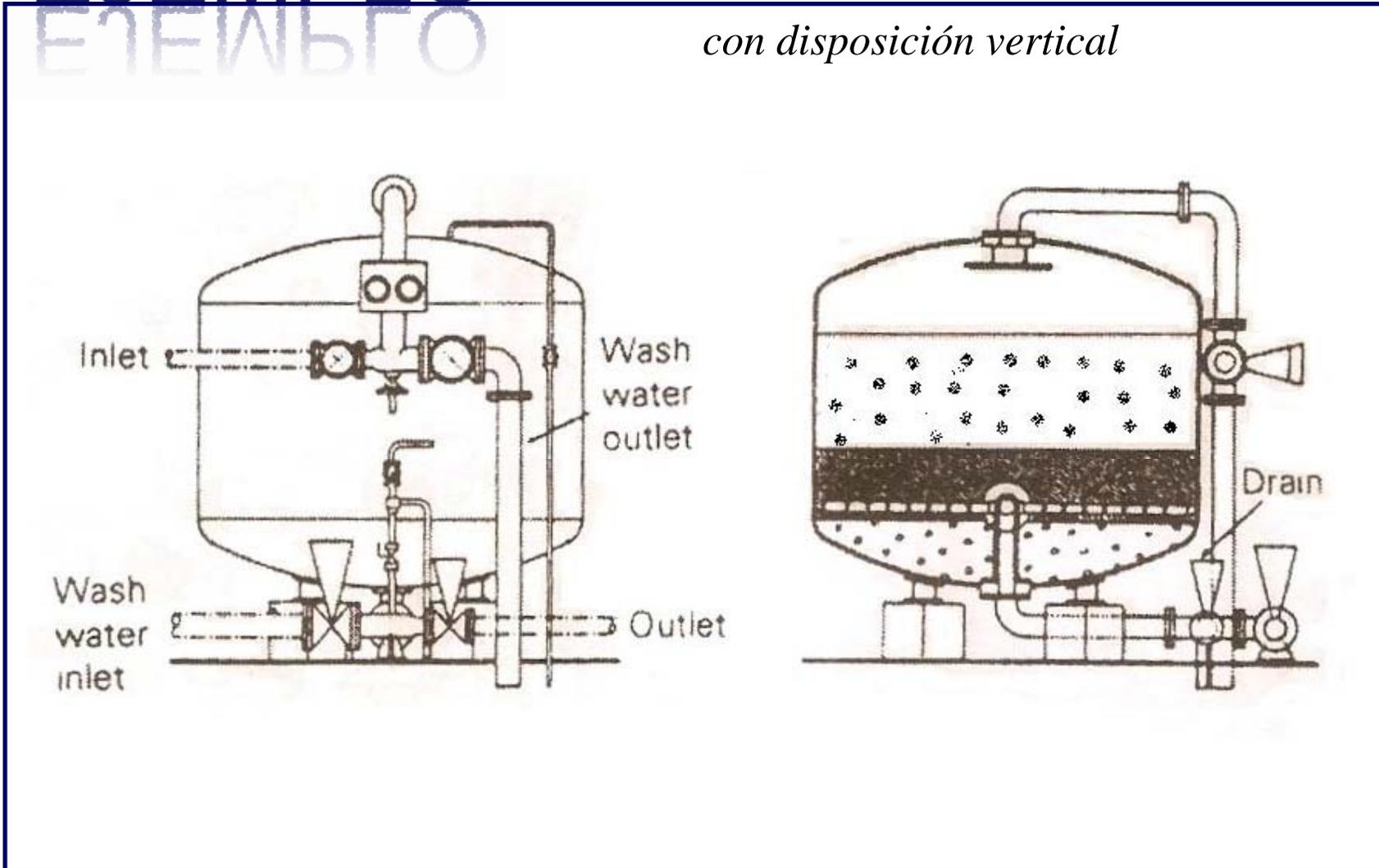


FILTRO A PRESIÓN DE ARENA

# EJEMPLO

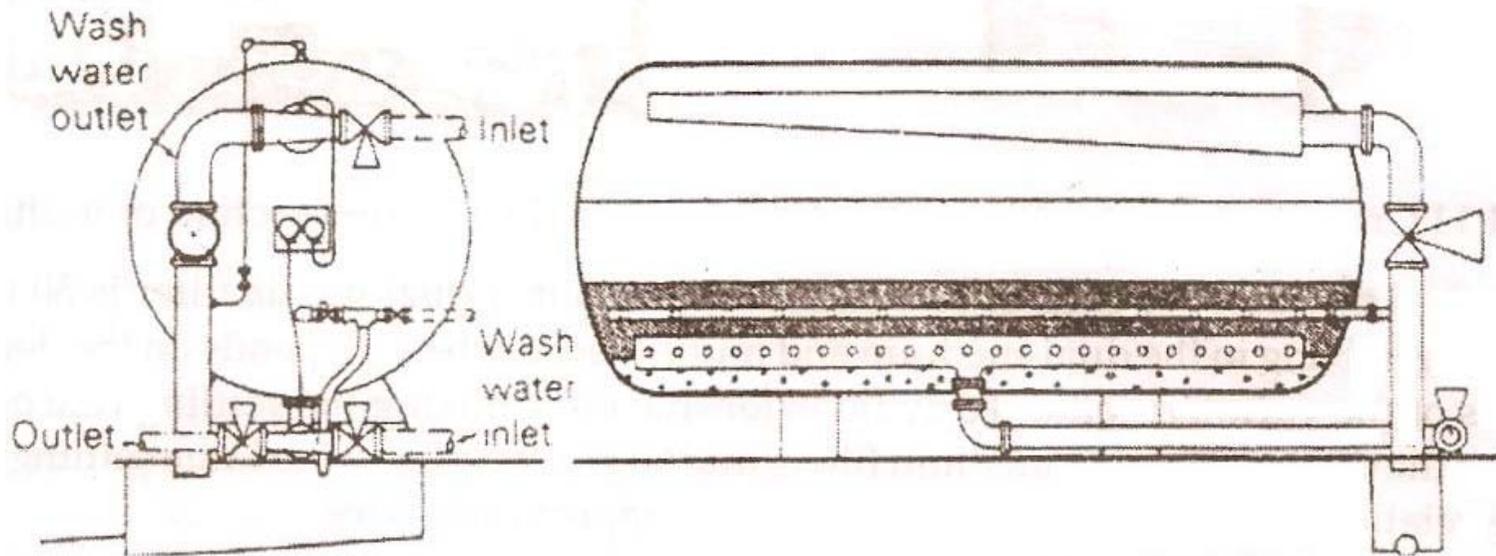
*Filtro a presión*

*con disposición vertical*



# EJEMPLO

*Ejemplo de filtro a presión  
con disposición horizontal*



# EJEMPLO

*Ejemplo de filtros horizontales*

*y verticales*

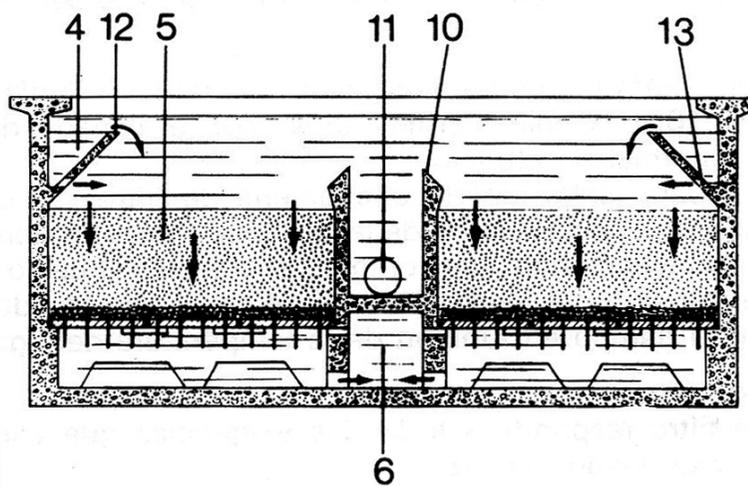


### LAVADO DE FILTROS

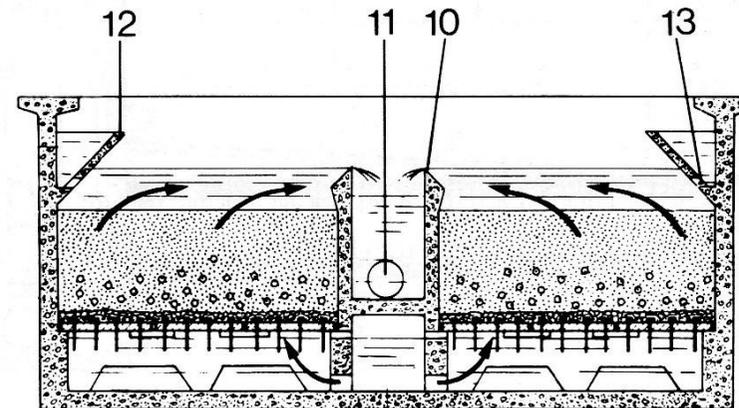
Los filtros, a medida que su lecho se va cargando de materias retenidas, se atasca.

Cuando el atascamiento alcanza un valor excesivo o la calidad del filtrado no es aceptable, debe procederse al lavado del lecho filtrante. El tiempo que transcurre entre dos lavados sucesivos se denomina “carrera del filtro”.

Es indispensable que, con este lavado, se devuelvan al lecho sus cualidades iniciales, sin las cuales, el filtro iría perdiendo eficacia y el material filtrante debería retirarse para su limpieza completa o para ser reemplazado.



*Proceso de filtrado*

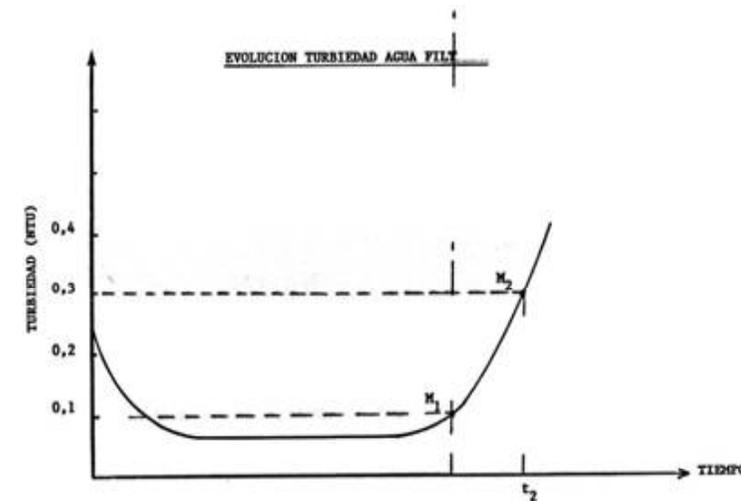
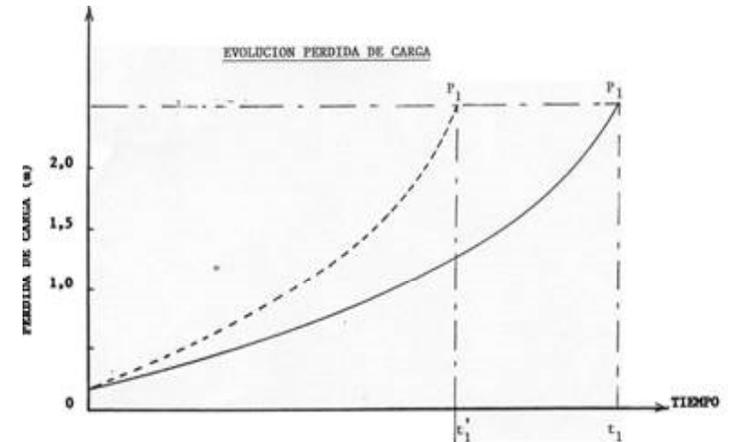


*Proceso de lavado*

Durante el proceso de filtración, la turbidez comienza por decrecer (periodo denominado de «maduración» del filtro) y, seguidamente, permanece estable durante un cierto tiempo, antes de aumentar («perforación» del filtro)

Al llegar al tiempo  $t_2$ , el filtro ha llegado a la perforación, correspondiéndole una turbidez dada por el punto  $M_2$ . Dado que  $t_2$  es menor que  $t_1$  el filtro continúa filtrando, ya que no se ha alcanzado aún la pérdida de carga máxima.

Esto nos indicará que el filtro está mal concebido y habrá que aumentar el espesor de arena, de forma que la pérdida de carga máxima se alcance antes, por ejemplo al cabo del tiempo  $t'_1$ , donde todavía no se ha llegado a la perforación del filtro y la turbidez (punto  $M_1$ ), continúa aún en valores aceptables.



Los factores que influyen en estos tiempos son los siguientes:

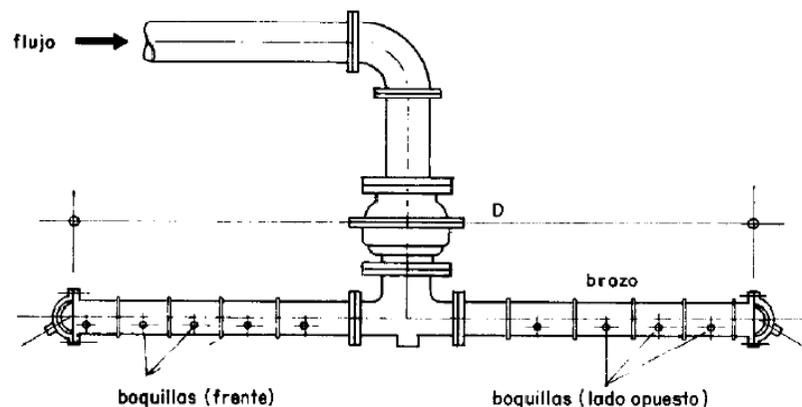
- 1) La calidad y la cantidad de materias en suspensión contenidas en el agua a tratar, que se caracterizan respectivamente por el coeficiente de cohesión  $K$  del fango y su volumen  $V$  depositado después de 24 horas de sedimentación.
- 2) La granulometría del material filtrante, definida por su talla efectiva  $D$  en mm.
- 3) La velocidad de filtración  $V = Q / S$  (m/h)
- 4) La altura  $L$  de la capa filtrante, en m.
- 5) Las variaciones de pérdidas de carga expresadas en m de columna de agua.



Los tipos de lavado que se pueden realizar son los siguientes:

- 1) Lavado con agua en sentido ascendente → Método tradicionalmente usado para realizar el lavado empleando únicamente agua. Expansión del 30 - 50%. Poco eficiente, empleo de gran cantidad de agua y formación de bolas de lodo.
- 2) Lavado con agua en sentido ascendente y lavado auxiliar superficial o subsuperficial → Su objetivo es evitar la formación de bolas de lodo, principalmente en los filtros de capa única de arena.

En el lavado superficial se emplean tuberías perforadas.





El lavado subsuperficial se recomienda cuando se tiene un medio filtrante constituido por antracita y arena. Generalmente son equipos de agitación o tuberías perforadas fijas ubicadas de forma que queden situados en la capa de antracita cuando se produzca la expansión.

Estos elementos están provistos de boquillas especiales para evitar obstrucciones.

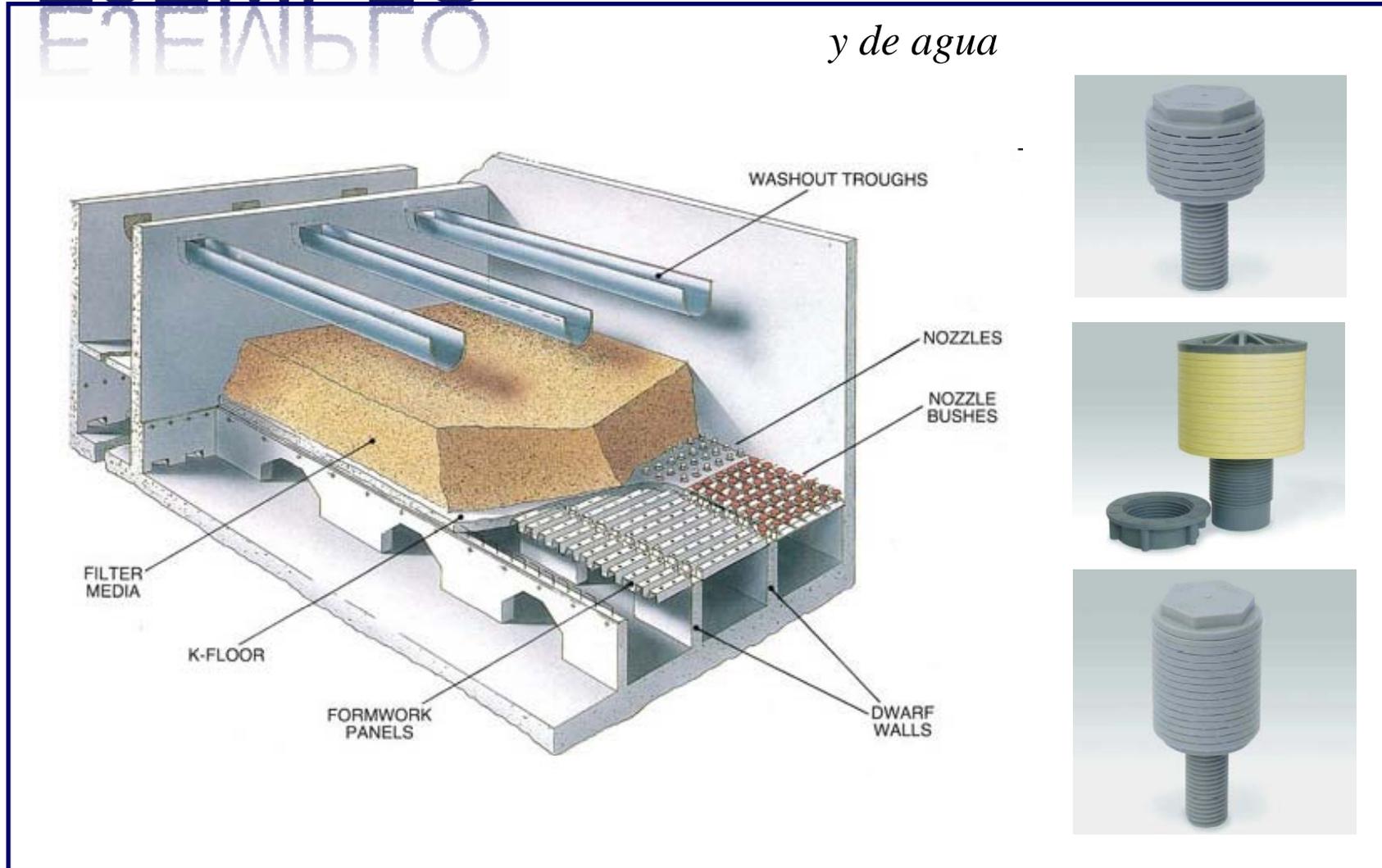
- 3) Lavado con aire y agua → Se puede realizar de diferentes formas, destacando los falsos fondos con boquillas. Podemos tener:
  - a) *Lavado con aire y agua independientemente*, introduciendo primero el aire y luego, una vez parado el aire, se introduce el agua.
  - b) *Lavado con aire y agua simultáneamente*, introduciendo primero el aire y el agua, para después interrumpir la entrada de aire, manteniendo la de agua.

Para la limpieza de los filtros se necesitan sistemas auxiliares como bombas de agua de lavado y soplantes para el lavado con aire.

# EJEMPLO

*Esquema de un filtro con lavado de aire*

*y de agua*



# EJEMPLO

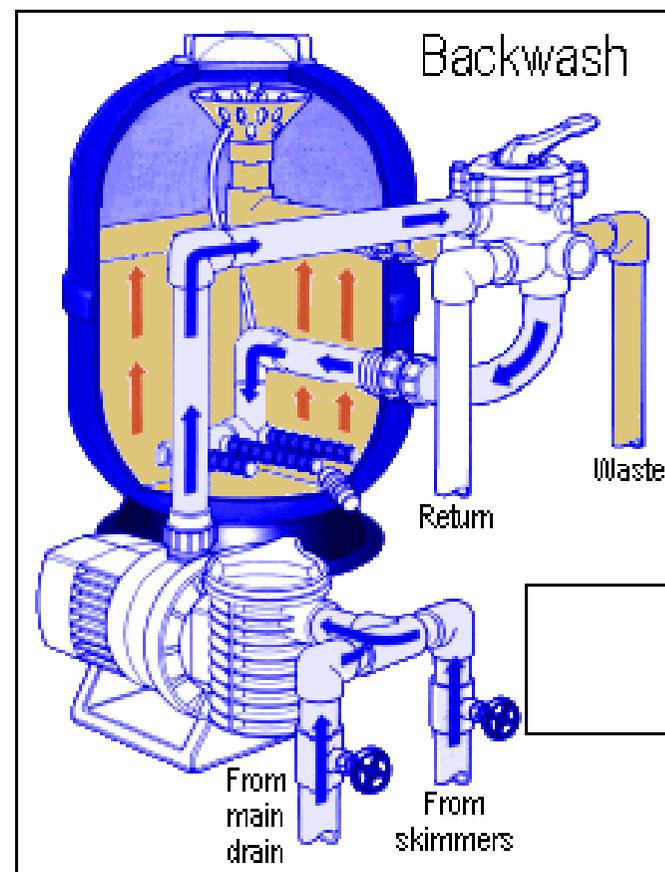
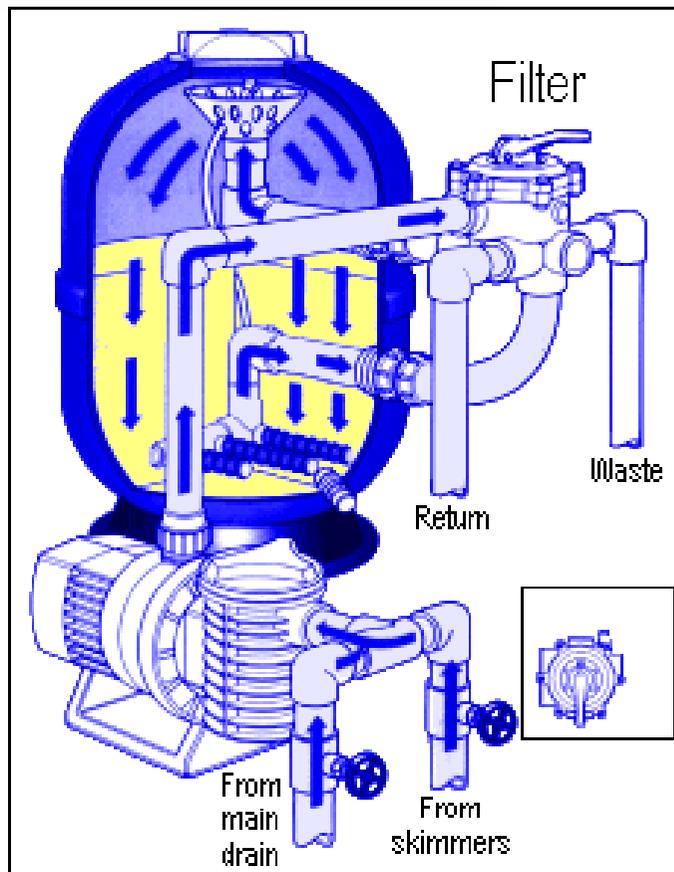
*Filtro seco (izqda.) y filtro en  
proceso de lavado (dcha.)*



# EJEMPLO

*Funcionamiento y lavado*

*de un filtro a presión*





## Capítulo 3. POTABILIZACIÓN DE AGUAS

### Tema 8. Filtración



## BIBLIOGRAFÍA

DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p.  
ISBN: 84-300-1651-1

GOMEYA, C. et al. *Tratamiento de aguas para abastecimiento público*.  
Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1977. 240 p. ISBN: 84-7146-090-4

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed.  
Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p.  
Colección Señor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4.



# Capítulo 3. POTABILIZACIÓN DE AGUAS

## Tema 8. Filtración



### REFERENCIA DE IMÁGENES

#### DIPOSITIVA PORTADA

[Imagen tomada de] “Potabilizadora”. *Estudio 1 Panama* [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.estudio1panama.com/wp-images/potabilizadora.jpg>>. [Consulta: 20 de mayo de 2011]

#### DIPOSITIVA página 2

[Imagen tomada de] “Filtro de café”. *Vootar* [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.vootar.com/imgs/elementos/Filtrodecafejpg.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

[Imagen tomada de] “Lo que contamina esta colilla”. *Ecofield* [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.ecofield.com.ar/images-blog/IMAGES/Lo%20que%20contamina%20esta%20colilla.jpg>>.  
[Consulta: 4 de julio de 2011]

“04152-31080 car filter” [Imagen tomada de] “Oil filter”. *Alibaba* [en línea]. Disponible en:  
<[http://www.alibaba.com/product-gs/277451612/04152\\_31080\\_car\\_filter/showimage.html](http://www.alibaba.com/product-gs/277451612/04152_31080_car_filter/showimage.html)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

#### DIPOSITIVA página 4

“The filtration spectrum” [Imagen tomada de] *OSMONICS* [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.thewaterman.co.za/UserFiles/waterman.intoweb.co.za/Image/spec2.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 5**

[Imágenes tomadas de] “Tema 11. Filtración”. *UCLM* [en línea]. Disponible en: <[http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema10.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema10.pdf)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 6**

“Esquema simplificado de los procesos de filtración” [Imagen tomada de] RODRIGUEZ, S. “Los medios filtrantes en el proceso de desalación”. *Actas del 1<sup>er</sup> Congreso Nacional AEDYR* [en línea]. 28-29 de noviembre de 2000. Disponible en: <[http://www.chemicalgallery.com/produccion/moduls/modul\\_download/bbdd\\_download.asp?ccoddoc=1025&inc\\_o\\_vinc=VINCULADO&ccod\\_propietari=9](http://www.chemicalgallery.com/produccion/moduls/modul_download/bbdd_download.asp?ccoddoc=1025&inc_o_vinc=VINCULADO&ccod_propietari=9)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 7**

[Imagen tomada de] “Slow sand filtration”. *City of Salem* [en línea]. Disponible en: <[http://www.cityofsalem.net/Departments/PublicWorks/Operations/Water%20Services/PublishingImages/ssf\\_revisedwhite.gif](http://www.cityofsalem.net/Departments/PublicWorks/Operations/Water%20Services/PublishingImages/ssf_revisedwhite.gif)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 9**

“Vista de un filtro lento” [Imagen tomada de] VARGAS DE CANEPA, L. *Plantas de tratamiento de filtros lentos* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/image42.gif>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

“Filtro lento modificado” [Imagen tomada de] VARGAS DE CANEPA, L. *Plantas de tratamiento de filtros lentos* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/image39.gif>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 9 (continuación)**

“Estructura de salida” [Imagen tomada de] VARGAS DE CANEPA, L. *Plantas de tratamiento de filtros lentos* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/image44.gif>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 10**

“Filtro lento de arena. Vista en Planta y Perfil” [Imagen tomada de] BASÁN NISCKICH, M. “Aprovechamiento de agua de lluvia en zonas semiáridas y áridas”. *INTA* [en línea]. Octubre de 2005. Disponible en: <<http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/agua/image014.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 11**

“Filtro rápido (abierto, tipo gravedad)” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

“Filtración rápida de agua pretratada (aerada)” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 13**

“Filtro de presión” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 14**

“Filtro de flujo ascendente” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 15**

“Lecho de filtro de medios dobles” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 16**

“Control de tasa de filtro” [Imagen tomada de] “Filtración rápida”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIPOSITIVA página 17**

“Filtro MEDIAZUR tipo U.H.R.”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Página 278

### **DIPOSITIVA página 20**

“Representación gráfica simplificada del proceso de filtración” [Imagen tomada de] RODRIGUEZ, S. “Los medios filtrantes en el proceso de desalación”. *Actas del 1º Congreso Nacional AEDYR* [en línea]. 28-29 de noviembre de 2000. Disponible en: <[http://www.chemicalgallery.com/produccion/moduls/modul\\_download/bbdd\\_download.asp?ccoddoc=1025&inc\\_o\\_vinc=VINCULADO&ccod\\_propietari=9](http://www.chemicalgallery.com/produccion/moduls/modul_download/bbdd_download.asp?ccoddoc=1025&inc_o_vinc=VINCULADO&ccod_propietari=9)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIPOSITIVA página 22

[Imagen tomada de] “Guía de orientación en saneamiento básico”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <[http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/images/filtro\\_rapido.jpg](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/images/filtro_rapido.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIPOSITIVA página 23

“Typical sand filter showing relationship of filter media” [Imagen tomada de] “Filtration”. *Construction* [en línea]. Disponible en: <[http://www.tpub.com/content/construction/14259/img/14259\\_133\\_5.jpg](http://www.tpub.com/content/construction/14259/img/14259_133_5.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIPOSITIVA página 24

“Zonificación de lechos filtrantes”. En: GOMEYA, C. et al. *Tratamiento de aguas para abastecimiento público*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1977. 240 p. ISBN: 84-7146-090-4. Página 122.

[Imagen tomada de] “Carga filtrante para filtros de 10.000 Lts - VC10”. *Servitek* [en línea]. Disponible en: <[http://www.servitek.com.ar/files/cargas\\_filtrantes1.jpg](http://www.servitek.com.ar/files/cargas_filtrantes1.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIPOSITIVA página 25

[Imagen tomada de] “Granular pressure filter”. *VEOLIA Water* [en línea]. Disponible en: <[http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/granular-pressure-filter-461039.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/granular-pressure-filter-461039.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

“Filtro a presión de arena” [Imagen tomada de] “Guía de orientación en saneamiento básico”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <[http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/images/filtro\\_presion.jpg](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/images/filtro_presion.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 26**

“Vertical pressure filter” [Imagen tomada de] “Pressure filter”. *The water treatments* [en línea]. Disponible en: <<http://www.thewatertreatments.com/wp-content/uploads/vertical-pressure-filter-horizontal-pressure-filter.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 27**

“Horizontal pressure filter” [Imagen tomada de] “Pressure filter”. *The water treatments* [en línea]. Disponible en: <<http://www.thewatertreatments.com/wp-content/uploads/vertical-pressure-filter-horizontal-pressure-filter.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 28**

“Vertical filter” [Imagen tomada de] “Products”. *Pak Chung Equipment Limited* [en línea]. Disponible en: <<http://pakchungeq.com/UserFiles/Image/Vertical%20filter.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

“Horizontal filter” [Imagen tomada de] “Products”. *Pak Chung Equipment Limited* [en línea]. Disponible en: <<http://pakchungeq.com/UserFiles/Image/Horizontal%20filter.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 29**

“Filtro AQUAZUR tipo V; fase filtración”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Páginas 293

“Filtro AQUAZUR tipo V; fase lavado aire-agua con barrido de superficie”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Páginas 294

### **DIAPPOSITIVA página 30**

[Imagen tomada de] “Filtración”. *El agua potable* [en línea]. Disponible en: <<http://www.fortunecity.es/felices/andorra/51/filtra8.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 31**

[Imagen tomada de] “Carga filtrante para filtros de 10.000 Lts - VC10”. *Servitek* [en línea]. Disponible en: <[http://www.servitek.com.ar/files/imagecache/product\\_full/cargas\\_filtrantes2\\_7.jpg](http://www.servitek.com.ar/files/imagecache/product_full/cargas_filtrantes2_7.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 32**

“Dispositivo giratorio para lavado superficial” [Imagen tomada de] “Filtros”. *BVSDE Desarrollo Sostenible* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/027757/027757-12a.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### **DIAPPOSITIVA página 34**

“K Filter” [Imagen tomada de] “Water Spare Business”. *Black & Veatch* [en línea]. Disponible en: <[http://www.bv.com/images/bdy\\_WaterSpares\\_ProductsKFilterLg.jpg](http://www.bv.com/images/bdy_WaterSpares_ProductsKFilterLg.jpg)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

[Imágenes tomadas de] “Toberas filtrantes con ranuras horizontales”. *Aguapur* [en línea]. Disponible en: <<http://www.aguapur.cl/desalinizacion/Toberas%20filtrantes%20con%20ranuras%20horizontales.pdf>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIAPPOSITIVA página 35

“Filtro anaerobio de flujo ascendente, canaletas de salida y medio filtrante” [Imagen tomada de] “Sistemas de Tratamiento de los Residuos Líquidos de Rastros Municipales, realizados por los Proyectos CAM-PROFIM”. *CEPIS publicaciones* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/resisoli/rellenos/gras54.gif>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

[Imagen tomada de] “Filter bed back wash”. *Panoramio* [en línea]. 17 de febrero de 2009. Disponible en: <<http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/19104560.jpg>>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIAPPOSITIVA página 36

“6-Wegeventil Stellung: Filtern” [Imagen tomada de] “Filteranlage & Pool Technik”. *Schwimmbadbaue* [en línea]. Disponible en: <[http://schwimmbadbauer.de/include/rwx/filter\\_ani\\_1267022816.gif](http://schwimmbadbauer.de/include/rwx/filter_ani_1267022816.gif)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

“6-Wegeventil Stellung: Rückspülen” [Imagen tomada de] “Filteranlage & Pool Technik”. *Schwimmbadbaue* [en línea]. Disponible en: <[http://schwimmbadbauer.de/include/rwx/backwash\\_ani.gif](http://schwimmbadbauer.de/include/rwx/backwash_ani.gif)>. [Consulta: 4 de julio de 2011]

### DIAPPOSITIVA página 37 y sucesivas

[Imagen tomada de] “Lunes de Mitos: Debes beber al menos 8 vasos de agua al día” [Blog de] *Francesc Josep* [en línea]. 5 de octubre de 2009. Disponible en: <[http://www.francescjosep.net/wp-content/uploads/2009/10/vaso\\_agua\\_herbalife1.jpg](http://www.francescjosep.net/wp-content/uploads/2009/10/vaso_agua_herbalife1.jpg)>. [Consulta: 1 de julio de 2011]