



Universidad
Politécnica
de Cartagena

**GRADO EN
INGENIERÍA
CIVIL**

**Abastecimiento
de aguas**

**TEMA 5
Decantación
y flotación**

**Francisco Javier
Pérez de la Cruz**



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



ÍNDICE

1. CLARIFICACIÓN

2. SUSPENSIONES COLOIDALES

3. COAGULACIÓN

Coagulantes

Dosificación

4. FLOCULACIÓN

Floculantes

5. SEDIMENTACIÓN DE LAS PARTÍCULAS FLOCULADAS

6. DECANTACIÓN

7. TIPOS DE DECANTADORES

Según el tipo de proceso

Según el flujo hidráulico

Según la concentración de fangos

Según la reutilización de lodos

Pulsator

Superpulsator

Accelerator

Turbocirculator



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



8. DISPOSITIVOS EN DECANTADORES

Entrada de agua

Sistemas de salida de agua

9. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA DECANTACIÓN

Superficie de decantación

Volumen de decantación

Relaciones dimensionales

Dimensiones de la zona de entrada

Vertedero de salida

Barrederas de fangos

Caudales de fangos producidos

Pocetas de fangos

10. FLOTACIÓN

11. EJERCICIOS

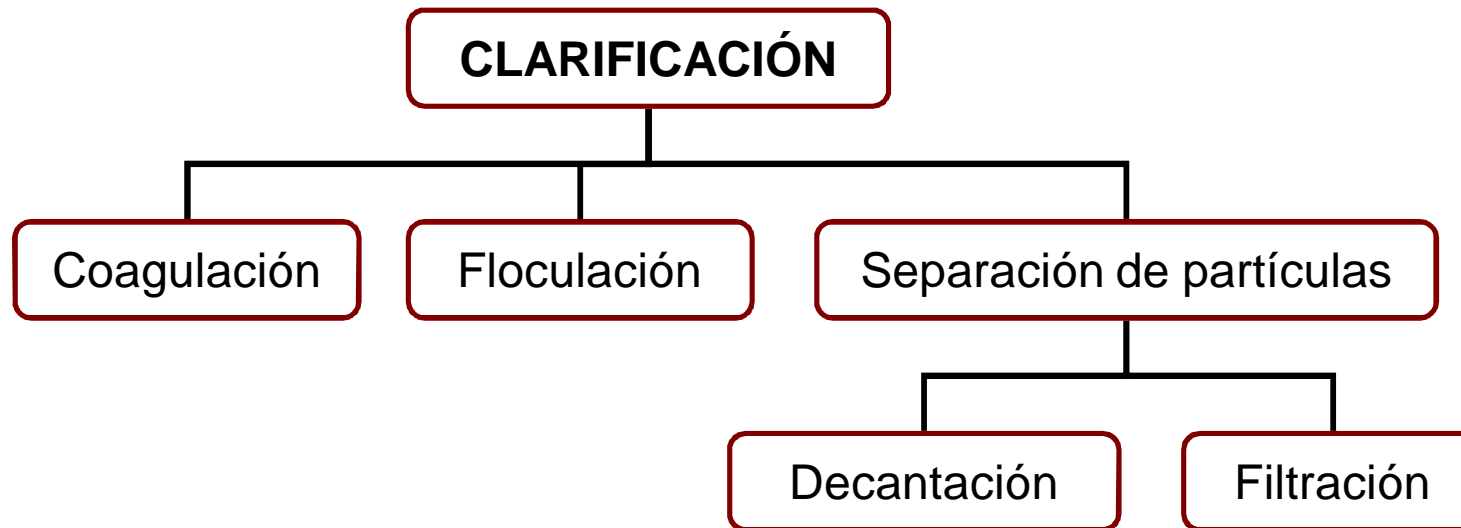
12. BIBLIOGRAFÍA



1. CLARIFICACIÓN

Objetivo → El proceso de clarificación tiene como objetivo la eliminación de sustancias en suspensión, sustancias disueltas y la supresión de la flora microbiana, además de la posible corrección de algunas características físico-químicas.

El proceso de clarificación incluye las siguientes etapas: coagulación, floculación, decantación y filtración.





2. SUSPENSIONES COLOIDALES

Se denominan suspensiones coloidales (o coloides) a los sistemas físico-químicos estables formados por dos fases: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa (en menor proporción) en forma de partículas, por lo general sólidas.

La teoría de la estabilidad de los coloides se conoce como la teoría de la doble capa eléctrica (*double electrical layer*), debido a como se modela la superficie intermedia entre la partícula coloidal y el seno del líquido.

La primera teoría sobre la doble capa eléctrica la propuso Hemholtz en 1879, y fue modificada posteriormente por varios investigadores como Couy, Chapman y Stern.

Parte de la base de que las cargas superficiales de la partícula coloidal atraen iones de carga opuesta, estableciéndose un estado de carga neutra entre la partícula y su alrededor inmediato



Hermann von Helmholtz
(1821 – 1894)



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

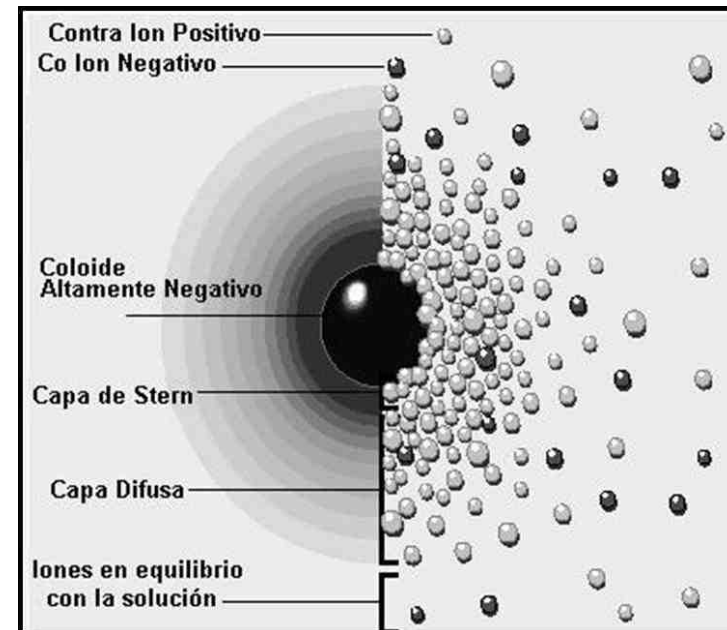
Tema 5. Decantación y flotación



En esta zona de *carga neutra*, el continuo movimiento de las moléculas de agua impone la existencia de una capa difusa de cargas eléctricas que se extienden hacia el seno del agua.

Aparecen así varias zonas que denominaremos:

- a) *Capa superficial del coloide* (carga negativa), donde existe un potencial eléctrico denominado Potencial de Nernst
- b) *Capa de Stern*, constituida por cargas de signo positivo, atraídas fuertemente por la superficie coloidal, donde el potencial eléctrico se denomina potencial de Stern.
- c) *Capa difusa de Gouy-Chapman*, constituida por el resto de iones móviles, hasta la superficie neutra del líquido



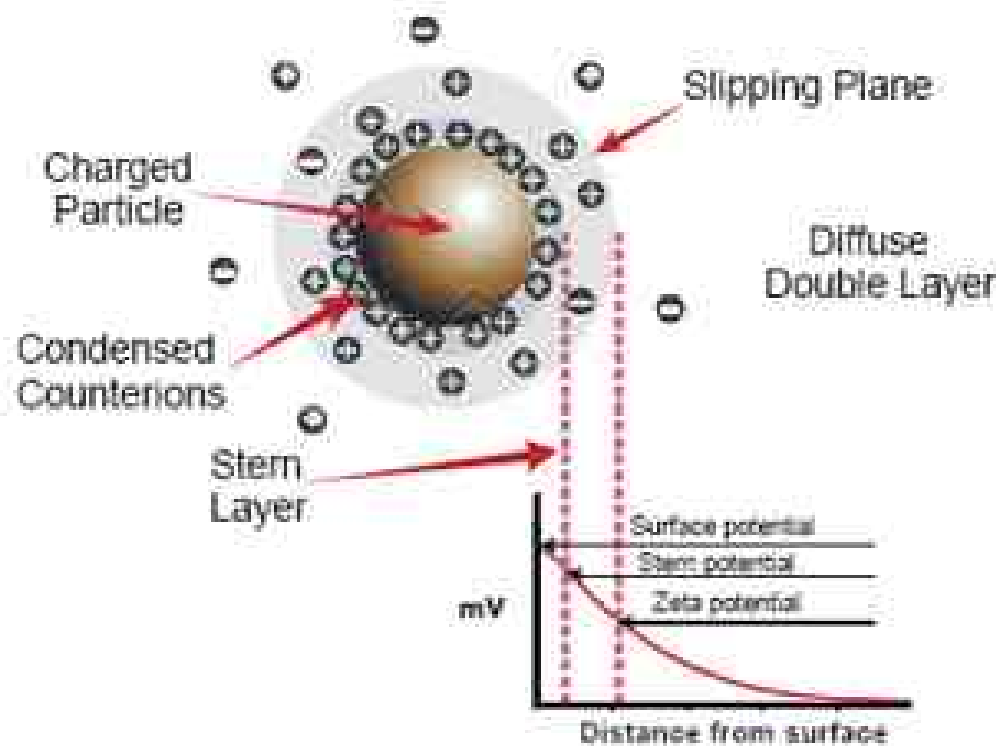


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



Potencial Zeta → Evidentemente, la partícula coloidal cargada tiene un cierto potencial eléctrico con respecto a la solución neutra en la que se halla, potencial que decrece hasta una distancia suficiente para que los efectos de la carga sean inapreciables. El valor de la diferencia de potencial entre el límite de solución rígidamente unida a la partícula y la masa del líquido se denomina *potencial Zeta*.





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

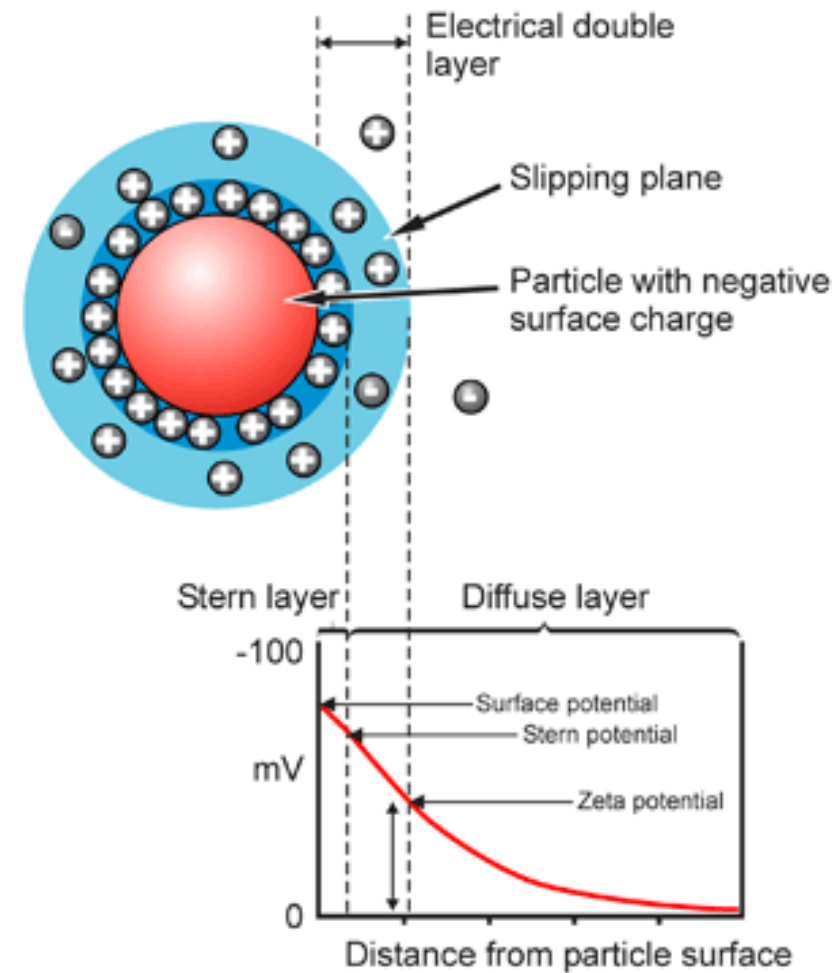
Tema 5. Decantación y flotación



La existencia del potencial Zeta y esta doble capa es lo que impide la aproximación de las partículas a una distancia suficiente como para que las fuerzas atractivas de Van der Waals entren en acción y agrupen los coloides.

Unido a ello aparece el fenómeno de la repulsión electrostática entre cargas de igual signo, de modo que todo ello fortalece la estabilidad del sistema.

El conseguir la formación de agregados de partículas o flóculos dependerá de la capacidad de ruptura de la estabilidad de los coloides, o dicho de otro modo, será función de la posibilidad de reducir el potencial Zeta existente entre partícula y la capa límite que define la zona de movilidad iónica.





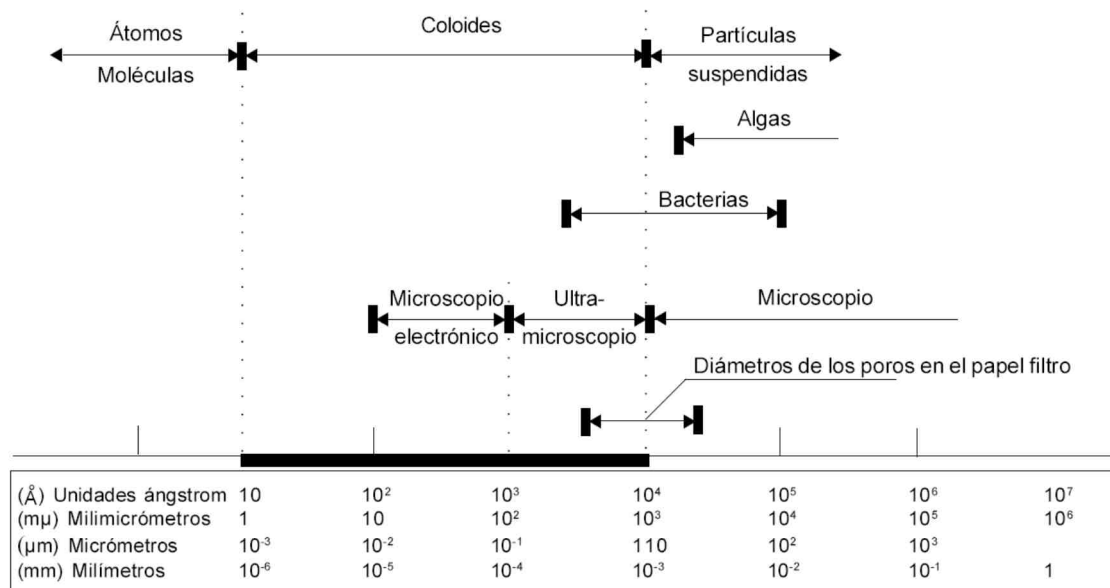
3. COAGULACIÓN

Se denomina *coagulación* al proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua, para potenciar la etapa de decantación o espesado en la que esas partículas deben separarse del agua.

La desestabilización se consigue neutralizando sus cargas eléctricas, con lo que dejan de actuar las fuerzas de repulsión, su potencial Zeta se anula y los coloides tienden a agregarse por acción de masas.

Normalmente, las partículas a coagular proceden :

- 1) Del suelo, por arrastre de minerales en disolución
- 2) De descomposición de materia orgánica natural en los cursos de agua
- 3) De vertidos domésticos e industriales





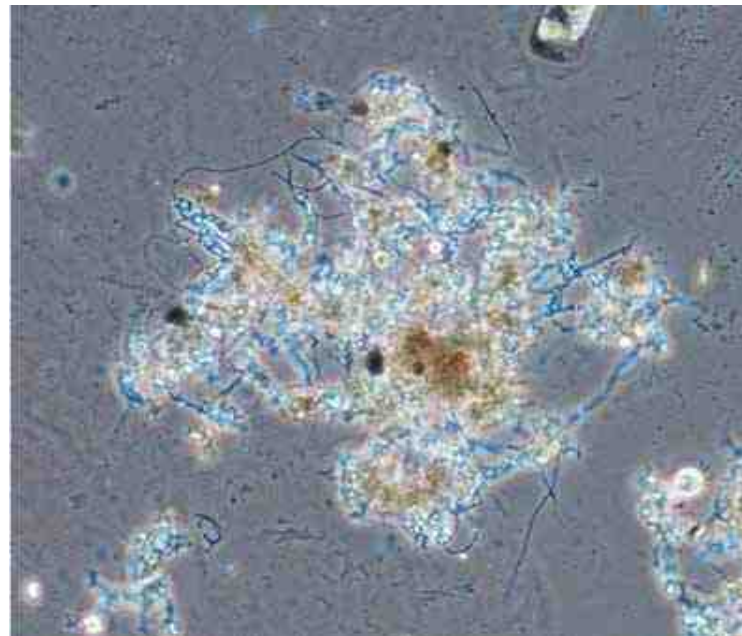
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



El objetivo de la coagulación como proceso previo a la decantación es cambiar las propiedades de los elementos insolubles, de modo que sean más fácilmente separables.

Como es mucho más sencillo separar partículas grandes y pesadas que partículas ligeras y de poca superficie específica, el proceso de coagulación tenderá a agrupar partículas pequeñas en otras mayores, y por tanto más sólidas, que denominaremos *flóculos*, para así separarlas más fácilmente.



Aspecto de un flóculo (muestra obtenida por contraste de fases)



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



Los tamaños de partícula que podemos encontrar son los siguientes:

- Partículas que están en forma de suspensión, de tamaño $>10^{-7}$ m,
- Las que forman solución coloidal, de tamaño entre 10^{-7} y 10^{-9} m.
- Aquellas que forman una verdadera solución, de tamaño $<10^{-9}$ m

De esta manera, la coagulación consigue que el sistema sea inestable con el resultado final de la agregación de partículas.

Este proceso se centra en aquellas partículas cuyos tamaños oscilen entre 10^{-4} y 10^{-9} m (partículas en suspensión y soluciones coloidales), no separables por decantación (gravedad) o por filtración.





Coagulantes

La coagulación se produce añadiendo a la dispersión iones de signo contrario al del coloide (coagulantes)

Las características más importantes de los coagulantes son:

- 1) Cargas opuestas al coloide, con el fin de neutralizar las fuerzas electrostáticas (punto isoeléctrico o potencial Zeta nulo).

A veces, el reactivo coagulante no consigue reducir el potencial Zeta hasta valores próximos a cero, siendo necesarios otros compuestos de apoyo denominados *coadyuvantes*

- 2) Han de tener la mayor valencia posible, para que la rotura de la estabilidad coloidal sea lo más rápida posible
- 3) Han de ser muy pesados, para que los flóculos formados puedan separarse lo más rápidamente posible por precipitación

Cuando se añaden los coagulantes se produce una hidrolización, con la formación de hidróxidos coloidales insolubles que adsorben las partículas coloidales, propiciando la precipitación.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



Productos coagulantes → Podemos distinguir dos grandes grupos:

1) Coagulantes inorgánicos

- Sulfato de alúmina (sólido, SAS o líquido, SAL)
- Polímeros de aluminio (sales de aluminio que se condensan dando lugar a polímeros que son capaces de coagular)

2) Coagulantes orgánicos (polielectrolitos) que, a su vez, pueden ser:

- *De origen natural* → Derivados del almidón, celulosa...
En ocasiones son considerados auxiliares de la coagulación o coadyuvantes.
- *Sintéticos* → Macromoléculas de cadena larga (óxido de polietileno, poliacrilamida...)

Productos coadyuvantes → También distinguiremos entre:

1) Coadyuvantes inorgánicos → Cal, arcilla, sulfato de magnesio...

2) Coadyuvantes orgánicos → Alginatos (extracto de algas), almidones (extracto de granos vegetales)...



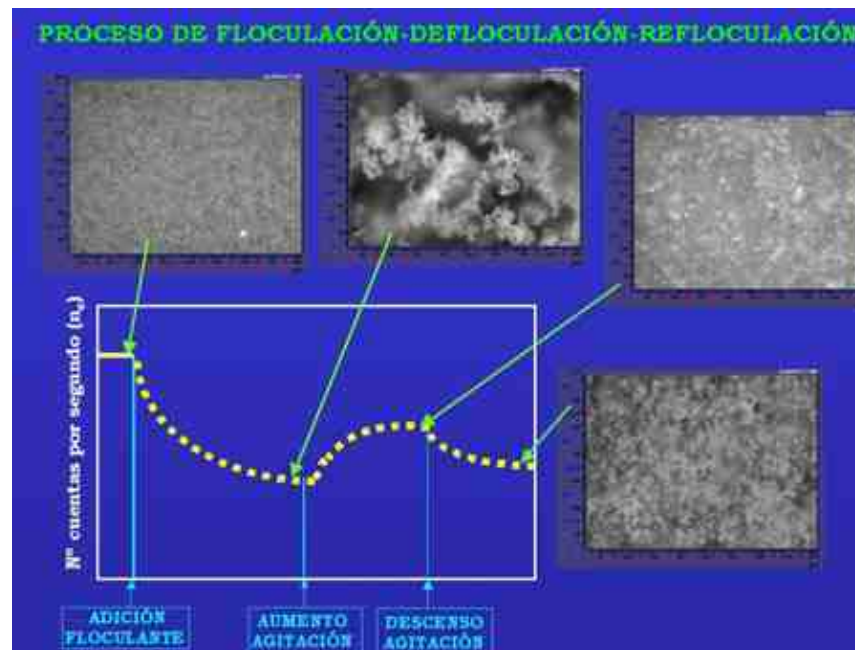
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



El coagulante ideal será, por tanto, el que en primer lugar facilite una carga para la desestabilización de los coloides y después forme el coágulo o flóculo primario sobre el cual pudieran adsorberse fácilmente las partículas.

- Aguas muy claras → Se precisa un flóculo voluminoso y de rápida velocidad de formación.
- Aguas residuales → Se precisa de una elevada densidad de carga para la desestabilización.





Dosificación

La dosificación de coagulante es muy variable en los diferentes ámbitos, siendo necesario establecer un valor óptimo mediante pruebas de laboratorio y ajustes de fábrica.

Dentro de las pruebas de laboratorio, destaca el ensayo *Jar-Test*.

La importancia del ensayo deriva de su facilidad de realización, interpretación y versatilidad al estudiar diferentes parámetros que influyen en el proceso de coagulación – floculación, determinando:

- Selección de coagulantes y/o floculantes
- Dosificación óptima
- Determinación de los puntos de dosificación
- Fijación de un *pH* óptimo de coagulación
- Ajuste de velocidades y tiempos de agitación
- Incidencia de otros reactivos



EJEMPLO

ENSAYO JAR-TEST





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



La metodología a seguir es la siguiente:

- 1) Se mide el pH, turbidez y temperatura del agua
- 2) Se llena una serie de vasos con un volumen determinado del agua a tratar
- 3) Se añade el coagulante a ensayar en diferentes dosis y se mantiene fuerte agitación (250 rpm) durante 2 minutos
- 4) Se disminuye la agitación (40 rpm) y se dejan crecer los coágulos/flóculos durante 5 - 15 minutos
- 5) Se para la agitación y se deja sedimentar durante 10-20 min
- 6) Se toma medida de la turbidez de agua superficial aproximadamente 1 cm por debajo de la lámina de agua en cada uno de los vasos de precipitación.

Posteriormente se pueden modificar diferentes parámetros (por ejemplo, el *pH* del agua) para así comprobar su influencia en el proceso, de tal manera que podamos definir mediante un criterio económico, la dosificación necesaria para aplicar al tratamiento.



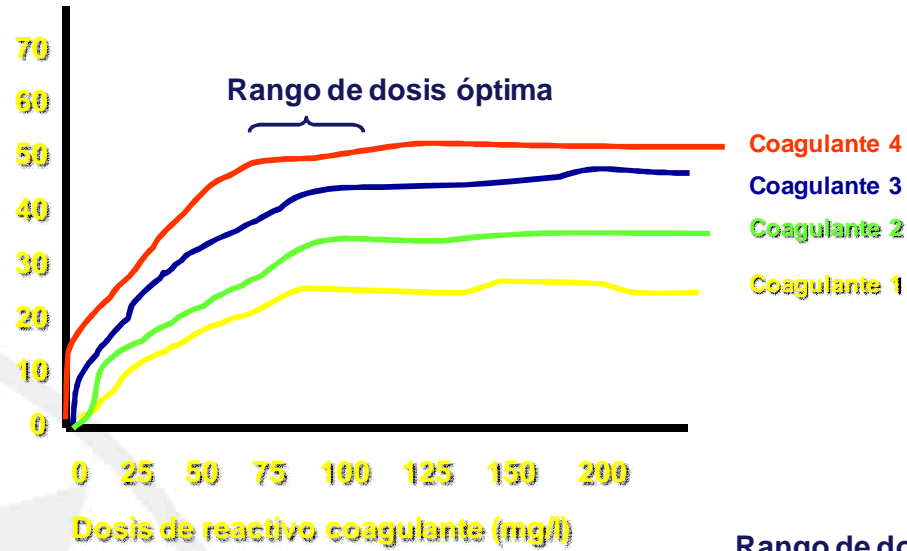
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



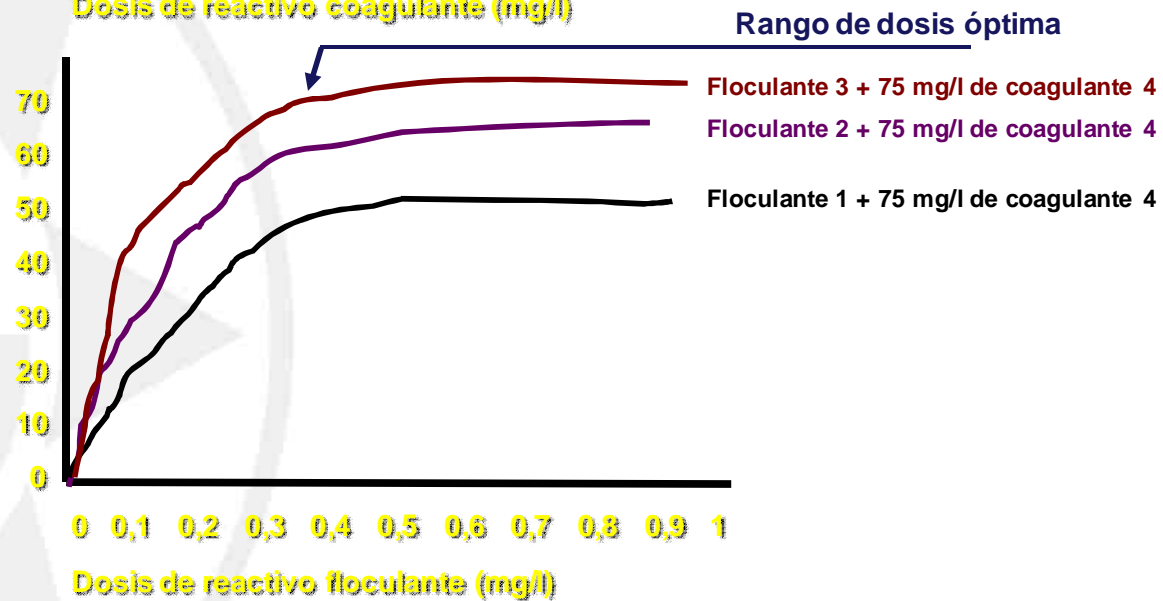
1) Selección del coagulante y dosis del reactivo

Reducción de la Turbidez (%)



2) Selección del floculante y dosis del reactivo

Reducción de la Turbidez (%)



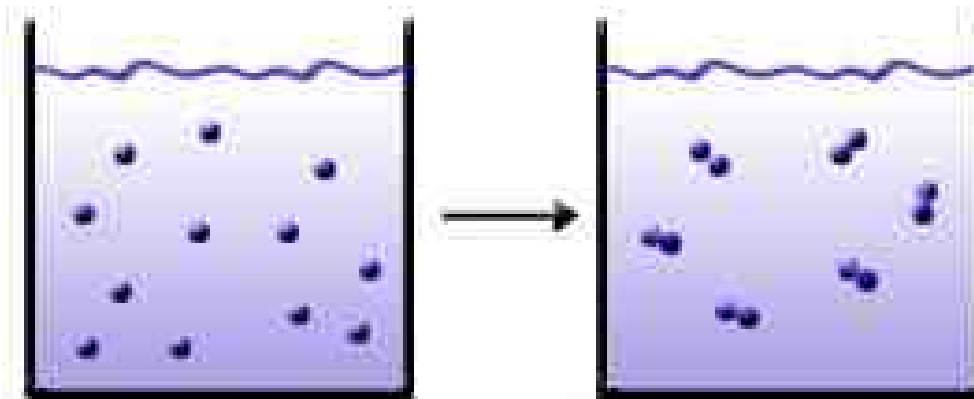


4. FLOCULACIÓN

La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados decantadores.

El proceso de floculación es precedido por el de coagulación, por eso suele hablarse de procesos de coagulación - floculación.

La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico (coagulante) que, neutralizando las cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



En el proceso de floculación es importante conseguir la formación del flóculo de mayor peso y cohesión posible, ya que estas características facilitan su eliminación.

En general, algunos de los siguientes medios favorecen el engrosamiento y, consecuentemente, la sedimentabilidad del flóculo:

- 1) Una coagulación previa tan perfecta como sea posible
- 2) Un aumento de la cantidad de flóculos en el agua.

Así, conviene poner el agua en contacto con los precipitados ya formados por el tratamiento anterior (recirculación de fangos, lecho de fangos, etc.), tratando de conseguir la mayor concentración posible.

- 3) Una agitación lenta y homogénea del conjunto, con el fin de aumentar las posibilidades de que las partículas coloidales descargadas eléctricamente se encuentren con un flóculo.
- 4) El empleo de ciertos productos llamados floculantes.



Floculantes

Los floculantes (o coadyuvantes de coagulación) son productos que favorecen el proceso de formación del flóculo, actuando de puente o unión para captar mecánicamente las partículas en suspensión.

La diferencia básica entre coagulante y floculante reside en que el coagulante anula las fuerzas repulsivas entre las partículas coloidales, iniciando la formación de microflóculos, en cambio el floculante engloba estos microflóculos aumentando su tamaño y densidad de modo que sedimenten más fácil y rápidamente.

El empleo de los floculantes permite tratar mayores caudales de agua en una ETAP o EDAR, además de mejorar la floculación cuando ésta es difícil por cambios de calidad, bajas temperaturas, etc.





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



Los floculantes más empleados son los siguientes:

- 1) Agentes adsorbentes → Su misión consiste en dar mayor peso a los flóculos ligeros, caso de la adición de arcillas bentoníticas que, al añadirse a los flóculos formados, mejoran su densidad (función ponderante). Para ello también se emplea el carbonato cálcico pulverizado (caliza).

Otra función de estos agentes consiste en adsorber partículas coloidales, generando un preflóculo, que rápidamente aumenta de volumen, caso del carbón activo o de la tierra de diatomeas (función adsorbente).

- 2) Sílice activa → Se obtiene a partir del silicato sódico (Na_2SiO_3) en disolución, a la cual se le neutraliza con ácido una parte importante de la alcalinidad, en cuyo momento se dice que se ha activado

Presenta alta efectividad como auxiliar del tratamiento con sulfato de alúmina (alumbre).

- 3) Polielectrolitos → Son polímeros de alto peso molecular, naturales o sintéticos.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



Contienen unidades de bajo peso molecular combinadas químicamente para formar una molécula de tamaño coloidal en las que cada una de ellas tiene una o más cargas o grupos ionizables.

Los polielectrolitos pueden actuar solos (coagulantes) o como coadyuvantes de la floculación, aumentando considerablemente el tamaño de los flóculos, pero de forma similar a lo que ocurre con la sílice, existe una dosis óptima, que si es superada, produce una floculación deficiente

Pueden ser:

- 1) Naturales → Almidones y sus derivados, polisacáridos de compuestos celulósicos, ciertos compuestos proteínicos, alginatos...
- 2) Sintéticos → Pequeñas moléculas portadoras de carga eléctrica, polimerizadas formando largas cadenas, con la ventaja de su facilidad de fabricación en planta (adaptación a requerimientos).

Los polielectrolitos sintéticos se pueden clasificar en no iónicos, aniónicos y catiónicos.



EJEMPLO

MEDICIÓN ACTIVIDAD FLOCULANTE

poliacrilamida PAM Cytec Superfloc-A836



Para evaluar la actividad floculante de la poliacrilamida en una suspensión de caolín se preparan soluciones de concentración variable desde 1 ppm hasta 10 ppm, colocando una gota de cada solución encima de una gota de la suspensión de caolín. Se agita suavemente y se observa la floculación producida, comparando el efecto de las diferentes concentraciones.

El límite de ppm en el cual empieza la floculación completa, se señala como Valor del Inicio de Actividad (VIA). En este caso el valor obtenido es de 6 ppm.



5. SEDIMENTACIÓN DE LAS PARTÍCULAS FLOCULADAS

El fenómeno de la sedimentación de las partículas floculadas es diferente al de las partículas discretas.

- 1) Sedimentación libre → Se produce en suspensiones de baja concentración de sólidos. La interacción entre partículas puede considerarse despreciable (partículas discretas), por lo que sedimentan a su velocidad de caída libre en el fluido.
- 2) Sedimentación por zonas → Se observa en la sedimentación de suspensiones concentradas. Las interacciones entre las partículas son importantes, alcanzándose velocidades de sedimentación menores que en la sedimentación libre.

En el caso de partículas floculadas, estas interacciones provocan la aglomeración de las partículas, aumentando el tamaño del flóculo.

Dentro del sedimentador se desarrollan varias zonas, caracterizadas por diferente concentración de sólidos y, por lo tanto, diferente velocidad de sedimentación:

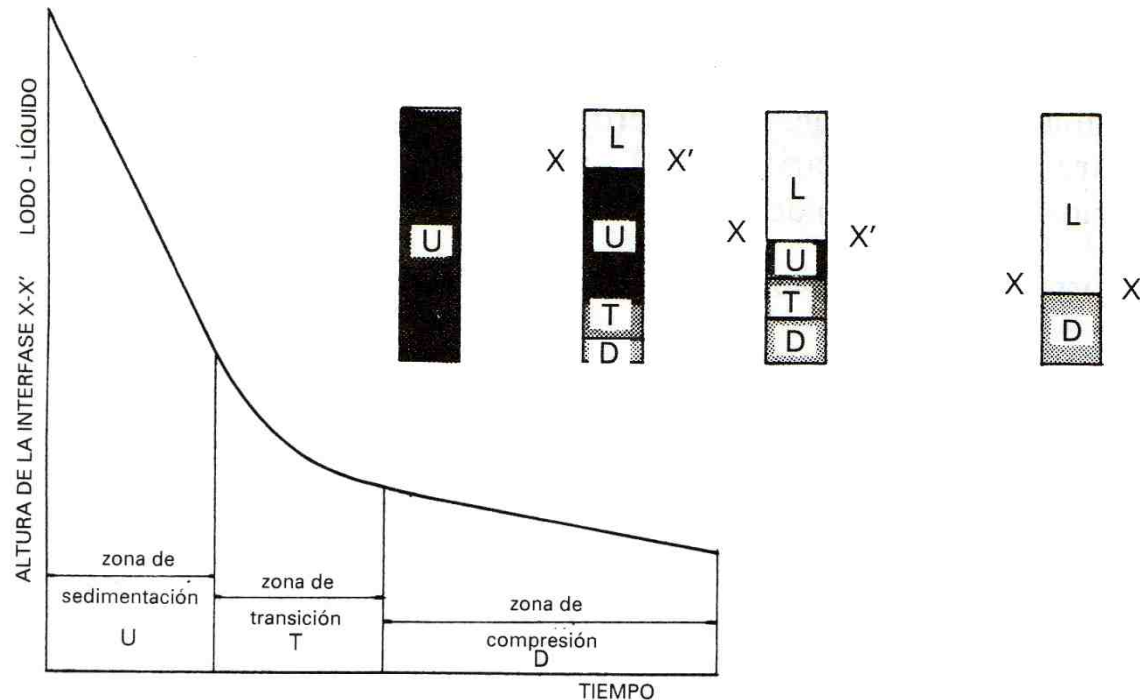


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



- a) *Zona L* de líquido clarificado
- b) *Zona U* de concentración uniforme (velocidad de sedimentación en función de la concentración)
- c) *Zona T* de transición (concentración creciente y velocidad decreciente)
- d) *Zona D* de compresión (partículas en contacto)





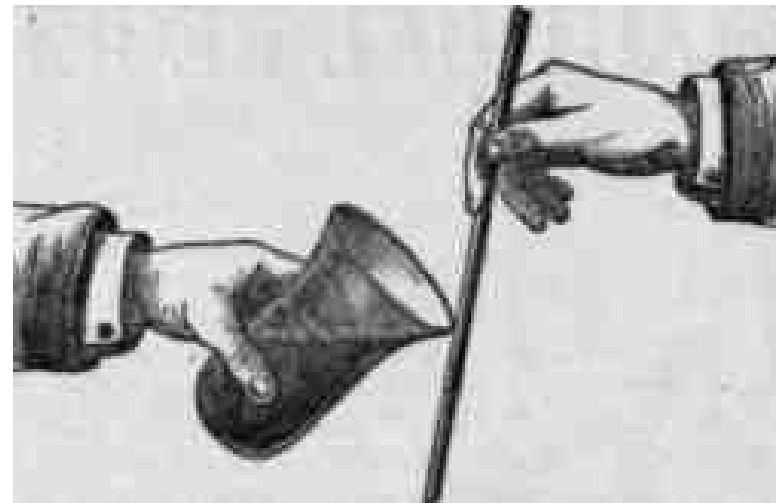
6. DECANTACIÓN

El objetivo fundamental de la decantación es la eliminación de los sólidos sedimentables por acción de la gravedad.

Muchas de las sustancias en suspensión existentes en el agua no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas, desarenadores o desengrasadores, ni tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua.

Ayudados por compuestos coagulantes y floculantes se consigue la unión de las diferentes partículas en suspensión para formar flóculos que, por su propio peso, se pueden separar del agua.

Este proceso se realiza en unos depósitos en los que la velocidad del agua es suficientemente lenta, denominados decantadores.



Antiguo sistema de decantación



EJEMPLO

SISTEMA HIDRÁULICO DE CALDUBA

Arcos de la Frontera (Cádiz)



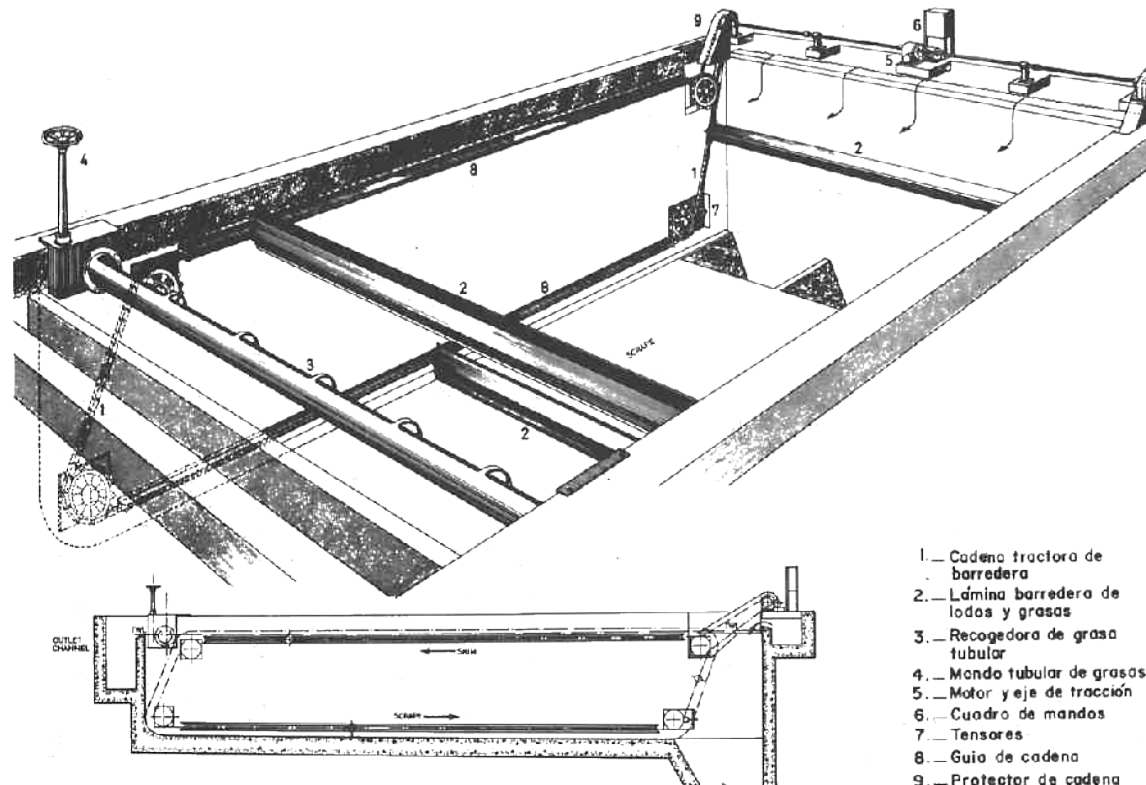
Este sistema hidráulico disponía de unas piscinas limarias (izquierda) en las que se realizaba la decantación del agua, que luego se almacenaba en una cisterna de distribución (superior)



7. TIPOS DE DECANTADORES

Según el tipo de proceso

- 1) Decantadores primarios → Tratan el agua bruta por simple proceso físico. Su función es separar los sólidos sedimentables.



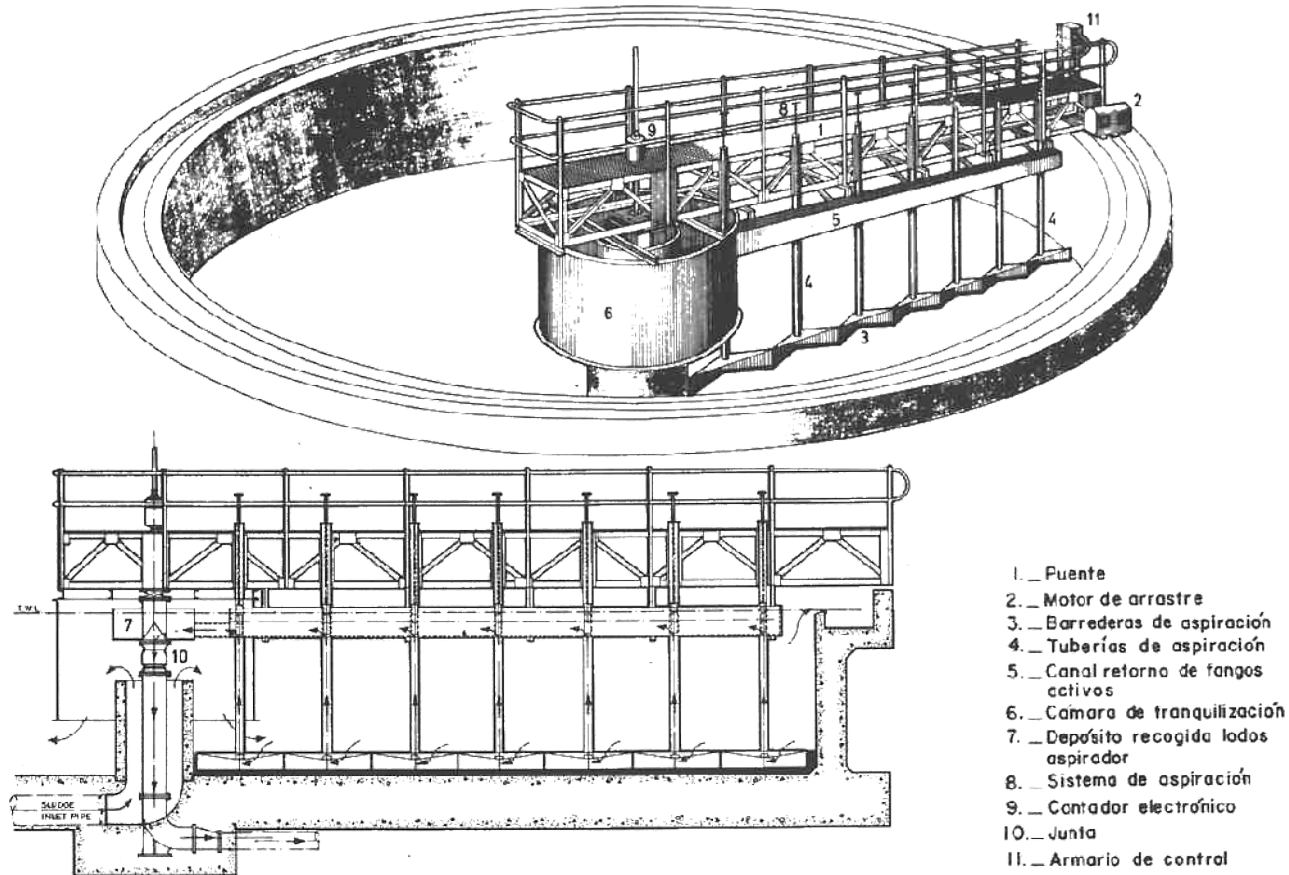


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



2) Decantadores secundarios → Tratan el agua procedente de un tratamiento químico o biológico. Su función es separar los sólidos floculados.





EJEMPLO

DECANTADORES RECTANGULARES

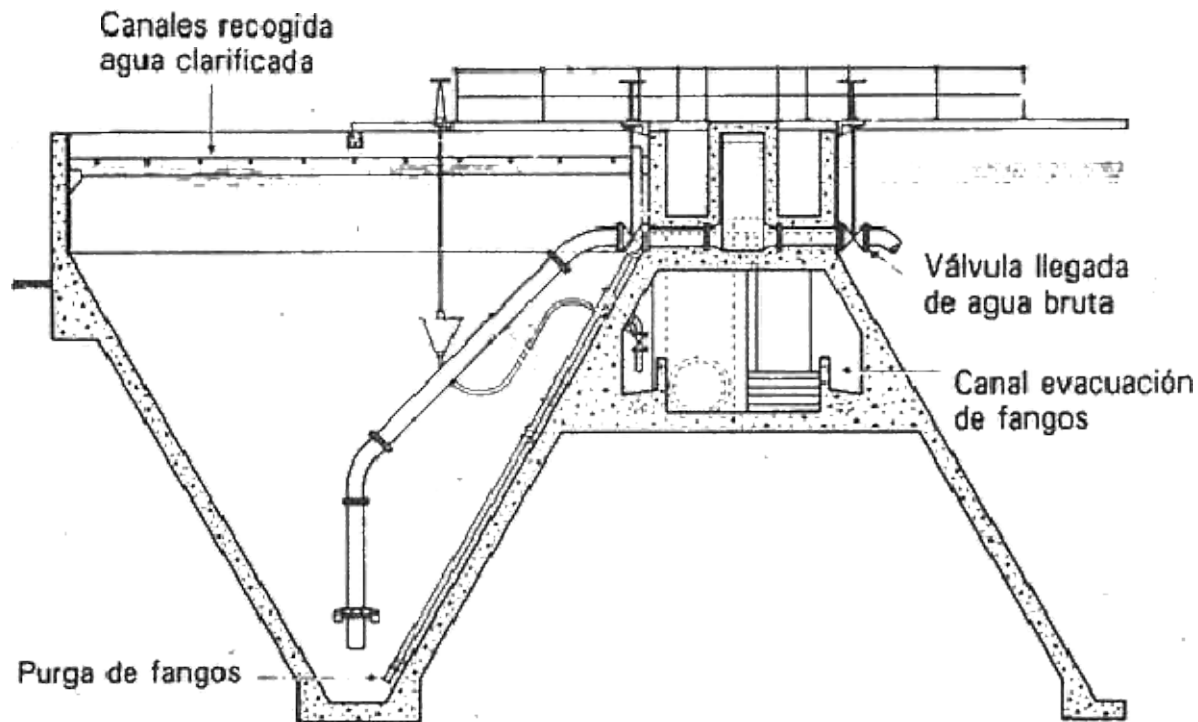
ETAP La Presa (Manises, Valencia)





Según el flujo hidráulico

- 1) Decantadores de flujo vertical → El agua fluye desde abajo hacia arriba en el decantador. Pueden ser circulares (caso más habitual) o rectangulares (pequeñas depuradoras).



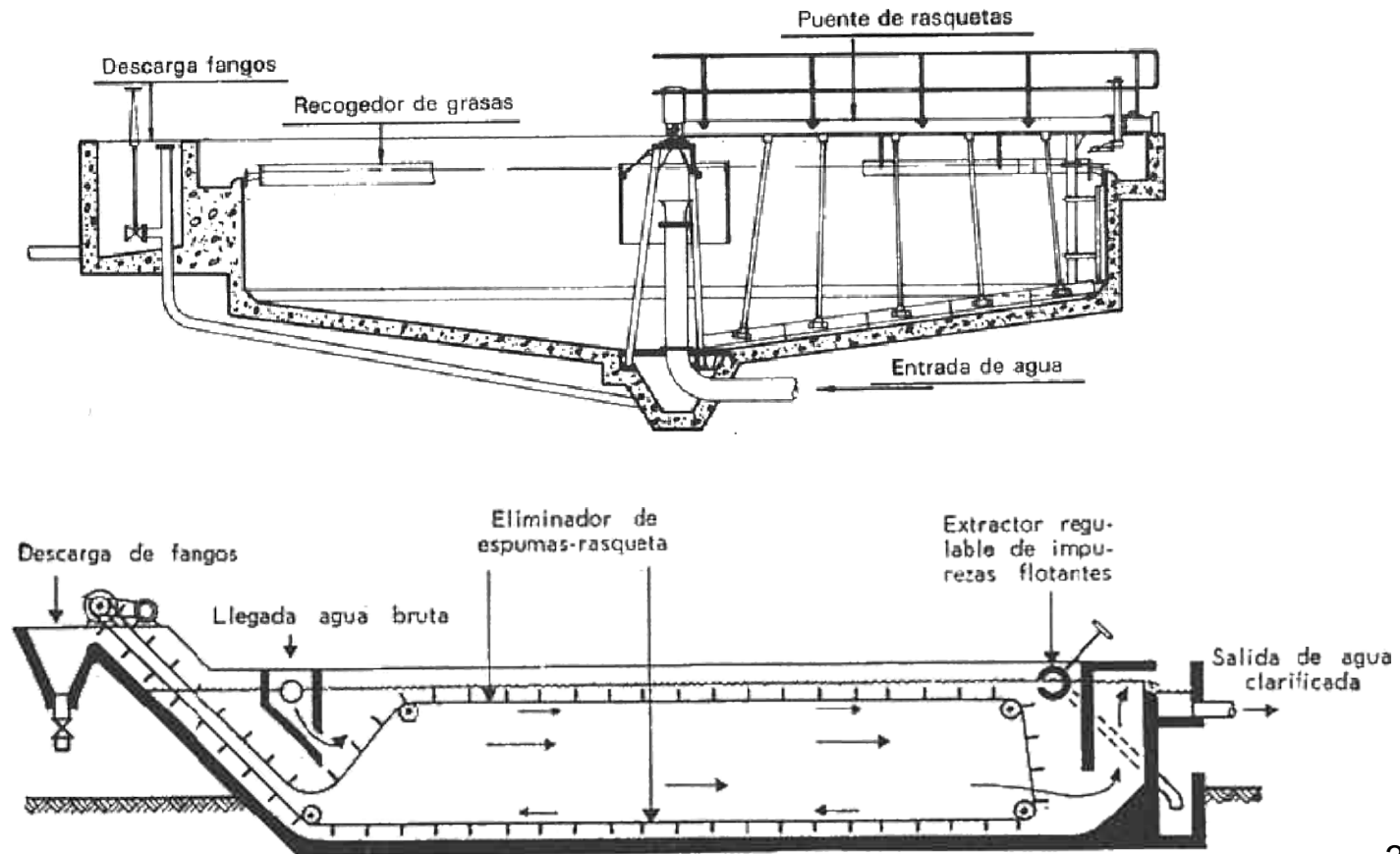


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



2) Decantadores de flujo horizontal → El agua fluye horizontalmente, de un lado a otro del decantador. Pueden ser circulares (el agua fluye del centro a la periferia) o rectangulares (caso más habitual).





EJEMPLO

DECANTADOR

Flujo vertical





EJEMPLO

DECANTADOR

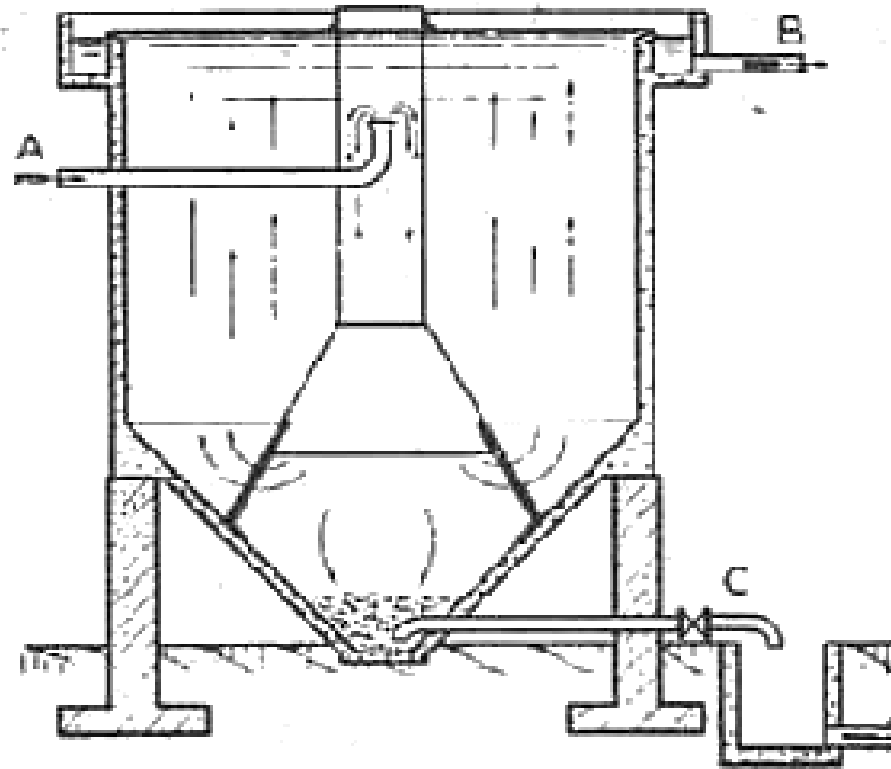
Flujo horizontal





Según la concentración de fangos

- 1) Sin dispositivos → Los lodos se concentran dando pendientes adecuadas a sus paredes ($> 60^\circ$).



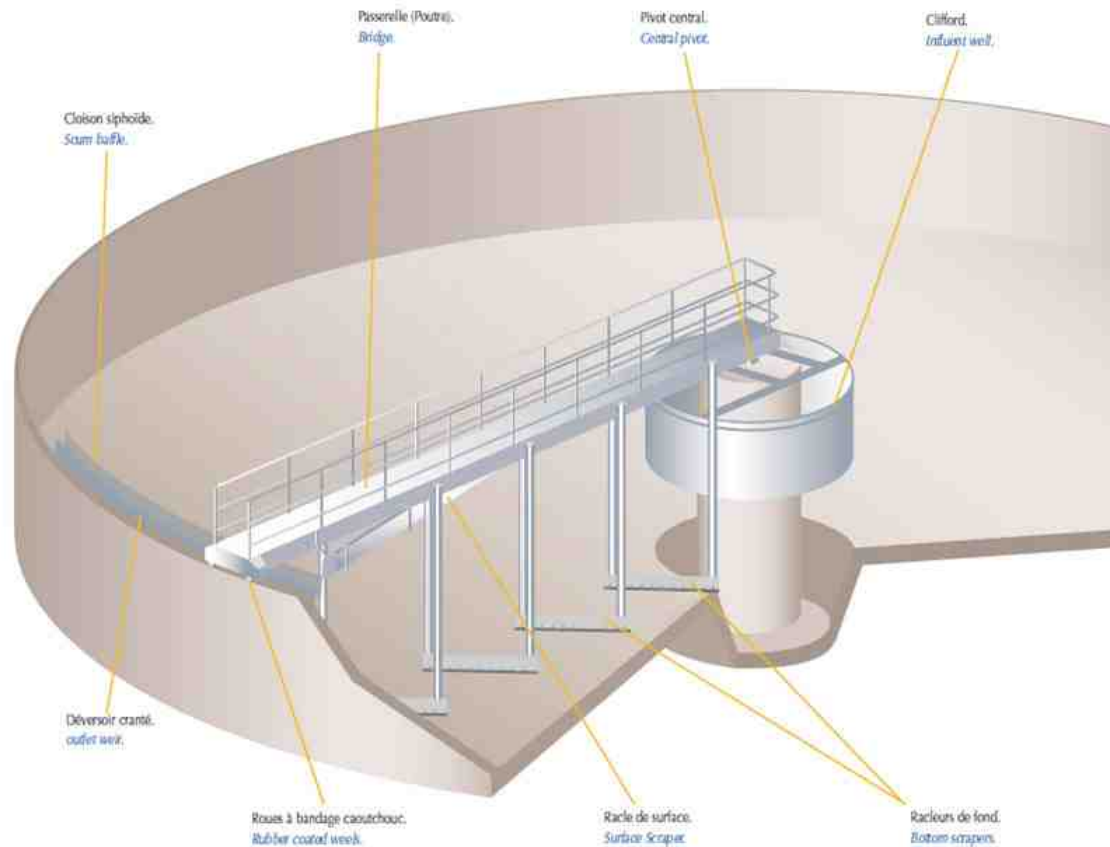


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



2) Con rasquetas de arrastre → Equipos mecánicos que acumulan el fango sedimentado en uno o varios puntos fijos de extracción, mediante rasquetas que barren la solera del decantador



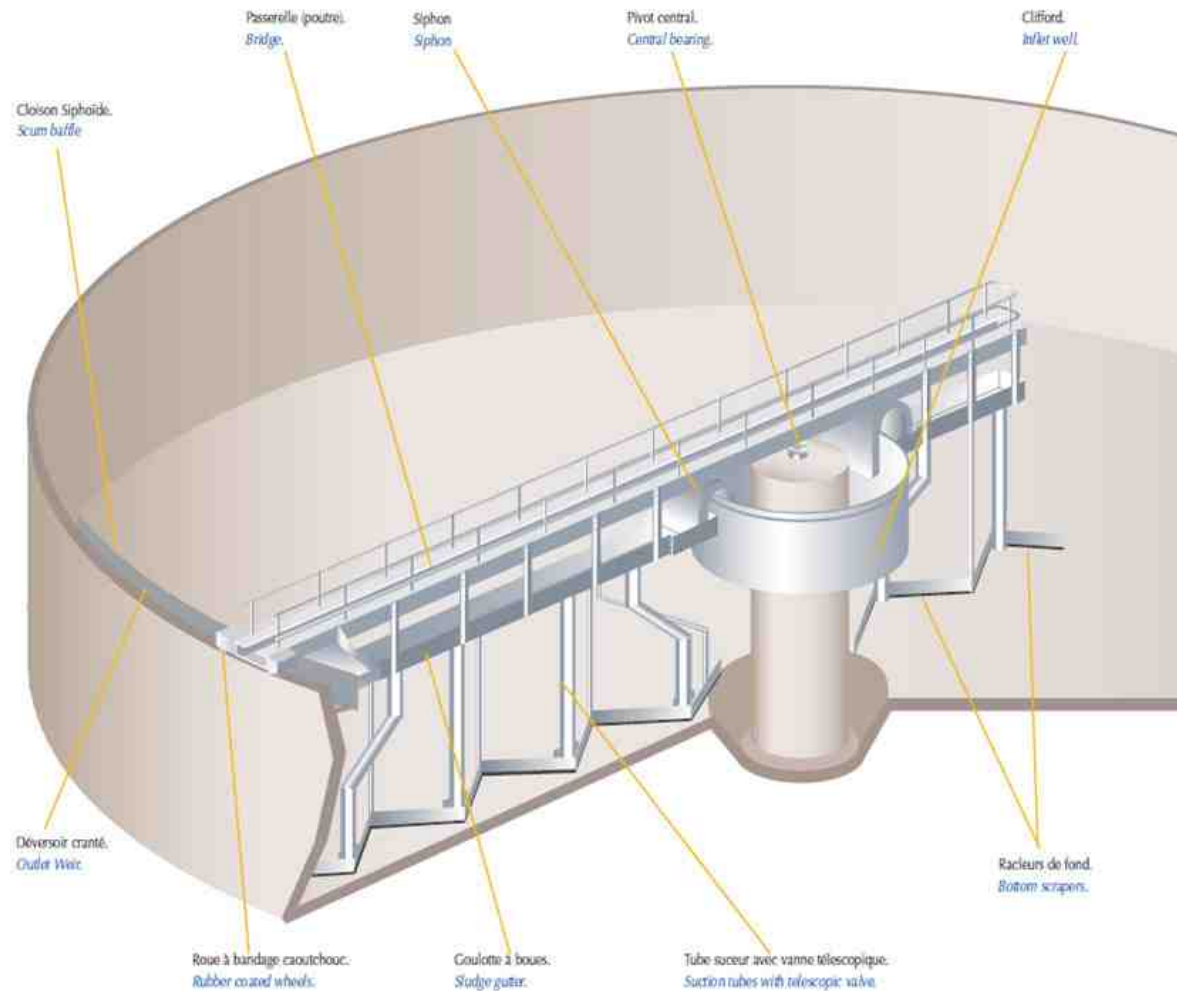


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



2) Con sistemas de aspiración en continuo





EJEMPLO

DETALLE RASQUETAS

Decantador circular





Según la reutilización de los lodos

- 1) Decantadores estáticos → Sin recirculación de lodos. La sedimentación se produce por diferencia de densidades.

Todos los modelos vistos hasta ahora son decantadores estáticos, ya sean troncocónicos, rectangulares, circulares, con o sin dispositivos de raquetas de arrastre o aspiración de fangos.

- 2) Decantadores dinámicos → Estos decantadores funcionan con lecho de fangos y recirculación de lodos preformados.

a) *Lecho de fangos*

Pulsator

Superpulsator

b) *Recirculación de fangos*

Accelator

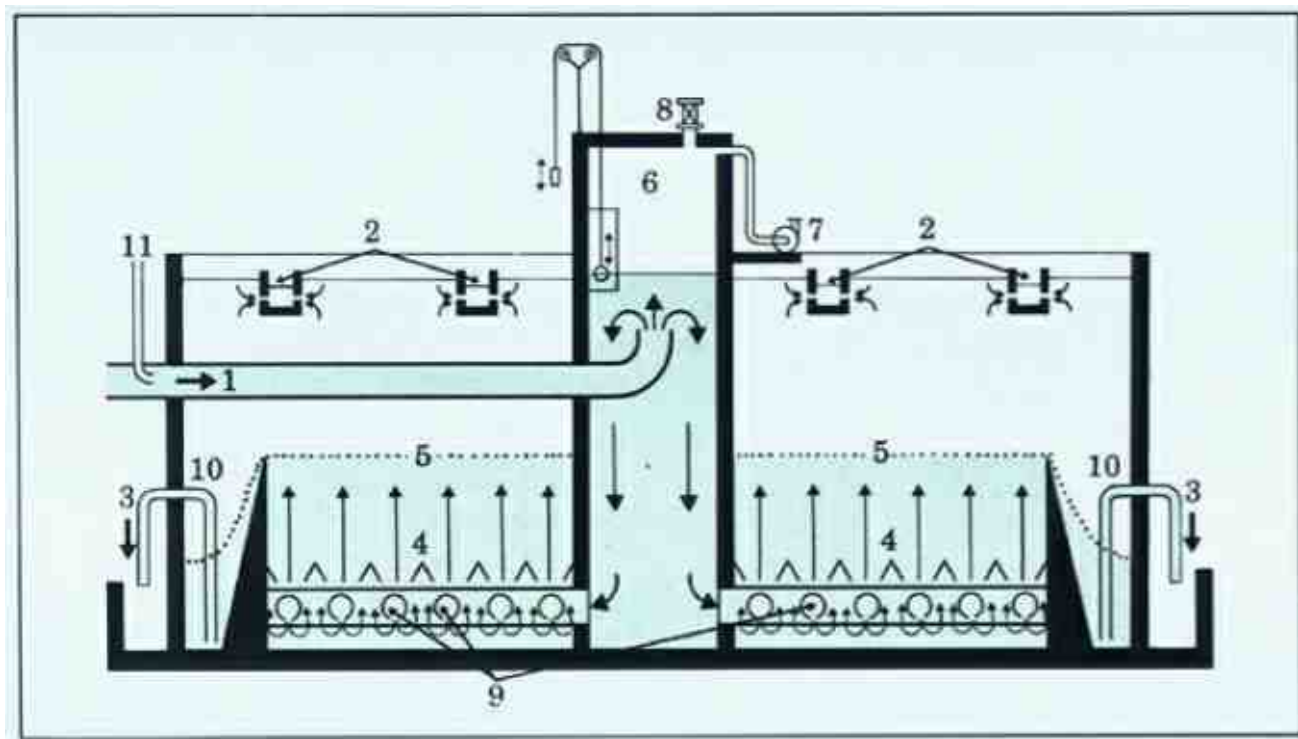
Circulator

Turbocirculator



Pulsator

Presenta corriente ascensional, acelerada y vertical. La entrada de agua en la zona de decantación y a través del lecho de fangos se realiza de forma intermitente o pulsada desde la campana central.



1. Llegada del agua bruta.
2. Salida del agua decantada.
3. Extracción de fangos.
4. Tranquilizadores.
6. Campana de vacío.
7. Bomba de vacío.
8. Válvula automática rompevacío.
9. Tubos perforados de reparto del agua bruta.
10. Concentradores de fango.
11. Introducción de reactivos



EJEMPLO

DECANTADOR PULSATOR





EJEMPLO

DECANTADOR PULSATOR

ETAP Letur (Albacete)

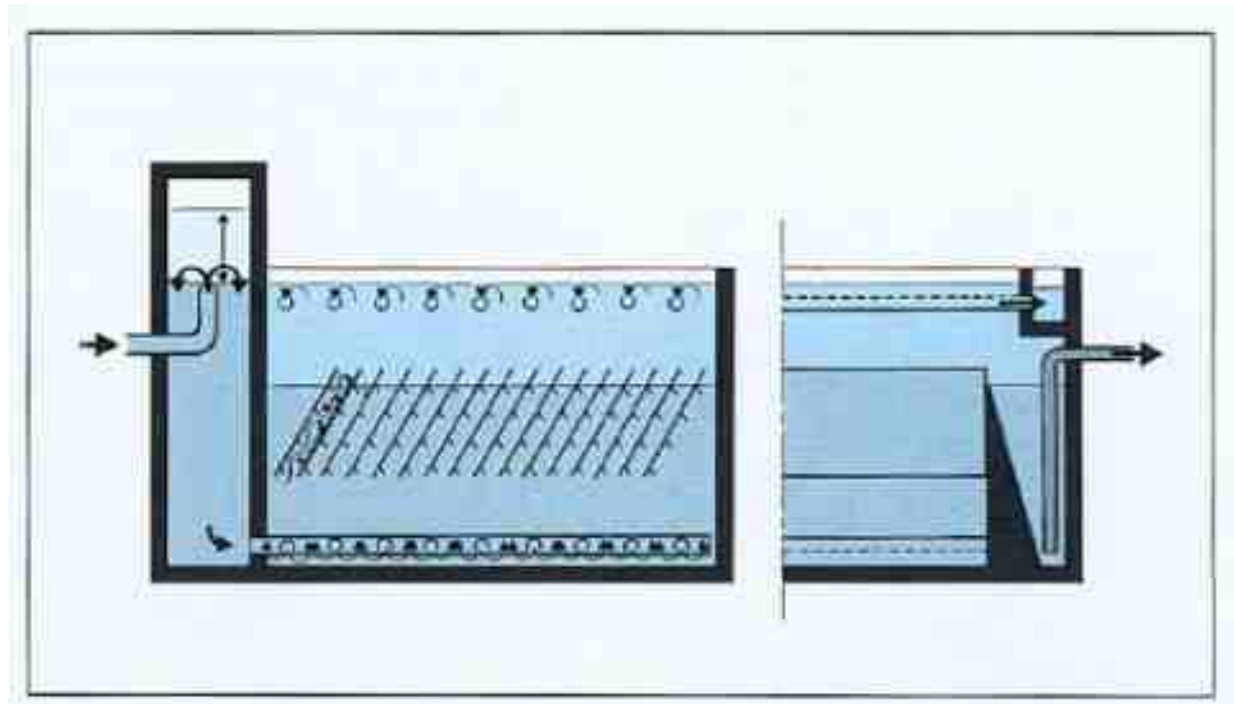




Superpulsator

Es una combinación del efecto laminar y el contacto de un lecho de fangos (Pulsator).

Se engloba dentro de los decantadores superacelerados, que son aquellos que presentan velocidades ascensionales muy superiores a las de la decantación acelerada clásica, pasando de 2,5 - 7 m/h. a velocidades de 5 a 20 m/hora





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación

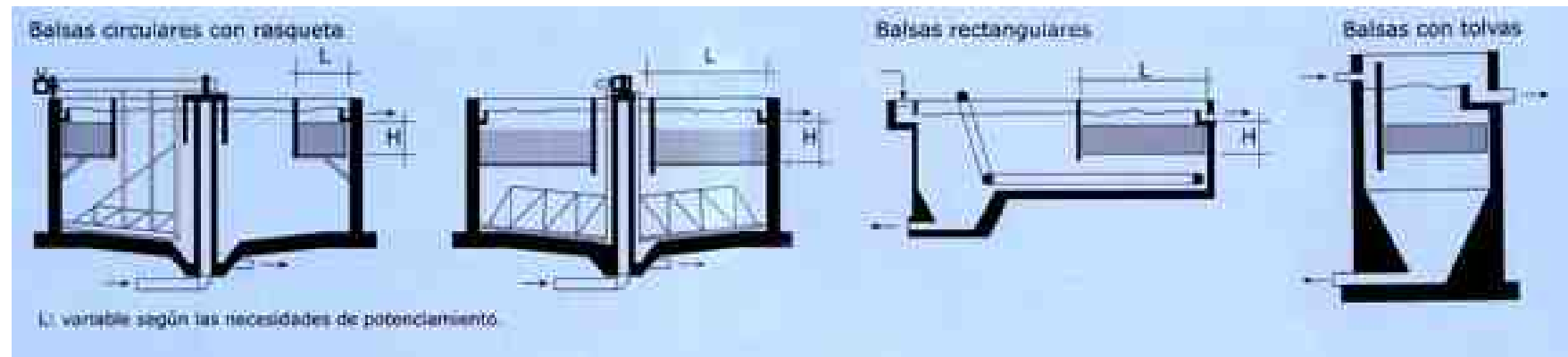
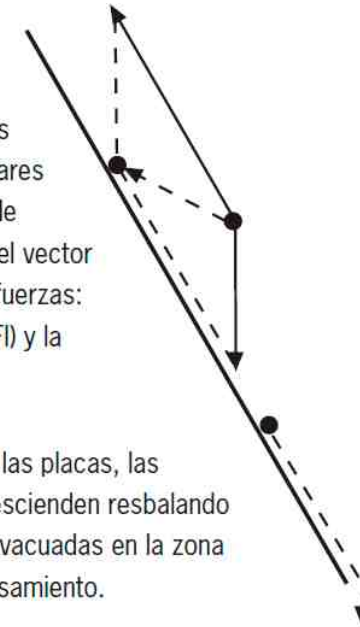


Los decantadores laminares o lamelares tienen dos propósitos fundamentales:

- 1) Aumentar la superficie de decantación, es decir, podemos ampliar la capacidad de un decantador dividiendo su altura en diferentes decantadores, utilizando placas o tubos planos con una cierta inclinación.
- 2) Obtener un flujo laminar que evite turbulencias que favorezcan el arrastre de sólidos a la superficie

Las partículas situadas entre las placas lamelares llegan a la superficie de cada placa siguiendo el vector resultante de las dos fuerzas: el arrastre del fluido (F_I) y la gravedad (F_g).

Una vez sobre las placas, las partículas descienden resbalando para ser evacuadas en la zona de espesamiento.





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

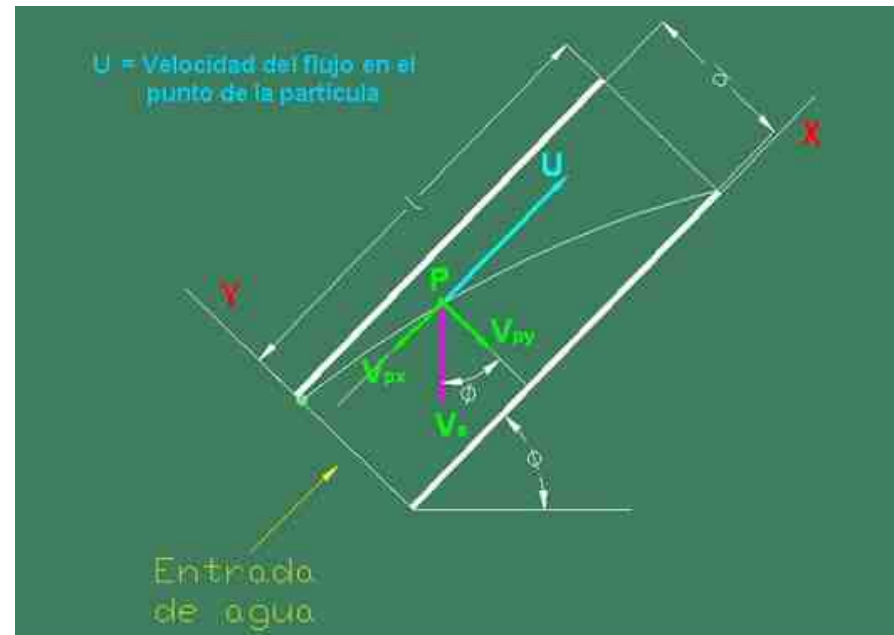
Tema 5. Decantación y flotación



En este tipo de decantadores se emplean lamelas, que configuran caminos paralelos de forma circular, hexagonal, rectangular, etc. sobre los que se hace circular el agua a tratar en régimen laminar

Para el sistema de coordenadas indicado en la figura, podemos obtener el valor de la velocidad crítica de sedimentación mediante la ecuación:

$$V_{cs} = \frac{S_0 \cdot V_0}{\text{sen} \theta + L \cos \theta}$$



Siendo V_0 la velocidad promedio del flujo en el elemento de sedimentación, θ el ángulo del elemento con la horizontal, L la longitud específica del decantador ($= l/d$) y S_0 el parámetro crítico de valor 1 en el caso de placas paralelas, $4/3$ para tubos circulares y $11/8$ para tubos cuadrados.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

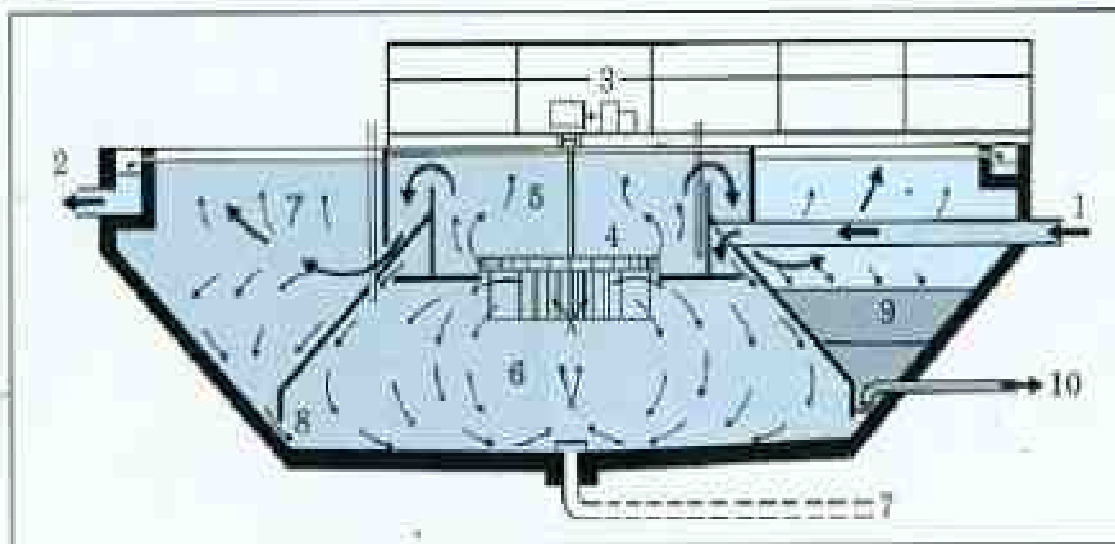
Tema 5. Decantación y flotación



Accelerator

Está basado en las ventajas que tiene la mezcla del agua bruta con fangos procedentes de precipitados previamente formados.

Los sólidos no precipitan como nuevas partículas, que requerirían la unión con otras para llegar al tamaño suficiente para sedimentar, sino que la mayoría se depositan sobre flóculos ya existentes, aumentando su tamaño.



1 - Raw water inlet, 2 - Treated water outlet, 3 - Drive unit, 4 - Turbine, 5 - Primary mixing zone, 6 - Secondary mixing zone, 7 - Clarified water, 8 - Sludge recirculation, 9 - Sludge concentrator, 10 - Excess sludge, 11 - Drain.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



EJEMPLO

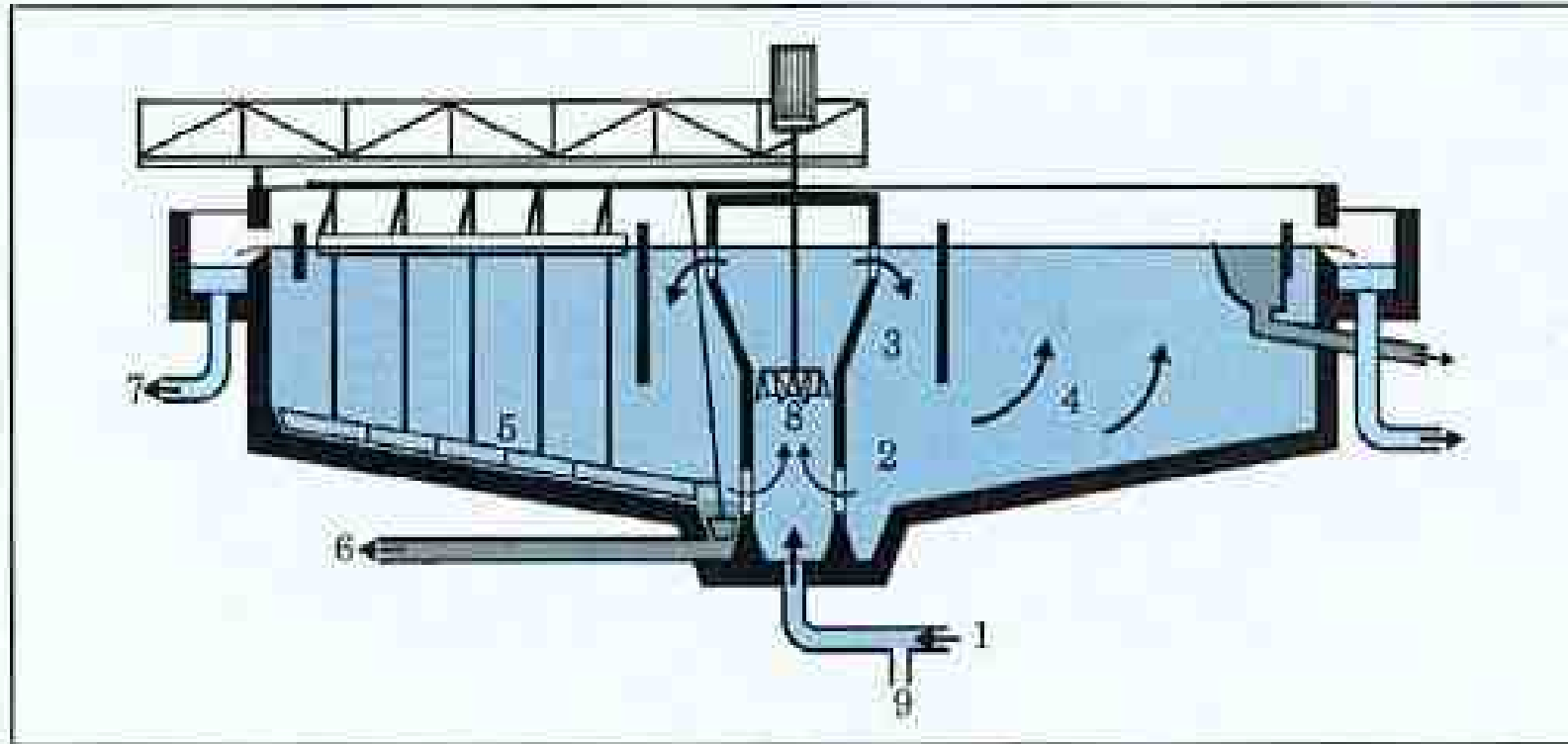
DECANTADOR ACCELATOR

ETAP Torrealta (Murcia)





Turbocirculator



1 - Raw water inlet. 2 - Sludge recycling. 3 - Flocc maturation. 4 - Settling zone. 5 - Scrapers. 6 - Excess sludge. 7 - Treated water outlet. 8 - Impeller for mixing raw water and recycled sludge. 9 - Reagent feed.



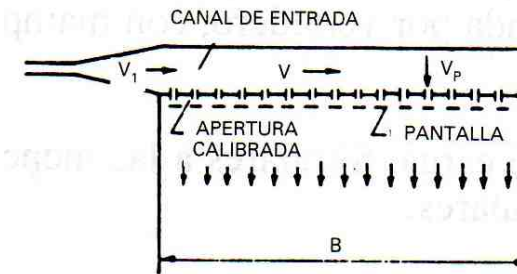
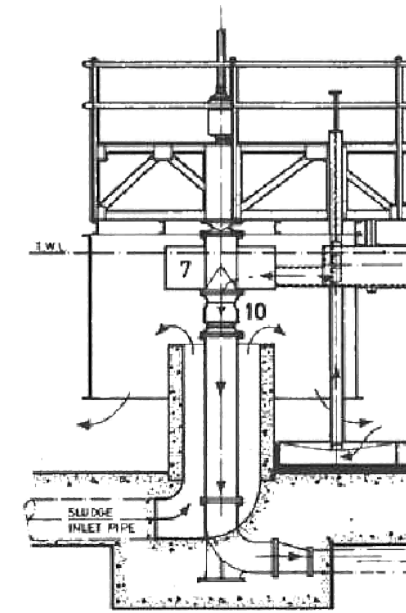
8. DISPOSITIVOS EN DECANTADORES

Entrada de agua

Debe proyectarse de tal forma que la corriente de alimentación se difunda homogéneamente por todo el tanque desde el primer momento.

En decantadores circulares se suele disponer un cilindro de entrada con repartidores, con el fin de homogeneizar la entrada y pantalla deflectora.

En decantadores rectangulares se suelen disponer vertederos con mamparas de tranquilización





Sistemas de salida de agua

Se suelen disponer vertederos perimetrales. Un tipo muy utilizado es el dentado, ya que con este tipo de vertederos, las variaciones de nivel de agua en el decantador quedan muy atenuadas para los diferentes caudales. Para evitar la recogida de espumas y sobrenadantes, se suele disponer de una pantalla deflectora.

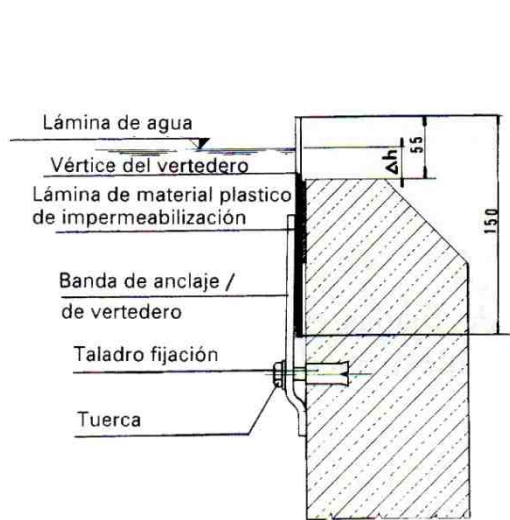
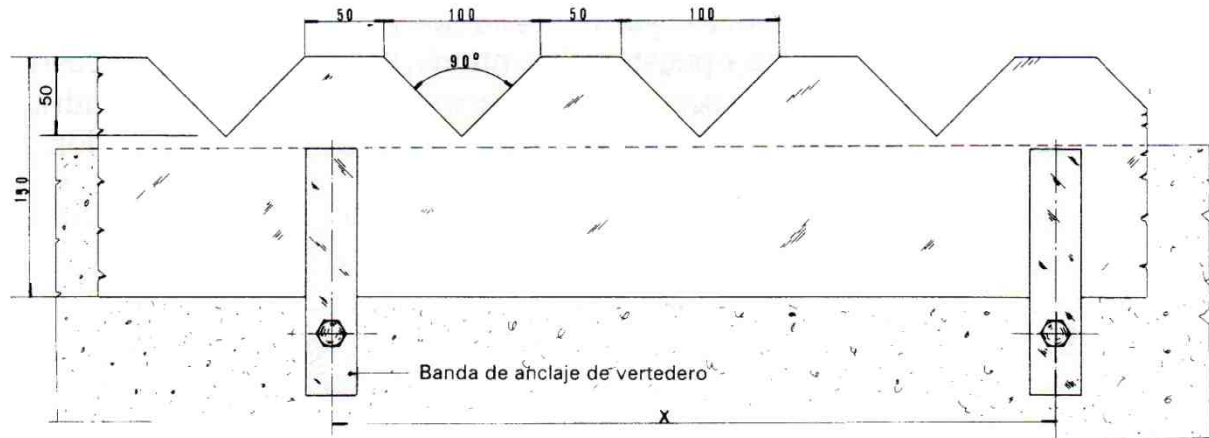
Por otro lado, para no provocar levantamiento de los fangos sedimentados, la relación del caudal afluyente y la longitud total de vertido debe ser menor de 10 - 12 m³/h/m.



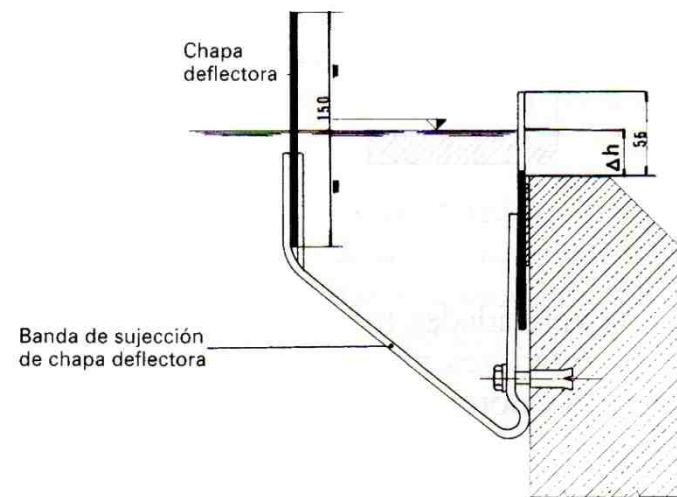


ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DETALLE DE FIJACIÓN DE LA CHAPA DE VERTEDERO



DETALLE SUJECCIÓN DE CHAPA DE VERTEDERO Y CHAPA DEFLECTORA



9. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA DECANTACIÓN

En el dimensionado de decantadores hay que atender especialmente a los siguientes puntos:

- 1) Superficie de decantación
- 2) Volumen de decantación
- 3) Relaciones dimensionales
- 4) Dimensiones de la zona de entrada
- 5) Vertedero de salida
- 6) Barrederas de fangos
- 7) Caudales de fangos producidos
- 8) Pocetas de fangos





Superficie de decantación

$$S = \frac{Q}{V_{asc}}$$

$S \rightarrow$ Superficie de decantación (m^2)

$Q \rightarrow$ Caudal a tratar (m^3/h)

$V_{asc} \rightarrow$ Velocidad ascensional (m/h)

Decantación Primaria	Velocidad a caudal medio		
	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Decantadores circulares	1,00 m/h	1,50 m/h	2,00 m/h
Decantadores rectangulares	0,80 m/h	1,30 m/h	1,80 m/h

Decantación Primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor Mínimo	Valor Medio	Valor Máximo
Decantadores circulares	2,00 m/h	2,50 m/h	3,00 m/h
Decantadores rectangulares	1,80 m/h	2,20 m/h	2,60 m/h



Volumen de decantación

$$V = Q \cdot T_{\text{retención}}$$

$V \rightarrow$ Volumen de decantación (m^3)

$Q \rightarrow$ Caudal a tratar (m^3/h)

$T_{\text{retención}} \rightarrow$ Tiempo de retención (h)

	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Tiempo de retención para caudal medio	1,50 h	2,00 h	3,00 h
Tiempo de retención para caudal máximo	1,00 h	1,50 h	2,00 h



Relaciones dimensionales

1) Decantadores circulares de flujo vertical

\varnothing (diámetro del decantador) < 40 m

h (altura del decantador) < 3 m

2) Decantadores rectangulares de flujo horizontal

Decantación Primaria	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
L	5	-	90
L/h	5	15	40
L/b	1,5	4,5	7,5
h	1,5	3	3

L → Longitud decantador

h → Altura útil del decantador

b → Ancho del decantador

Se pueden emplear las fórmulas propuestas por Huisman (tanteos):

$$h = \frac{1}{12} L^{0,8} \quad b = \frac{1}{8,5} L^{1,4}$$



Dimensiones de la zona de entrada

1) Decantadores circulares de flujo vertical

	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
ϕ_1/ϕ	0,05	0,1	0,2
h_1/h	0,25	0,40	0,65

ϕ_1 → Diámetro del cilindro central de entrada

h_1 → Altura del cilindro desde el borde superior del decantador

ϕ → Diámetro del decantador

h → Altura del decantador

2) Decantadores rectangulares de flujo horizontal

La pérdida de carga ocasionada por el sistema de entrada al decantador debe estar entre 0,20 y 0,30 m.



Vertedero de salida

$$l = \frac{Q}{V}$$

l → Longitud necesaria de vertedero (m)

Q → Caudal a tratar (m³/h)

V → Carga de salida por el vertedero (m³/h/m)

Los valores de la carga de salida vienen dados por la siguiente tabla:

Decantadores Primarios	Valor Mínimo	Valor Medio	Valor Máximo
Decant. circulares	5	9,5	18
Decant. rectangul.	5	10	26



Barrederas de fangos

La velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores (V_r) viene dado por la siguiente tabla:

	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
V_r	0,3 m/min	0,6 m/min	1,2 m/min

Las inclinaciones a disponer en los fondos de los decantadores para la ubicación de las rasquetas suelen ser los siguientes, definidos en función de la sección del decantador:

En decantadores circulares \rightarrow 2 – 8%

En decantadores rectangulares \rightarrow 0,5 – 2%



Caudales de fangos producidos

$$Q_f = \frac{K \cdot C \cdot Q}{10^6 \cdot C_1}$$

Q_f → Caudal medio de fangos producidos (m³/h)

Q → Caudal medio de agua a tratar (m³/h)

K → Coeficiente de reducción de sólidos en suspensión en la decantación (%)

C → Concentración de sólidos en suspensión en el agua bruta (ppm)

C_1 → Concentración de fangos en la salida de purga del decantador (%)

C_1	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Decantadores de succión	1	1,5	2
Decantadores con pocetas	3	5	6



Pocetas de fangos

$$V = Q_f \cdot T_r$$

Q_f → Caudal medio de fangos producidos (m³/h)

V → Volumen de poceta o pocetas (m³)

T_r → Tiempo de retención del fango en pocetas (h)

T_r	Valor Mínimo (h)	Valor Típico (h)	Valor Máximo (h)
Decantador circular sin rasquetas de espesador	0,5	2	5
Decantador circular con rasquetas de espesador	4	6	8
Decantador rectangular	4	10	24



10. FLOTACIÓN

La flotación, al igual que la decantación, es un proceso de separación sólido líquido en una suspensión de ambos elementos, basado en su diferencia de densidades.

La diferencia con la decantación consiste en que, mediante la flotación se pretende separar de la suspensión aquellos elementos sólidos que, por su menor densidad, pueden flotar (flotación natural) o ser susceptibles de flotar (flotación provocada) sobre el líquido que las contiene.

1) Flotación natural → Este tipo de flotación se produce cuando la densidad de las partículas sólidas es menor que la del agua.

Su utilidad se reduce a procesos de desaceitado y desengrasado de aguas (cámaras de grasas, predesaceitado de aguas de refinerías...)

Los separadores de grasas se basan en la eliminación de todos los glóbulos de aceite o grasa mayores de 0,015 cm



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



2) Flotación provocada → Aprovecha la aptitud que tienen ciertas partículas sólidas o líquidas para unirse a burbujas de gas (generalmente aire) y formar conjuntos partícula-gas menos densos que el líquido del cual constituye la fase dispersa.

Para que sea factible la flotación de partículas sólidas o líquidas, más densas que el líquido, es preciso que la adherencia de las partículas a las burbujas de gas sea mayor que la tendencia a establecer un contacto entre las partículas y el líquido.

Las burbujas pueden tener diferentes tamaños, siendo variable el efecto que esta diferencia de tamaños puede ejercer sobre la flotación.

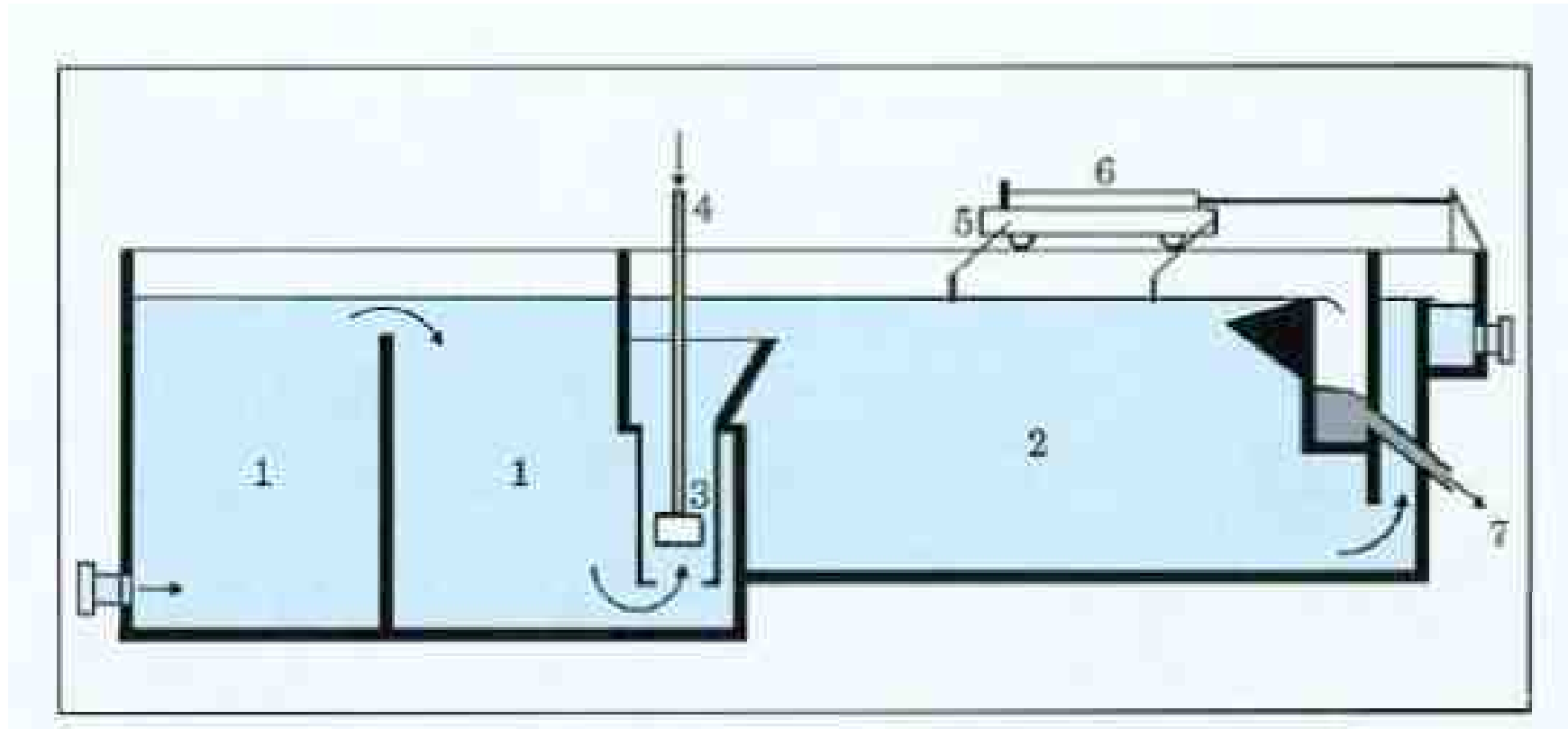
La mayor velocidad ascensional de las burbujas de mayor tamaño lleva a un tiempo de recorrido menor en el tanque de flotación y, por tanto, a una menor duración del efecto.

Además, una excesiva velocidad de las burbujas puede producir corrientes turbulentas que dificulten el desarrollo del proceso de flotación.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación

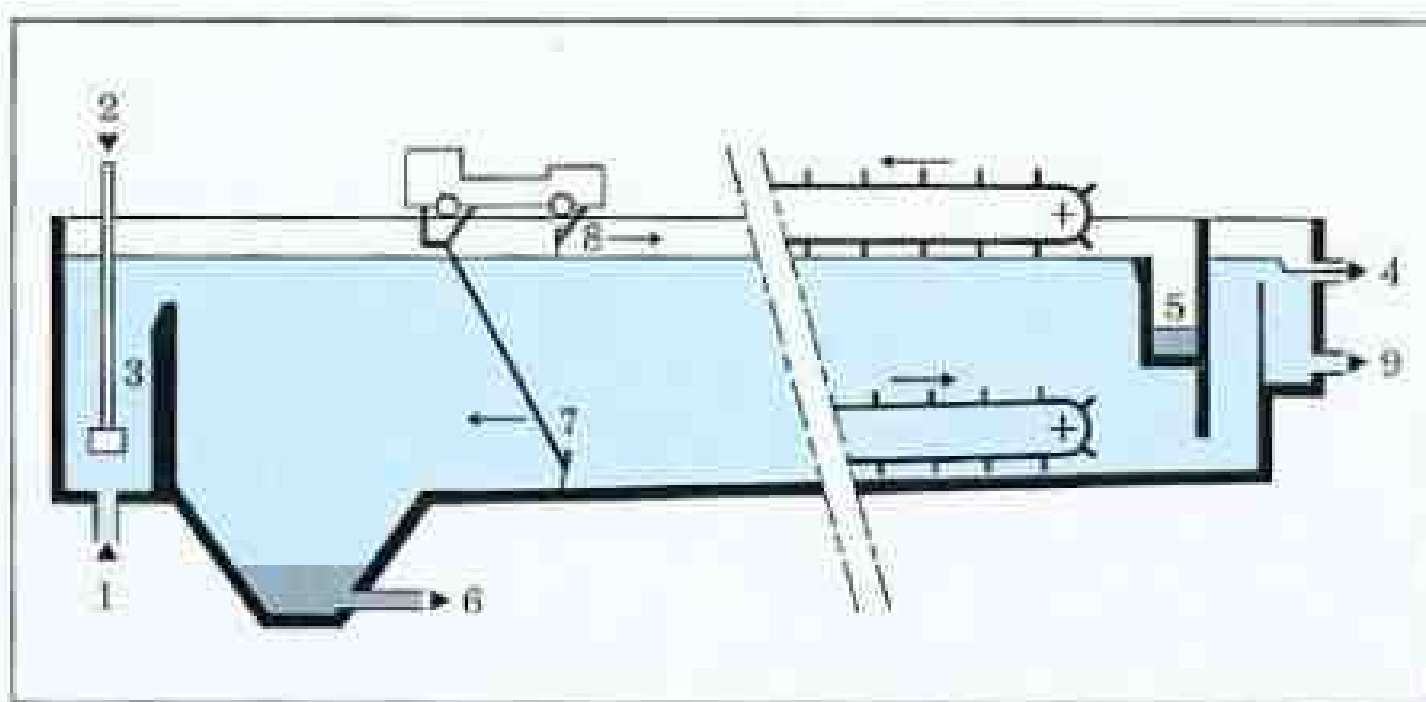


Flotazur P (Degremont)



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



- 1 - Raw water inlet.
- 2 - Pressurized water inlet.
- 3 - Mixing zone.
- 4 - Treated water outlet.
- 5 - Float outlet.

- 6 - Sludge removal.
- 7 - Bottom scraping.
- 8 - Surface skimming.
- 9 - Water recycled to pressurization.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



12. BIBLIOGRAFÍA

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

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.





ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



REFERENCIAS DE IMÁGENES

DIPOSITIVA PORTADA

[Imagen tomada de] “Decantadores”. *El agua potable. Decantación* [en línea]. Disponible en: <<http://www.elaguapotable.com/Decantador%20fondo%20p.Fangos.JPG>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 5

[Imagen tomada de] “Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz”. *Ecured* [en línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/images/c/c7/Hermann_von_Helmholtz.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 6

[Imagen tomada de] “El Potencial Zeta. Un Parámetro Clave de Vitalidad”. *Trivium* [en línea]. Disponible en: <http://www.homeopatia.ws/software%20homeopatia%20images/EI_Pot8.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 7

“Schematic showing the distribution of ions around a charged particle” [Imagen tomada de] “Automated protein characterization with the MPT-2 autotitrator”. *Pharmaceuticalonline* [en línea]. 27 de julio de 2005. Disponible en: <<http://images.vertmarkets.com/crlive/files/images/143f9d5a-7b4c-4170-9170-c732205f3139/MI1.jpg>>. [Consulta: 2 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIAPOSITIVA página 8

“Schematic representation of zeta potential” [Imagen tomada de] “Zeta potential measurement using laser Doppler electrophoresis (LDE)”. *Malvern* [en línea]. Disponible en: <http://www.malvern.com/labeng/technology/images/zeta_potential_schematic.png>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 9

“Distribución de tamaños de las partículas en el agua (Arboleda, 1982)” [Imagen tomada de] *Potencial Zeta como una herramienta para determinar la aglomeración de las partículas en la reducción del volumen del lodo a disponer* [en línea]. Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0150.pdf>>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 10

“Aspecto de la unidad básica de depuración, el flóculo. Muestra In vivo. 200x. Contraste de fases” [Imagen tomada de] “La depuración de las aguas residuales”. *Interempresas* [en línea]. Disponible en: <<http://img.interempresas.net/fotos/313090.jpeg>>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 11

“Floculación” [Imagen tomada de] “Glosario de purificación del agua”. *Plantas purificadoras de aguas* [en línea]. Disponible en: <http://www.plantaspurificadorasdeagua.net/imagenes3/g_floculacion.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIPOSITIVA página 14

“Proceso de floculación-defloculación-refloculación” [Imagen tomada de] “Metodología para el control de la floculación”. *Complutecno: Tecnologías de la Producción* [en línea]. Disponible en: <http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/imagenes/tec_cnegro1_1.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 16

[Imagen tomada de] “Jar Test”. *Fotolog* [en línea]. 17 de octubre de 2007. Disponible en: <http://sp2.fotolog.com/photo/2/36/55/g_a_t_e_a_n_d_o/1192650099_f.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 18

[Imagen tomada de] “Ensayo de coagulación Jar Test” [en línea] Disponible en: <http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/14_Ensayo_de_coagulacion.pdf>. [Consulta: 24 de mayo de 2013]

DIPOSITIVA página 19

“Flocculation” [Imagen tomada de] “Coagulation and Flocculation”. *Lesson 1: Wastewater Treatment* [en línea]. Disponible en: <<http://water.me.vccs.edu/courses/env108/changes/flocculation.jpg>>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 21

“Formación de flóculos con Bentonit” [Imagen tomada de] “El Proceso BEKOSPLIT”. *BEKO* [en línea]. Disponible en: <http://www.beko.de/fileadmin/pictures/bentonit_flocken.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIPOSITIVA página 24

[Imagen tomada de] “Método para la medición de la actividad floculante de la poliacrilamida (PAM) en un suelo”. *Dr. Calderón labs* [en línea]. Disponible en: <http://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis_Control_Calidad/PamTest2.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 26

“Curva de descenso de la superficie de interfase”. En: 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. Página 380

DIPOSITIVA página 27

[Imagen tomada de] “Decantation”. *Definitions. Part 3* [en línea]. Disponible en: <<http://chestofbooks.com/reference/Encyclopedia-Of-Practical-Receipts-And-Processes/images/10-Decantation-1.png>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 28

“Calduba1” [Imagen tomada de] “Calduba”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 30 de junio de 2010. Disponible en: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Calduba1.JPG>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

“Calduba4” [Imagen tomada de] “Calduba”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 30 de junio de 2010. Disponible en: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Calduba4.JPG>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIPOSITIVA página 29

“Decantador primario rectangular”. En: 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. Página 396

DIPOSITIVA página 30

“Decantador secundario circular con rasqueta de aspiración”. En: 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. Página 396

DIPOSITIVA página 31

“2ª Fase Ampliación de la Planta Potabilizadora de La Presa en Manises (Valencia)” [Imagen tomada de] “Obras hidráulicas”. *INCIVSA, S.L.* [en línea]. Disponible en: <http://webdemo.incivsa.es/img/images/decantador%202.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 32

“Clarificador vertical”. En: 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. Página 397

DIPOSITIVA página 33

“Clarificador circular”. En: 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. Página 397



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



“Clarificador horizontal de mecanismo sin fin”. En: 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. Página 397

DIPOSITIVA página 34

“Decantador vertical para aguas residuales” [Imagen tomada de] “Productos. Fraccaroli & Balzan”. *Directindustry* [en línea]. Disponible en: <http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/decantador-vertical-para-aguas-residuales-448653.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 35

[Imagen tomada de] “Megapost: cómo funciona una planta de tratamiento de efluentes cloacales”. *Taringa!* [en línea]. Disponible en: <http://i117.photobucket.com/albums/o44/carancho_photos/AySA%20Depuradora%20Norte/IMG_0774.jp>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 36

“Decantador estático cilíndrico-cónico”. En: 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. Página 399

DIPOSITIVA página 37

“Esquema puente decantador” [Imagen tomada de] “Raspado de los lodos. Puente decantador”. *EUROPELEC* [en línea]. Disponible en: <http://www.europelec.com/tl_files/client/images_contenus/Complement%20de%20gamme/pont_racleur.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIPOSITIVA página 38

“Esquema puente de succión” [Imagen tomada de] “Raspado de los lodos. Puente de succión”. *EUROPELEC* [en línea]. Disponible en: http://www.europelec.com/tl_files/client/images_contenus/Complement%20de%20gamme/pont_suceur.jpg. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 39

[Imagen tomada de] “Decantación primaria”. *Temario de depuración* [en línea]. Disponible en: <http://prueba2.aguapedia.org/master/formacion/edar/temario/tratam1/7.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 41

“Decantador PULSATOR”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Página 180.

DIPOSITIVA página 42

[Imagen tomada de] “Decantación. Tipos de decantadores”. *ETAP* [en línea]. Disponible en: <http://prueba2.aguapedia.org/master/formacion/etap/temario/img/13.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 43

“Decantador pulsator en ETAP de Letur” © Francisco Javier Pérez de la Cruz



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIAPPOSITIVA página 44

“Decantador SUPERPULSATOR”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Página 182.

DIAPPOSITIVA página 45

[Imagen tomada de] “Principio de la decantación lamelar”. *Sedimentadores de placas inclinadas. Metso* [en línea]. Disponible en: <[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/1ED8F8832BE48395C1256DB1004C4D1A/\\$File/IPS_ES.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/1ED8F8832BE48395C1256DB1004C4D1A/$File/IPS_ES.pdf)>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

“Ejemplos de potenciamentos con paquetes” [Imagen tomada de] “Decantador lamelar en obra civil”. *Intertramp, s.l.* [en línea]. Disponible en: <http://www.itp-depuracion.com/images/catalogo/paq_lamelar_obra_civil_02.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIAPPOSITIVA página 47

“Decantador ACCELATOR”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Página 176.

DIAPPOSITIVA página 48

“Decantador Accelator en ETAP de Torrealta” © Francisco Javier Pérez de la Cruz

DIAPPOSITIVA página 49

“Decantador TURBOCIRCULATOR”. En: DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Grafo, 1979. 1216 p. ISBN: 84-300-1651-1. Página 175.



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIAPPOSITIVA página 50

“Detalles de la zona de entrada de agua”. En: 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. Página 405.

DIAPPOSITIVA página 51

“Decantador secundario, se produce la separación de fangos. El rebosadero, permite la salida del agua depurada” [Imagen tomada de] “Tratamiento de las aguas residuales”. *Interempresas* [en línea]. Disponible en: <<http://img.interempresas.net/fotos/313087.jpeg>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

“Vertedero decantador” [Imagen tomada de] “EDAR bodegas Lan”. *Hideco. Equipos y tratamientos de agua* [en línea]. Disponible en: <<http://www.hideco.es/images/equipos/LAN33.jpg>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIAPPOSITIVA página 52

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. Página 407.

DIAPPOSITIVA página 53

“Vista general decantadores pulsator” [Imagen tomada de] *E.T.A.P. El Tojo – Santander (Cantabria)* [en línea]. Disponible en: <http://usuarios.arsystel.com/raulh/etap_santander/1017.jpg>. [Consulta: 3 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



“Decantador-floculador tipo Accelator” [Imagen tomada de] *E.T.A.P. Arriarán (Guipuzcoa)* [en línea]. Disponible en: <http://usuarios.arsystel.com/raulh/etap_arriaran/1015.JPG>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 64

“Flotazur P” [Imagen tomada de] GAVRILA, L. *Depoluarea efluentilor din industria alimentara si biotehnologii* [en línea]. Disponible en: <<http://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2011/03/depoluare-curs-071.pdf>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 65

“Flotazur L” [Imagen tomada de] GAVRILA, L. *Depoluarea efluentilor din industria alimentara si biotehnologii* [en línea]. Disponible en: <<http://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2011/03/depoluare-curs-071.pdf>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIPOSITIVA página 66 y sucesivas

[Imagen tomada de] “*Lunes de mitos: debes beber al menos 8 vasos de agua al día*” [blog] *Francesc Josep* [en línea]. 5 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.francescJosep.net/wp-content/uploads/2009/10/vaso_agua_herbalife1.jpg>. [Consulta: 3 de junio de 2011]

DIPOSITIVA página 68

“Decantador circular tracción central” [Imagen tomada de] “Juan Giménez Martínez”. *Construmática* [en línea]. Disponible en: <<http://www.construmatica.com/img/business/products/123258/decantadores.png>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 5. Decantación y flotación



DIAPOSITIVA página 70

[Imagen tomada de] “Clarifiers”. *Aqua Enviro Care* [en línea]. Disponible en:
<<http://aquaenvirocare.com/aqua%20enviro/images/clarifier.jpg>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 73

[Imagen tomada de] “Decantación”. *El agua potable* [en línea]. Disponible en:
<<http://www.elaguapotable.com/Decantador%20Accelerator.jpg>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]

[Imagen tomada de] “Decantación”. *El agua potable* [en línea]. Disponible en:
<<http://www.elaguapotable.com/decant3.gif>>. [Consulta: 3 de julio de 2011]