

## Pretratamientos / Aguas

MAGUA

2015 / 2016

PROFESOR/A  
Raúl Fernández



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, Nocomercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Obra de llegada y alivio de caudal</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Predesbaste. Pozo de gruesos</b> .....	<b>8</b>
3.1. Parámetros de diseño .....	8
3.2. Dimensionamiento de los equipos.....	9
3.3. Normas de diseño.....	9
<b>4. Bombeo de Agua bruta</b> .....	<b>11</b>
4.1. Tipos de bombas usadas habitualmente.....	11
4.2. Tipos de impulsores de bombas centrífugas .....	12
4.3. Normas generales de diseño .....	15
<b>5. Desbaste</b> .....	<b>17</b>
5.1. Fundamentos del proceso .....	17
5.2. Rejas.....	18
5.2.1. Clasificación de rejas .....	18
5.2.1.1 Rejas de limpieza manual .....	19
5.2.1.2. Rejas automáticas .....	19
5.2.2. Bases de diseño de instalaciones con rejas .....	22
5.2.3. Normas generales de diseño .....	24
5.2.4. Elementos de control .....	25
5.3. Tamices.....	27
5.3.1. Clasificación de tamices .....	27
5.3.2. Tamices estáticos.....	28
5.3.3. Tamices dinámicos o rotativos.....	29

5.4. Cantidad de residuos generados en el desbaste.....	31
5.5. Tipo de residuos.....	32
5.6. Localización del desbaste .....	32
5.7. Dilaceración .....	33
<b>6. Desarenado .....</b>	<b>34</b>
6.1. Objetivos del desarenado.....	34
6.2. Ubicación.....	35
6.3. Fundamentos del proceso.....	35
6.4. Tipos de desarenadores .....	36
6.4.1. Canales desarenadores.....	37
6.4.1.1. Dimensionado de los equipos.....	37
6.4.1.2. Normas generales de diseño.....	39
6.4.2. Desarenadores aireados.....	41
6.4.2.1. Parámetros de diseño .....	42
6.4.3. Desarenadores Vortex .....	43
6.4.3.1. Desarenadores Vortex mecánicos .....	43
6.4.3.2. Desarenadores Vortex inducidos.....	44
6.4.4. Desarenadores - desengrasadores .....	45
6.4.4.1. Parámetros de diseño .....	45
6.5. Evacuación y tratamiento de arenas .....	47
6.6. Tratamiento posterior de grasas y flotantes .....	48
<b>7. Unidades compactas de pretratamiento .....</b>	<b>49</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>50</b>

## 1. Introducción

El objetivo del Pretratamiento en una estación de Tratamiento de Agua es eliminar, reducir o modificar los componentes del agua bruta influente que pueden ocasionar problemas operativos a procesos aguas abajo o incrementar el mantenimiento de equipos aguas abajo.

Los componentes a eliminar en el Pretratamiento mayoritariamente consisten en sólidos de gran tamaño, textiles , sólidos inertes abrasivos (arenas), botellas, palos, piedras, trapos, espumas flotantes y grasas, etc....

Estos materiales ocasionan problemas de diferente índole a las instalaciones de depuración, pueden provocar la obstrucción de colectores, canales o tuberías, dañar equipos de bombeo, bloquear mecanismos en movimiento o atascar las purgas de las unidades, entre otros problemas. Si el problema se origina en una conducción enterrada, mecanismo inaccesible o unidad crítica, las consecuencias pueden ser muy graves para la planta depuradora.

Teniendo en cuenta todo lo indicado anteriormente, es evidente la importancia de su eliminación en la fase inicial del proceso de depuración.

Las operaciones de Pretratamiento que se incluyen en una EDAR dependen de la calidad del agua bruta a tratar (presencia de mayor o menor cantidad de sólidos, arenas, grasa, aceites, vertidos industriales, etc...), las variaciones tanto del caudal como de su carga, del tipo de tratamiento primario y secundario adoptado, del sistema de tratamiento de fangos empleado, de la importancia de la instalación, etc...

Como regla general, un pretratamiento incluye las siguientes etapas:

- Obra de Llegada y Alivio de Caudal.
- Pozo de gruesos. Predesbaste
- Bombeo de cabecera

- Desbaste
- Desarenado
- Desengrasado
- Homogeneización y regulación de caudales.

## 2. Obra de Llegada y Alivio de Caudal

Si a la depuradora llegan los colectores de agua bruta por gravedad, no existe un control del caudal máximo de llegada. La única limitación viene derivada de la capacidad hidráulica de las tuberías de llegada. Las depuradoras se diseñan para un caudal máximo hidráulico ( $Q_{max}$ ) que no puede superarse; el bombeo de cabecera está diseñado para ese caudal máximo. Usualmente,  $Q_{max} = 5 \cdot Q_{med}$

A la entrada de la EDAR se instala un alivio de caudal, normalmente mediante vertedero, diseñado para que no acceda a la EDAR más caudal que el que es capaz de tratar. El exceso de caudal puede derivarse a un tanque de tormentas o directamente by-passar la planta y verter a cauce.

Además, la depuradora tiene que poder ser aislada mediante elementos de cierre, que permitan sacarla de operación. En ese caso, todo el caudal influente se deriva por el alivio de caudal. Se suele colocar una compuerta, manual o automatizada a la salida de la obra de llegada para este fin.

La capacidad hidráulica del by-pass tiene que ser al menos igual que la capacidad hidráulica de los colectores de llegada, de modo que no se inunde la planta.

A la obra de llegada suele recircularse los retornos clarificados de la línea de tratamiento de fangos y el drenaje de la planta, por lo que se debe contar con un aumento máximo del caudal influente de hasta el 5%, dependiendo del tamaño de la instalación y la tecnología empleada.

Se debe instalar una arqueta de toma de muestras en la cámara de llegada. A veces con un tomamuestras automático.

A veces, la obra de llegada se une con el pozo de gruesos, aunque no es recomendable.

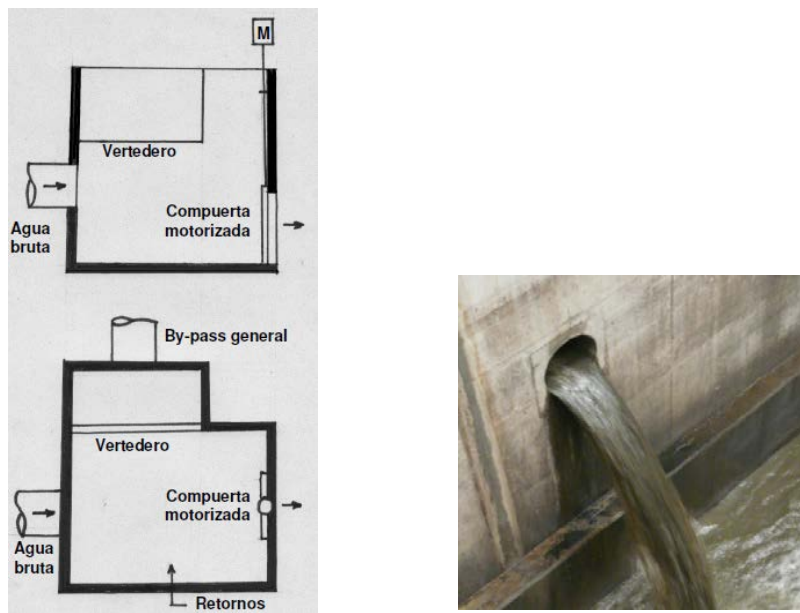


Figura 1. Esquema general obra de llegada

### 3. Predesbaste. Pozo de Gruesos

Este proceso se emplea en las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, aunque hay que indicar que su instalación no está generalizada.

En las redes de colectores de tipo unitario, en las que van conjuntamente aguas sanitarias y aguas de lluvia, en las épocas secas hay una cierta acumulación de arenas y sólidos de alta densidad, que con las primeras fracciones de lluvia son arrastradas hacia la depuradora, llegando estos elementos en esos momentos en cantidades muy importantes.

Por otra parte debido a obras, entrada por bocas de registro, sumideros, etc., es frecuente la llegada a las depuradoras de elementos de volumen elevado y alta densidad, como piedras, ladrillos, escorias etc.

Si se tiene en cuenta que los colectores discurren por debajo de la cota del terreno y con frecuencia a varios metros de profundidad, lo primero que se va a encontrar el agua a la entrada de la depuradora es una estación de bombeo, y la presencia de estos elementos puede causar graves problemas en los mencionados equipos.

Los pozos de gruesos, consisten en un pozo situado a la entrada del colector a la depuradora, con fondo tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas con el fin de concentrar los sólidos y arenas decantadas en una zona específica donde se puedan retirar de forma eficaz.

Los pozos de gruesos se fundamentan en la elevada diferencia de densidad entre el sólido a separar y el agua, lo que conlleva que caigan al fondo del mismo en un tiempo mínimo. Los sólidos retenidos en el pozo de gruesos se retiran mediante una cuchara bivalva hidráulica. Está cuchara pende de una viga con un polipasto eléctrico o puente grúa.

#### 3.1. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño de un pozo de gruesos son el Tiempo de Retención (TR) y la Carga Hidráulica (CH)



- TR entre 0,5 y 1 minutos
- CH entre 100 y 300 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) a Q<sub>max</sub>
- Calado del pozo >1,5 m

### 3.2. Dimensionado de los equipos:

El volumen del pozo de gruesos vendrá dado por:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = \frac{Q_{\text{max}} \text{ (m}^3\text{/h)} * \text{Tr (min)}}{60(\text{min/h})}$$

y la superficie del pozo de gruesos por:

$$S(\text{m}^2) = \frac{Q_{\text{max}} \text{ (m}^3\text{/h)}}{60(\text{min/h}) * \text{CH (m}^3\text{/m}^2 * \text{min)}}$$

De donde la profundidad pozo de gruesos será:

$$h(\text{m}) = \frac{\text{Vol(m}^3\text{)}}{S(\text{m}^2)}$$

### 3.3. Normas de Diseño:

- Las paredes laterales de los pozos de gruesos tienen una pendiente próxima a 60°.
- Tanto las paredes como la solera del fondo tienen embebidos perfiles metálicos con el fin de no dañar el hormigón en las operaciones de limpieza.
- Todo el material retirado por la cuchara bivalva se recoge sobre contenedor, del tipo de los utilizados para transporte de escombros de construcción, siendo conveniente realizar una serie de perforaciones en el fondo del mismo, para permitir el escurrido de los materiales extraídos.
- Todos los materiales separados en esta fase deben ser evacuados de la planta de forma diaria, con el fin de evitar posibles fermentaciones de la materia orgánica que sea arrastrada en la decantación de las arenas y, en consecuencia, generación de malos olores.

- o La limpieza del pozo debe ser periódica, una o dos veces al día en tiempo seco y siempre que se produzcan lluvias, con el fin de evitar su colmatación y que deje de ser efectivo como pre-desarenado.

El pozo de gruesos está comunicado con la cámara de bombeo. Se debe instalar una reja de muy gruesos antes de la cámara de bombeo, con el objetivo de proteger mecánicamente a las bombas de agua bruta. La luz de la reja de protección debe ser menor que el paso máximo de partículas de las bombas. Usualmente 80 - 100 mm. La velocidad de paso en esa reja debe ser alrededor de 1,5 m/s. Limpieza automática, depende de la profundidad, o manual (extracción de barrotes, cuchara bivalva, cepillo,...)



## 4. Bombeo de Agua Bruta

El objetivo es salvar la pérdida de carga generada por el tratamiento y permitir verter por encima de un determinado nivel, dado por avenidas, situación invernal, etc..

Se puede instalar tanto en cabecera de la instalación, como en posiciones intermedias, antes del primario o antes del secundario y previo a un tratamiento terciario. Incluso puede que no esté en la instalación de depuración, si los caudales llegan ya bombeados.

El número de bombas depende del tamaño de la instalación, de su criticidad, de las variaciones del caudal previstas, del origen del agua.... Normalmente no se ponen menos de tres unidades, una de ellas en reserva. La capacidad total del bombeo, sin contar reservas, será el  $Q_{max}$  de la planta.

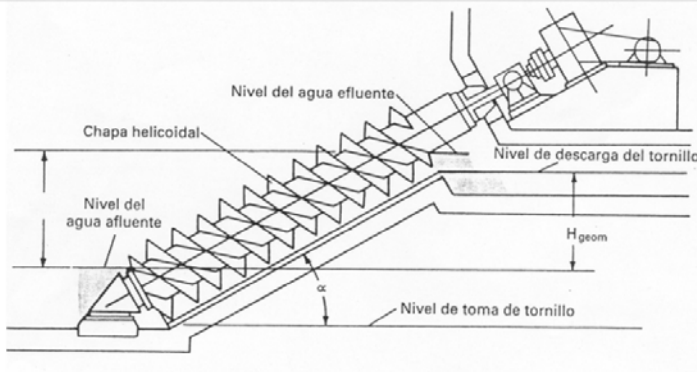
### 4.1. Tipos de bombas usadas habitualmente

- Tornillo de Arquímedes. Altura de elevación menor a 6 - 7 metros. Ventajas: No necesitan de foso previo, no requieren de pozos de toma amplios, funcionan a velocidades relativamente bajas (20 a 120 rpm) no precisan de regulación frente a variaciones de caudal. Como desventajas: gran inversión inicial, rendimiento inferior a las bombas centrífugas, limitación de altura hasta 6 -7 metros y dificultad para ubicarse en edificios cubiertos; mucho espacio.
- Bomba centrífuga horizontal en pozo seco. No se suelen instalar debido al alto coste de implantación, requieren de la construcción de una cámara seca contigua al pozo de succión, además complica la limpieza del pozo de succión. El mantenimiento de las bombas es más barato.

- Bomba centrífuga sumergible. Probablemente es la opción más utilizada en la actualidad. Se suelen utilizar de rodete abierto, ya que a pesar de tener un rendimiento bajo en comparación con otros rodetes, tienen muchos menos problemas de atascamiento.
- Bomba vertical (sumergible, entubada o de hélice). Son competitivas para grandes caudales y alturas de elevación bajas, hasta 7 metros. Problemas de abrasión si la cantidad de arenas es importante.



No es normal ni recomendable la utilización de bombas centrífugas en seco. Los costes de instalación son mucho mayores, ya que es necesario construir una cámara húmeda y una cámara seca. Además, los problemas derivados de atascos en las bombas por los sólidos presentes en el agua son mucho más difíciles de solventar.



## 4.2. Tipos de Impulsores de bombas centrífugas

El impulsor es la parte más importante de una bomba centrífuga. Mediante su giro aporta energía al agua. Dependiendo del tipo de agua, del caudal y la altura manométrica, del mantenimiento que se quiera dar a la bomba, se elige un tipo u otro.

Los tipos de impulsores adecuados para agua residual bruta son:

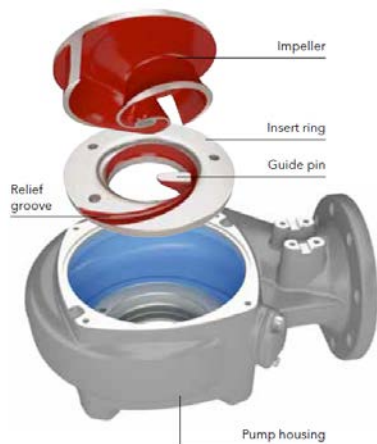
- Monocanal. Se caracterizan por un gran paso de sólidos. Mayor a 80 mm. Son robustos y con rendimientos aceptables.



- Vortex. Crea un vórtice en la voluta de la bomba, que mueve los sólidos sin que haya contacto con el impulsor. Son muy difíciles de atascar, pero su rendimiento es mucho menor al resto. Sólo para pequeños bombeos.



- Antiatacos. Su geometría evita los atascos, al cortar los sólidos entre el impulsor y la corona de corte. Buen rendimiento y pocos problemas de atasco.



- De flujo axial. Hace de propulsor, mueve el líquido a lo largo del tubo. Son válidos para poca altura manométrica y grandes caudales.



### 4.3. Normas generales de diseño

En caso de utilizar bombas sumergibles, éstas deben ser fácilmente extraíbles, con sistemas de elevación para extracción de los equipos en caso de avería o mantenimiento. El pozo de bombeo tendrá fácil acceso para facilitar su limpieza.

A la hora del diseño de un pozo de bombeo, se deben tener en cuenta varias reglas para el correcto funcionamiento de éste.

- El número máximo de arranques de la bomba, en función de la potencia de la bomba y las recomendaciones del fabricante.
- Tiempo máximo de retención del agua será de 60 minutos.
- Se debe asegurar un flujo regular a todas las bombas, evitando vórtices que hagan cavitación a las bombas.
- Se deberá poner pared tranquilizadora que evite que el flujo entre directamente contra las bombas.
- Respecto a los materiales, se suele utilizar fundición dúctil para la voluta, y fundición dúctil o una aleación de acero endurecido para el impulsor.

### 4.4. Elementos de control

El control de este bombeo se realiza por niveles dentro del pozo de bombeo.

Lo más usual es utilizar boyas, que arrancan y paran bombas en función de los niveles que se arrancan.

Al menos habrá los siguientes niveles:

Muy bajo. Paro de todas las bombas. Para la protección mecánica de las bombas, no deben trabajar nunca en seco ni con tan poco nivel de agua que pueda cavitación.

Alto. Arranque de una bomba.

Muy alto. Alarma. Para llegar a ese nivel de agua, algún elemento ha fallado.

En caso de fallo de una bomba, el sistema de control la parará y arrancará automáticamente la de reserva.

En algunas instalaciones se instalan variadores de frecuencia para controlar la velocidad de las bombas. En esos casos, además de boyas de muy alto y muy bajo, será necesario un transmisor de nivel del pozo de bombeo.



## 5. Desbaste

El desbaste se puede usar para eliminar grandes objetos que pueden dañar bombas o bloquear el flujo en canales y tuberías de la planta, o puede ser usado para retirar pequeños objetos, como un cabello humano, protegiendo equipos sensibles aguas abajo, como sistemas de membranas, filtros de telas o reactores biológicos con lecho suspendido, como IFAS o MBBR.

El paso de trapos o escombros hacia procesos aguas abajo es una de las más frecuentes causas de mantenimiento de los equipos y fallo, debido a impulsores atascados, tuberías atascadas con fango y escoria, y equipos rotatorios no equilibrados.

La materia flotante en procesos aguas abajo es un problema estético y un riesgo para la seguridad de los operadores, al eliminarla.

Según avanzan las tecnologías de depuración, los daños de equipos asociados con objetos inertes en el agua residual se van incrementando; por esta razón, se tiene a instalar desbastes con una luz de paso menor. Según la luz de paso va siendo menor, se elimina más cantidad de materia orgánica y es cada vez más importante instalar lavadores / compactadores de residuos, de modo que se pueda retornar la materia orgánica a la corriente de agua residual. De igual modo, a menor luz de paso, mayor pérdida de carga genera la instalación.

### 5.1. Fundamentos del proceso

El proceso de desbaste basa su operación en un principio físico bien simple: los sólidos con tamaño superior a la luz de paso del mecanismo quedarán retenidos y deben ser retirados, mientras que los que tienen un tamaño menor pasarán.

El desbaste puede realizarse mediante rejillas o tamices.

Las rejas consisten básicamente en un conjunto de barras metálicas de sección circular, regular, trapezoidal o en perfil de lágrima, paralelas y de separación uniforme entre ellas, situadas en un canal de hormigón, en posición transversal al flujo, de tal forma que el agua residual pase a través de ellas, quedando retenidos todos los sólidos presentes, con un tamaño superior a la separación entre barrotes.

Todas las barras de la reja se encuentran fijadas en un marco, con el fin de rigidizar el sistema.

El tamizado consiste en una filtración sobre un soporte delgado; o una placa perforada o una malla.

Usualmente se instalan varias etapas consecutivas de desbaste, de modo que la luz de paso se va reduciendo y se eliminan los sólidos de forma escalonada.

## 5.2. Rejas

### 5.2.1. Clasificación de rejas

Se clasifican las rejas en función de la separación entre los barrotes:

- Reja de gruesos. Luz de paso: mayor a 25 mm.
- Reja de medios. Luz de paso: 10 a 25 mm.
- Reja de finos. Luz de paso: 3 a 10 mm.

Aunque esta clasificación depende de cada autor.

Normalmente se instala una reja de gruesos y otra de finos a continuación. Es importante instalar al menos 2 etapas, si se instalase únicamente la reja de finos, la colmatación sería muy rápida y bloquearía el equipo. Las rejas de finos están siendo desplazadas últimamente por tamices, que permiten llegar a luces de paso menores.

La extracción de los residuos acumulados en las rejas puede llevarse a cabo de dos maneras: manual o automática.

#### 5.2.1.1. Rejas de limpieza manual

Las rejas de limpieza manual son instaladas en plantas urbanas de bajo caudal o industriales, estando el sistema utilizado basado en el empleo de un rastrillo con púas que se encastran en los espacios abiertos de las rejas. Con el fin de facilitar el trabajo de limpieza, el ángulo de la reja con el canal suele estar próximo a los 45-60°. Su longitud no debe exceder lo que pueda rastrillarse a mano.

La limpieza se hace mediante rastrillos, con los cuales periódicamente los objetos rastrillados se almacenan sobre una placa perforada, situada en el canal para su escurrido. Como la limpieza se hace periódicamente, cuando se alcanza un cierto grado de colmatación, la eliminación de la materia almacenada entre limpiezas puede dar como resultado un aumento brusco de la velocidad del agua a través de la reja, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento de retención de residuos. La limpieza manual tiene también el riesgo de que se provoquen estancamientos, bien por descuidos o bien por la llegada brusca de materias vegetales, especialmente si la reja tiene una separación entre barrotes menor de 20 mm. Es por ello que se necesita una especial vigilancia y la necesidad de calcular ampliamente la superficie para evitar limpiezas frecuentes y riesgo de atascamientos.

#### 5.2.1.2. Rejas automáticas

Las unidades de limpieza automática requieren una menor atención que las manuales, siendo preciso mantenerlas perfectamente ajustadas y lubricadas. En este tipo de rejas la limpieza se lleva a cabo mediante unos rastrillos que encastran entre los barrotes y se deslizan a lo largo de los mismos siendo arrastrados acoplados a cadenas sinfín, a un brazo basculante, cable de arrastre, etc. La velocidad de desplazamiento de los rastrillos viene fijada por el fabricante del equipo, siendo los valores generalmente adoptados entre 2 y 5 m / min. El sistema de limpieza automático de las rejas, lleva a cabo su función de forma discontinua, siendo actuado mediante un temporizador o bien por determinación de la diferencia de nivel del agua antes y después de la reja, lo que indica el grado de colmatación en que esta se encuentra.

En las rejas de funcionamiento automático, el ángulo del equipo con la solera del canal, suele estar entre 75-85°.

Hay muchos tipos de rejillas de limpieza automática, curvas, de cadena, de cable, peine único, múltiples peines, continuo, etc...

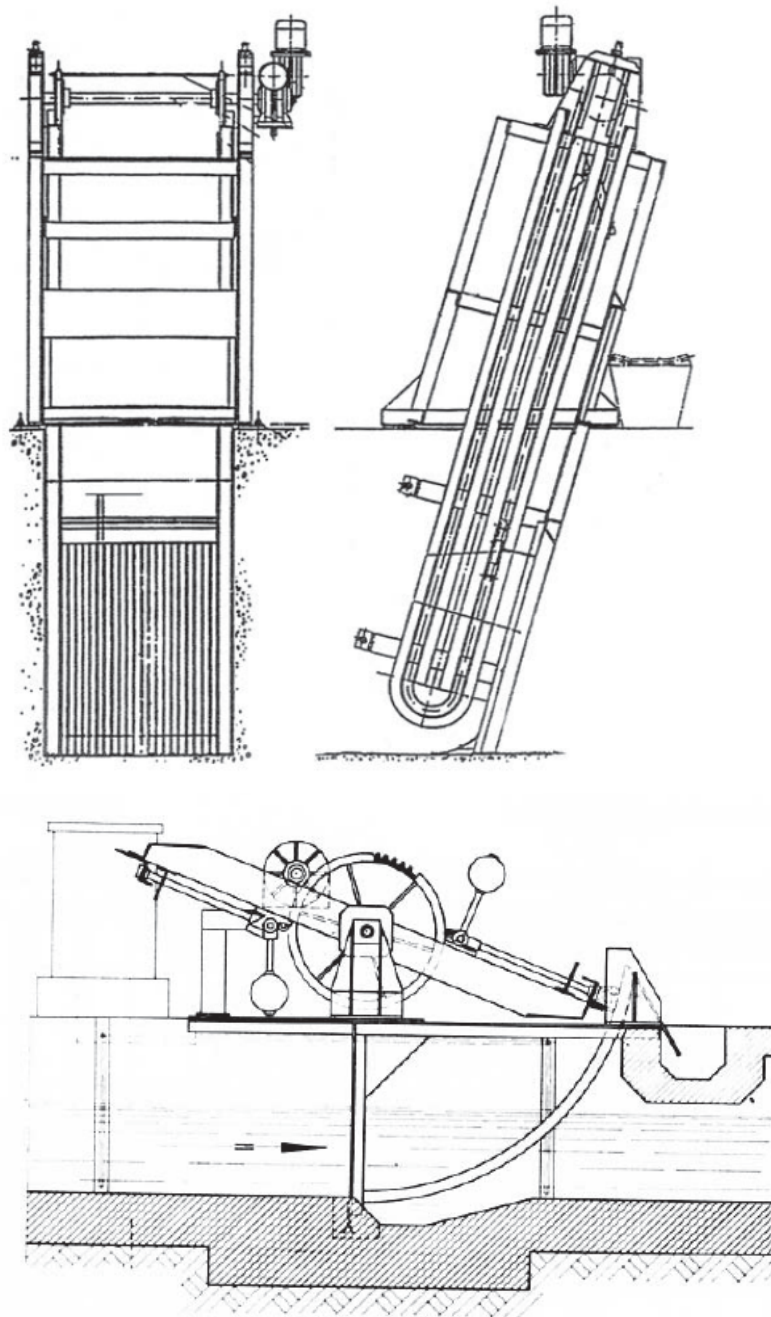
Las rejillas curvas de limpieza automática son de limpieza frontal. Consiste en uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que pivota alrededor de un eje horizontal. Son adecuadas para canales poco profundos, entre 0,4 y 2,0 metros. La altura del agua suele ser un 75% de la longitud del radio. Se efectúa la evacuación de los residuos a poca altura por encima de la lámina de agua. No son aptas para instalaciones de gran caudal.

Las rejillas rectas de limpieza automática son la mayoría de las que se montan actualmente. Están indicadas para canales de todas las profundidades. Varían en el sistema de limpieza que se considere.

En las rejillas mediante cadenas, el peine está sujeto a unas cadenas que lo elevan sobre la superficie de la rejilla. Presentan el problema de que las cadenas, siendo una parte móvil, se sumergen en el agua, lo que provoca frecuentes averías y dificultades de mantenimiento al tener que vaciar el canal cuando se necesita reparar los elementos sumergidos. Últimamente, las cadenas tienen a fabricarse en materiales plásticos.

En estas rejillas el mecanismo de limpieza puede instalarse por delante o por detrás de la rejilla. Si se instala por delante tiene la ventaja de que elimina mejor los sólidos retenidos y por tanto minimiza las veces que limpia la rejilla. En el sistema de limpieza desde atrás, tiene la ventaja de que el mecanismo móvil está sumergido en agua ya desbastada, por lo que sufre menos. Por el contrario, los peines deben ser más largos y la limpieza es menos eficiente.

Las rejillas de limpieza automática con cables, presentan la ventaja de que el único elemento que se sumerge en el agua residual es el cable, pero los problemas asociados al destensado de los cables y al arrollamiento de los mismos. Últimamente están cediendo terreno frente a las rejillas de cadenas.



### 5.2.2. Bases de diseño de instalaciones con rejillas

La velocidad del agua en el canal, la velocidad de paso por la rejilla y la pérdida de carga producida por las rejillas son los aspectos más importantes que deben tenerse en cuenta en el diseño de una instalación de desbaste.

Uno de los factores más importantes en el cálculo de estos equipos es la velocidad de paso del agua a través del mismo, ya que una velocidad elevada da lugar a una menor retención de los sólidos a eliminar por las turbulencias generadas, mientras que una velocidad demasiado lenta provocará decantaciones de arenas y otros sólidos en suspensión de alta densidad en el canal.

Se recomienda una velocidad de paso menor de 1 m/s a  $Q_{medio}$  y 1,4 m/s a  $Q_{max}$ , teniendo en cuenta un 30% de colmatación de la rejilla.

La velocidad de agua en el canal debe ser mayor a 0,3 m/s a  $Q_{med}$  y a 0,9 m/s a  $Q_{max}$  para evitar depósitos de arenas en la parte inferior del canal o de las rejillas.

Para el diseño de una rejilla, ya sea de gruesos o de finos, puede utilizarse la siguiente expresión:

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{3600(s/h)} * \frac{L(mm) + e(mm)}{L(mm)} * \frac{1}{C}$$

Siendo:

S: superficie, m<sup>2</sup>

Q: caudal, m<sup>3</sup>/h

V: velocidad de paso a través de la rejilla, m/s

L: luz o separación entre barrotes, mm

e: espesor del barrote, mm

C: coeficiente de colmatación, tanto por uno

La superficie debe calcularse para el caudal medio y máximo, con los parámetros indicados en las bases de diseño, adoptándose el mayor de los valores obtenidos.

Esta superficie correspondería con una reja colocada perpendicular a la solera del canal. Ahora bien, estos equipos se colocan formando un cierto ángulo con la vertical, siendo en consecuencia preciso calcular la superficie mojada.

$$S_{\text{mojada}}(\text{m}^2) = \frac{S(\text{m}^2)}{\text{sen}\alpha}$$

Siendo:

$\alpha$ : ángulo de la reja con la solera del canal

El coeficiente C de colmatación, representa la superficie libre de reja (en tanto por uno), para un grado de suciedad predeterminado. En plantas urbanas se considera en el cálculo un porcentaje de reja sucia del 30%, por lo que el valor de C en este caso es de 0,7.

El espesor de los barrotes depende del tamaño de las rejillas, de tal forma que le de la resistencia mecánica precisa para evitar deformaciones, variando desde 6 mm en las más pequeñas hasta los 12 mm en las de mayor tamaño. La pérdida de carga a través de la reja puede ser determinada a partir de la siguiente ecuación:

$$H(m) = \frac{V^2(m/s) - v^2(m/s)}{2 * g (m/s^2) * C}$$

Siendo:

H: pérdida de carga, m.c.a.

v: velocidad del agua en el canal, m/s

V: velocidad del agua de paso en la reja, m/s

g: gravedad, m / s<sup>2</sup>

C: coeficiente de colmatación

La pérdida de carga aumenta con el grado de colmatación de la reja, no debiendo superar los 150-200 mm.c.a.

### 5.2.3. Normas generales para el diseño

- o La instalación de las rejillas se lleva a cabo en un canal de sección rectangular, con fondo horizontal o ligera pendiente descendente en la dirección del flujo, y en un tramo recto, con el fin de conseguir que la velocidad de aproximación sea lo más homogénea posible, ya que la existencia de turbulencias en las cercanías de dichos equipos, puede hacer que la atraviesen sólidos que quedarían retenidos en otras condiciones.
- o En general se suele disponer un mínimo de dos unidades de rejillas, de modo que sea posible dejar una de ellas fuera de servicio para realizar las labores de mantenimiento. Si sólo se instala una unidad, es imprescindible incorporar un canal de by-pass con una reja de limpieza manual para su uso en casos de emergencia. Asimismo es necesario poder aislar cada uno de los canales y poder vaciarlos para poder llevar a cabo labores de



mantenimiento. Para ello se instalan compuertas de canal aguas arriba y aguas debajo de cada reja.

- Se debe dimensionar de modo que el caudal mínimo, la altura de lámina de agua aguas arriba de la reja no sea inferior a 15 cm.
- La instalación debe realizarse de tal forma que disponga de accesos fáciles para la evacuación de la basura que quede retenida en la reja y se almacena en los contenedores de residuos correspondientes.
- Sistema de transporte de las basuras desde la reja al contenedor, prensa, etc. generalmente mediante cintas transportadoras. Se recomienda la instalación de compactadores de basura, sobre todo cuando la luz de paso es inferior a 5 mm
- El material de las rejillas habitualmente es acero al carbono o inoxidable. Los elementos de acero al carbono deberán estar pintados con dos capas de imprimación y dos de pintura epoxi bituminosa.
- Hay que tener en cuenta que en esta zona de la depuradora y sobre todo en verano con altas temperaturas, puede producirse una generación de olor desagradable importante, lo que lleva consigo en ocasiones a su instalación en recintos cerrados con sistema de extracción y tratamiento de olores. Por esta misma razón, la evacuación de residuos debe hacerse diariamente.

#### 5.2.4. Elementos de control

El automatismo de limpieza de las rejillas suele hacerse con las siguientes estrategias de control:

- Limpiezas temporizadas
- Limpiezas por pérdida de carga máxima admisible. Teniendo en cuenta la altura de lámina de agua aguas arriba y aguas debajo de la reja.
- Combinación de ambos criterios. Lo más usual.

Los motores de las rejillas deben estar protegidos por limitador electrónico de para para evitar daños al motor si se atasca algo.

El funcionamiento de las unidades de evacuación de residuos debe estar coordinado con las rejillas.

### 5.3. Tamices

Los tamices, al igual que las rejillas, son equipos para la eliminación de sólidos en suspensión de gran tamaño, consistentes en hacer pasar el agua a través de una placa perforada con ranuras o perforaciones de 1,0 a 3 mm. o bien por una malla de acero inoxidable, con luz entre 0,5 y 2 mm.

Estos equipos tienen una capacidad de eliminación de basuras mucho más elevada que las rejillas. Hay que tener en cuenta que en función del paso establecido se pueden lograr los siguientes rendimientos:

- Retención de DBO 10 - 15%
- Retención de S.S. 15 - 25%
- Retención de arenas 10 - 80%

Un aspecto muy importante en la selección de estos equipos es la elevada pérdida de carga que ofrecen en comparación con las rejillas, que puede llegar a suponer de 0,5 a 2,0 mca en función del tipo y del paso seleccionado.

El empleo de este tipo de equipos, es muy aconsejable en el tratamiento de determinadas aguas industriales, como pueden ser mataderos, fábricas de cerveza, industrias de fermentación y en general aquellas aguas industriales con alto contenido en sólidos en suspensión de tamaño de partícula próxima a 1 mm o superiores.

Actualmente se está generalizando su uso como desbaste de finos en las depuradoras nuevas o remodeladas.

#### 5.3.1. Clasificación de tamices

Los tamices pueden ser:

- De disco o tambor, no utilizados en tratamientos de aguas en la actualidad.
- Estáticos de superficie curva, denominadas en muchas ocasiones microtamices.

- Dinámicos o rotativos con sistema de limpieza automática.
- De superficie móvil.

### 5.3.2. Tamices estáticos

Los microtamices o tamices estáticos no tienen ninguna parte móvil y por la geometría de colocación de la malla, son autolimpiantes.

La luz de paso de la malla de estos equipos varía generalmente entre 0,5 y 2,0 mm y unas superficies filtrantes con anchuras que varían desde 0,3 hasta 1,8 m, con una capacidad de tratamiento entre 400 y 1.200 l/m<sup>2</sup>\*min, dependiendo de la luz y del tipo de sólido a eliminar.

El agua residual a tratar se introduce en un compartimento posterior del equipo, que por rebose se desliza a través de la superficie filtrante donde tiene lugar la tamización o separación de los sólidos.

El núcleo fundamental de la unidad es el conjunto de barras o hilos del tamiz.

La disposición de los alambres transversales con curvas sinusoidales en el sentido del flujo proporciona una superficie relativamente no atascable con alto poder de filtrabilidad.

La gran ventaja de este tipo de tamices es:

- Mantenimiento mínimo.
- No tienen consumo energético.

Se usa en pequeñas plantas. La gran desventaja es la alta pérdida de carga que genera su uso.

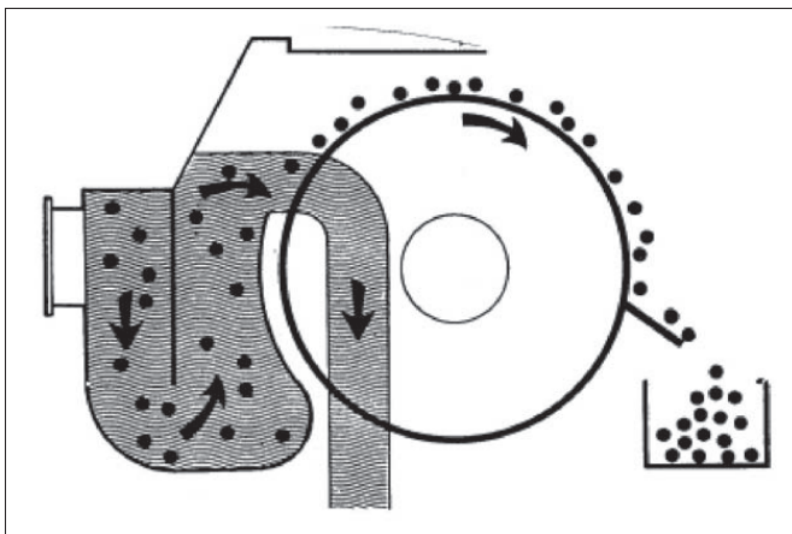
### 5.3.3. Tamices dinámicos o rotativos

Los tamices dinámicos tienen una capacidad de tratamiento superior a los estáticos, siendo mecánicamente más complejos y de coste más elevado.

Estas unidades en la actualidad se están utilizando, además de para los fines indicados anteriormente, para el tamizado de fangos urbanos antes de su espesado, con el fin de eliminar la presencia de sólidos de tamaño medio y que ocasionarían graves problemas en los digestores.

Los tamices dinámicos están formados por un cilindro cuya virola está formada por una malla de inoxidable a través de la cual fluye el agua residual, quedando retenidos sobre la superficie los sólidos en suspensión a eliminar. Al girar el cilindro, extrae del agua los mencionados sólidos, que son arrastrados por la superficie del tamiz y separados posteriormente mediante una rasqueta.

La capacidad de tratamiento de los tamices dinámicos es superior a la de los estáticos, siendo la luz de la malla utilizada entre 0,5 a 1,5 mm.



#### 5.3.4. Tamices de superficie móvil

En los tamices de superficie móvil, esta se va desplazando de abajo arriba, formando una banda continua, existiendo diferentes modelos en el mercado, siendo instalados al igual que las rejillas en canal. La parte inferior del tamiz es la que está sumergida en el agua residual, el resto se encuentra emergido.

El paso de luz en estas unidades, es mayor que en los tamices estáticos y dinámicos, variando entre 1 y 4 mm.

Los tamices de superficie móvil son los que más se están desarrollando hoy en día.

Dentro de ellos, cada fabricante introduce sus propias modificaciones, en la forma de la limpieza, la inclinación del tamiz, etc...

Se pueden distinguir los de banda continua con mecanismo de limpieza en el tope, los de dientes distribuidos a lo largo del tamiz, los de escalera, los de tambor inclinado, etc...

Según desciende la luz de paso permitida para el tamiz, se va haciendo más necesaria la instalación de tomas de agua a presión para su limpieza en contracorriente.

También existen tamices especiales para rebosaderos. Se utilizan sobre todo para los aliviaderos de caudales de tormenta, para asegurar que el agua se alivia sin contenido de sólidos. Dado que en situación de tormenta la cota de la lámina de agua influente sube, se usa esta elevación para que el tamizado se realice por gravedad sin problemas de pérdida de carga.

En el caso de los tamices no existen fórmulas generales de diseño, siendo equipos con patentes de cada fabricante, ellos son los que dan las pérdidas de carga estimadas y los caudales que pueden tratar.

## 5.4. Cantidad de residuos generados en el desbaste

La cantidad de basura eliminada en el proceso de desbaste de una planta depuradora urbana, vendrá determinado entre otros por los siguientes factores:

- Tipo de red de colectores existente.

Las redes de colectores en una ciudad pueden ser unitarias si recogen el agua pluvial y las aguas residuales en una sola red, separativa si están ambas redes separadas o mixta si se dan en parte. En general lo más común debido a la antigüedad de los sistemas colectores de las ciudades es que sean unitarias.

En las redes de colectores unitarias, el volumen de basuras retiradas es considerablemente superior a las redes separativas.

- Tipo de área servida.
- Luz de paso del agua a través del equipo utilizado, siendo la cantidad retirada mayor, a medida que disminuye la luz de la unidad.
- Cuando la red de colectores es de tipo unitaria, la cantidad de residuos aumenta considerablemente en los momentos de tormentas o fuertes aguaceros, debido a los arrastres que estas ocasionan.

Se utilizan datos empíricos. Se anexa tabla del MOP8.

En España, según CEDEX, se pueden adoptar como valores normales los siguientes:

- Para rejas gruesas (con separación entre barrotes entre 20 y 60 mm), de 2 a 5 litros / habitante año.
- Para rejas finas (con separación entre barrotes ente 6 y 12 mm), de 5 a 15 litros / habitante año.
- Para tamices (con separación entre 2 y 6 mm) de 15 a 40 litros / habitante año.

## 5.5. Tipo de residuos

Normalmente los residuos generados en el desbaste se asimilan a basuras municipales y se almacenan en contenedores adecuados para la gestión municipal.

Normalmente, los residuos extraídos por rejillas o tamices se descargan sobre bandas transportadoras o tornillos transportadores que los vierten sobre los contenedores. En instalaciones importantes, y cada vez más, se instalan prensas compactadoras que:

- reducen el volumen de basuras a gestionar, lo que reduce su coste
- reducen el agua, que devuelven a proceso

## 5.6. Localización del desbaste

Según la instalación, la localización del desbaste varía en la línea de proceso de la planta. En general las rejillas pueden ser colocadas aguas arriba o aguas debajo del bombeo de cabecera, porque la mayoría de las bombas de agua bruta son capaces de bombear sólidos hasta un cierto tamaño. Las rejillas se colocan aguas arriba del desarenador.

Cuando se utilizan tamices de finos, éstos se deben colocar aguas abajo del desarenador.

Debido a las operaciones llevadas a cabo en el desbaste, se generan malos olores. Dependiendo de la ubicación de la planta depuradora, se recomienda la instalación del desbaste dentro de un edificio y la desodorización del mismo, o simplemente la desodorización de las unidades, manteniéndolas al aire libre.



Cada vez más, se construyen los desbastes dentro de edificios, ya que además, reducen el impacto visual de la planta. Siempre que el desbaste esté dentro de un edificio éste debe ser bien ventilado, por la posible acumulación de ácidos tóxicos y corrosivos.

## 5.7. Dilaceración

Los dilaceradores o trituradores, son dispositivos montados en canal, que permiten el paso del agua residual y los sólidos gruesos presentes son troceados, hasta reducirlos a un tamaño tal que sean arrastrados por el agua y que no causen problemas en el resto de la planta depuradora. De acuerdo con lo indicado anteriormente, estos equipos no eliminan las basuras presentes en el agua residual, sino que las acondicionan para su eliminación posterior por decantación como sólidos en suspensión, lo que lleva consigo un aumento considerable de los mismos y de la DBO en el caso de que el sólido se componga de materia orgánica biodegradable, y en consecuencia un aumento del tamaño de los procesos posteriores así como del tratamiento de fangos. Por este motivo la instalación de estas unidades en plantas depuradoras urbanas generalmente no son admitidas. La única ventaja que presentan es la no generación de basuras en la planta depuradora. Debido a los problemas mecánicos que se pueden presentar en el funcionamiento de los dilaceradores, es imprescindible el disponer de una unidad de reserva, o bien disponer en paralelo de una reja, generalmente de tipo manual.

## 6. Desarenado

El desarenado consiste en un proceso en el que se produce una separación por decantación diferencial o selectiva, de todas aquellos sólidos en suspensión de densidad elevada (compuestos inorgánicos), impidiendo la sedimentación de la materia en suspensión de baja densidad (de naturaleza orgánica).

Las partículas de naturaleza inorgánica eliminadas en este proceso, son conocidas con el nombre genérico de arenas, incluyendo en dicha denominación otros productos presentes en el agua residual, como pueden ser escorias, gravas, cáscaras de huevo, objetos metálicos, etc.

La característica fundamental de estos elementos inorgánicos separados en este proceso es que son totalmente estables, lo que conlleva que no se van a generar descomposiciones posteriores de los mismos.

Estas unidades en sus diferentes versiones, son utilizadas en todas las plantas depuradoras urbanas, no siendo de utilidad de forma general en las depuradoras de aguas industriales. Dentro de la industria se pueden encontrar en las azucareras en el tratamiento de las aguas de arrastre y transporte de la remolacha.

Los desarenadores eliminan todos aquellos sólidos en suspensión, con un peso específico igual o mayor de 2,65 y un tamaño de partícula superior a 0,15-0,2 mm.

### 6.1. Objetivos del desarenado

Entre los fines más importantes encomendados al proceso de desarenado, se encuentran los siguientes:

- Evitar problemas de abrasión en los equipos mecánicos, al tratarse las arenas de compuestos de elevada dureza, aumentando con ello la vida de los diferentes equipos de la planta y en consecuencia la vida útil de la depuradora.
- Eliminar deposiciones en canales y tuberías.
- Evitar la presencia de sólidos inertes en la línea de tratamiento de fangos.
- Mayor facilidad de evacuación de la planta depuradora, al tratarse de sólidos inertes, y poder ser su destino final los vertederos de inertes.
- Su no retirada en esta operación, supondría su eliminación con los fangos primarios, depositándose en el fondo de los digestores, dando lugar a operaciones de limpieza engorrosas además de ocupar volumen inútilmente.

## 6.2. Ubicación

En las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, el proceso de desarenado se suele instalar a continuación del desbaste, con el fin de eliminar los sólidos en suspensión de densidad elevada, por los graves problemas que estos contaminantes pueden ocasionar a las instalaciones. Parece obvia la colocación de desbaste y desarenado previo al bombeo de agua bruta para proteger los equipos, sin embargo, dado el desarrollo de la resistencia de las bombas, y razones de tipo operacional y económicas, normalmente se coloca el desarenado aguas abajo del bombeo, sobre todo en los casos en los que los colectores llegan por gravedad a gran profundidad.

## 6.3. Fundamentos del proceso

El estudio teórico del desarenador está relacionado con los fenómenos de sedimentación de partículas granuladas no floculantes. Las partículas sedimentan independientemente unas de otras, no existiendo interacción significativa entre las más próximas. El estudio de las velocidades de sedimentación se puede realizar utilizando las fórmulas de Stokes (en régimen laminar), de Newton (en régimen turbulento) y de Allen (en régimen transitorio).

En la práctica se pueden tomar como base los datos válidos en sedimentación libre para partículas de arena de densidad 2,65, para una temperatura del agua residual de 15,5°C y para una eliminación del 90%:

Diámetro de Partículas eliminadas	Velocidad de Sedimentación
0,150 mm	40 - 50 m/h
0,200 mm	65 - 75 m/h
0,250 mm	85 - 95 m/h
0,300 mm	105 - 120 m/h

Los desarenadores se diseñan para extraer partículas de arena de tamaño superior a 0,200 mm, con un peso específico medio de 2,65, con un porcentaje medio de eliminación del 90%. No obstante, a veces se diseñan para eliminar partículas de menor diámetro, cuando la cantidad de éstas se supone que puede ser significativa. Si el peso específico de la arena es sustancialmente menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las expuestas.

Las aguas residuales contienen materias orgánicas de granulometrías importantes, que sedimentan con la misma velocidad que las partículas de arena y que no interesa su extracción. Este problema se evita con el llamado "barrido o limpieza de fondo". Se explica por el hecho de que existe una velocidad crítica del flujo a través de la sección, por encima de la cual las partículas de un tamaño y densidad determinadas, una vez sedimentadas, pueden de nuevo ser puestas en movimiento y reintroducidas en la corriente. Para partículas de 0,200 mm de diámetro y peso específico de 2,65, la velocidad crítica de barrido es de 0,25 m/s, adoptándose en la práctica a efectos de diseño una velocidad de 0,30 m/s. Manteniendo esta velocidad se consigue que las arenas extraídas tengan un contenido de materia orgánica menor del 5%.

## 6.4. Tipos de desarenadores

#### 6.4.1. Canales desarenadores.

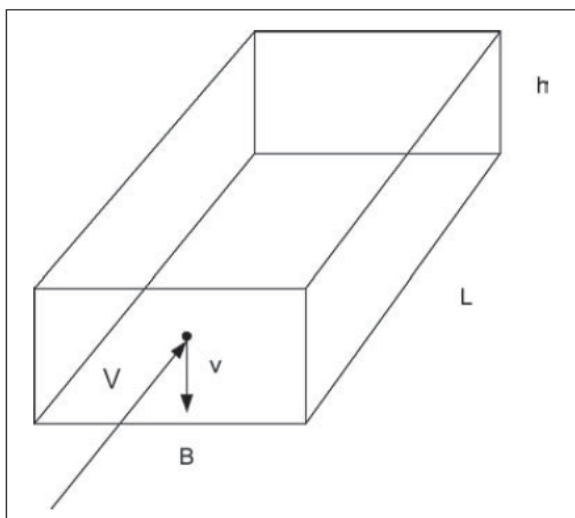
Los desarenadores de flujo horizontal más sencillos, consisten en hacer pasar el agua residual a través de un canal, de dimensiones apropiadas que mantenga la velocidad del agua en un valor próximo a 0,3 m/seg.

A esa velocidad se produce la decantación de las arenas en el fondo del canal, manteniendo en suspensión por arrastre los sólidos en suspensión de menor densidad, la materia orgánica.

Como es conocido, en las plantas depuradoras urbanas, el caudal varía de forma importante a lo largo del día, surgiendo el problema de mantener constante la velocidad en el canal.

Un desarenador de flujo horizontal, consiste en un canal rectangular de longitud adecuada, que permita la decantación de las arenas.

Las partículas sólidas están sometidas a dos velocidades: de arrastre por la velocidad del agua y de caída por su densidad.



ESQUEMA DE UN DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL.

##### 6.4.1.1. Dimensionado de equipos

La superficie transversal del desarenador será:

$$S_t(\text{m}^2) = \frac{Q[\text{m}^3/\text{s}]}{V[\text{m}/\text{s}]} = B(\text{m}) * h(\text{m})$$

Siendo:

St: superficie transversal, m<sup>2</sup>

Q: caudal a tratar, m<sup>3</sup>/ s

V: velocidad longitudinal, m/ s

B: anchura del canal, m

h: altura de la lámina de agua, m

El tiempo que una partícula tarda en caer será:

$$T(\text{s}) = \frac{h(\text{m})}{v(\text{m}/\text{s})}$$

donde:

T: tiempo, s

h: altura lámina agua, m

v: velocidad de caída de la partícula, m/s

La longitud teórica del equipo será:

$$L(m) = T(s) * V(m/s)$$

donde:

L: longitud teórica, m

T: tiempo, s

V: velocidad longitudinal, m / s

De donde

$$L(m) = \left( \frac{h(m)}{v(m/s)} \right) * V(m/s)$$

Como se observa, la altura de la lámina de agua, va a determinar la longitud de la unidad.

Debido a las turbulencias que se producen a la entrada y salida del canal es preciso incrementar la longitud teórica. Generalmente se utiliza un coeficiente de mayoración entre 1,25 y 1,50.

Este tipo de equipos, se utilizan solamente en plantas muy pequeñas, siendo el sistema de limpieza manual, por lo que es preciso que cada uno de los canales sea de dimensiones reducidas y existan unidades en reserva.

*En el diseño de estas unidades, comienza fijando la velocidad de paso del agua a través del desarenador.*

• <i>Peso específico de partículas a eliminar:</i>	<i>&gt;2,65</i>
• <i>Tamaño de partícula</i>	<i>&gt;0,2-0,15 mm</i>
• <i>Velocidad en canal(V)</i>	<i>0,25-0,35 m /seg</i>
• <i>Velocidad de decantación (v)</i>	<i>0,018 m/seg</i>
• <i>El tiempo de retención del agua en el desarenador</i>	<i>45-90 seg</i>
• <i>La relación anchura /profundidad del canal</i>	<i>1 y 2,5</i>
• <i>Factor de compensación de la longitud por turbulencia</i>	<i>1,25-1,5</i>

#### 6.4.1.2. Normas generales de diseño

En el caso de que las dimensiones del desarenador sean elevadas, se utilizarán unidades múltiples.

- La forma de limpieza de estos equipos es manual, debiendo preverse como mínimo una unidad de reserva.
- En la implantación del sistema hay que tener en cuenta disponer de acceso para facilitar la evacuación de la arena.
- Entre los sistemas empleados para mantener la velocidad constante y compensar las variaciones de caudal, se encuentran entre otros:
  - Utilización de canales múltiples.
  - Empleo de vertederos proporcionales.

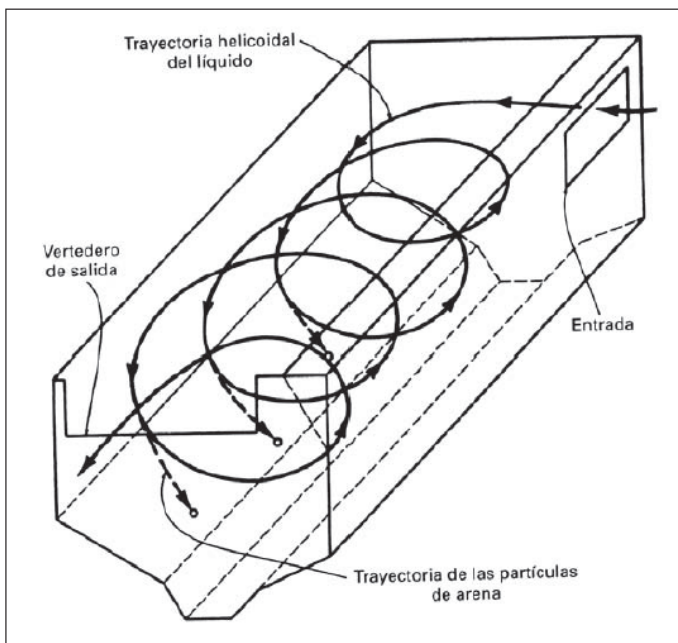
Debido al problema de la variación de la velocidad, que va a dar lugar a deposiciones de materia orgánica si la velocidad es menor de la prevista por disminución del caudal, o arrastre de partículas ya decantadas por aumento del caudal, la efectividad de este sistema no es óptima por lo que como ya se ha indicado con anterioridad, solo se utilizan en plantas depuradoras urbanas de pequeño tamaño.



#### 6.4.2. Desarenadores Aireados

En plantas urbanas de capacidad media o alta, se usan habitualmente desarenadores aireados, que por su configuración no se ven afectados por las variaciones del caudal, y se obtiene una arena con un grado de lavado importante.

Estas unidades consisten en un canal de geometría determinada, como el indicado en la figura adjunta, que disponen de un colector provisto de difusores que crean un movimiento de tipo helicoidal al agua a su paso por el equipo.



En los desarenadores aireados, el aire es introducido a lo largo de uno de los lados, cerca del fondo, causando un patrón de velocidad en espiral en el agua residual en su recorrido a lo largo del tanque. Las partículas más pesadas, con una velocidad de sedimentación mayor por tanto, caen en el fondo, y el giro del agua mantiene en suspensión las partículas orgánicas, más ligeras, sacándolas del tanque.

El aire es introducido en el tanque mediante difusores de burbuja media o gruesa, o jets. El giro inducido por la introducción del aire es independiente del flujo de agua a través del tanque, lo que permite a los desarenadores aireados operar con efectividad en un amplio rango de caudales controlando la inyección del aire.

El aire inyectado, además de su papel motor cumple otras funciones:

- Mantiene el agua aireada, lo que evita malos olores por condiciones anaerobias.
- Favorece la separación de las partículas orgánicas que pudieran quedar adheridas a la arena, logrando extraer unos sólidos inertes mucho más limpios.

Para mejorar el control hidráulico del sistema y la eficacia en la eliminación de arenas, se suelen utilizar deflectores, tanto a la entrada como a la salida del agua.

Las partículas pesadas decantadas en el fondo del desarenador (arenas) son retiradas del fondo mediante diversos métodos: bombas de arenas, air-lifts o tornillos transportadores. Lo más común es el empleo de bombas especiales para arenas, colocadas sobre un puente que barre toda la longitud del desarenador y vierte las arenas sobre un canal longitudinal al desarenador.

En la actualidad, se diseñan los desarenadores con menor velocidad de giro del agua, lo que permite que en superficie se produzca un desengrasado, lo que conlleva a su vez que por el fondo se deposite con las arenas ciertas cantidades de sólidos en suspensión de carácter orgánico. Para obtener una arena limpia, la arena extraída del desarenador se introduce en un lavador (clasificador) de arena donde se elimina la posible materia orgánica depositada. Las aguas de lavado se envían a cabecera de planta.

#### 6.4.2.1. Parámetros de diseño

Carga Hidráulica: <70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h (para Q<sub>max</sub>)

Velocidad horizontal: <0,15 m/s

Tiempo de retención: 3-5 min (para Q max) Con 3 minutos a Q<sub>max</sub> es suficiente para eliminar suficiente % de arenas en un tanque con la geometría adecuada. Tiempos de retención mayores se usan si se persigue la eliminación de arenas finas o si se debe controlar los olores en el resto del

proceso, proporcionando una preaireación y eliminación de COVs. No es extraño encontrar valores de hasta 10 - 15 min.

Relación longitud - anchura: 3:1 a 6:1 (usualmente 4:1). Cuanto más alargado el tanque mejor eliminación de arena se logra. En relaciones más cuadradas hay que tener cuidado con los cortocircuitos, usando deflectores.

Relación anchura - profundidad: 1:1 a 5:1 (usualmente 1,5:1)

Profundidad: 2 - 5 m

Suministro de aire: 12 a 36 Nm<sup>3</sup>/h m de longitud de canal (usualmente 30) Los valores inferiores se utilizan para tanques poco profundos y estrechos, mientras que valores mayores de 0,5 se usan para tanques anchos y profundos.

Pendiente del fondo :30°. Se recomienda para asegurar un movimiento rápido de la arena en el fondo del equipo y prevenir la reentrada de la arena fina en la espiral. Una pendiente inadecuada es un error común en estos diseños.

### 6.4.3. DESARENADORES VORTEX

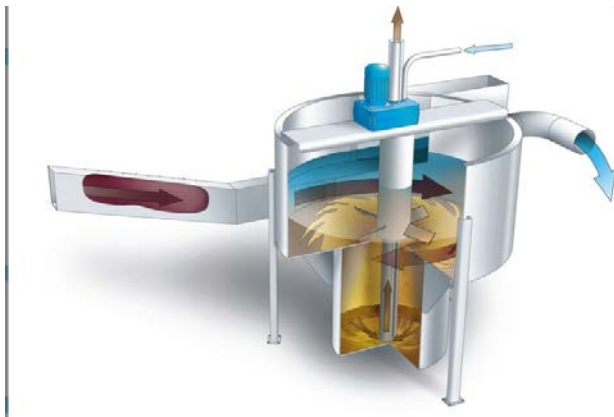
Estos equipos se están imponiendo últimamente, por sus menores dimensiones, buen rendimiento, bajo consumo y bajo mantenimiento.

#### 6.4.3.1. Desarenadores Vortex Mecánicos

La forma del equipo obliga al agua influente a seguir una trayectoria circular tipo vortex dentro de un tanque circular de corto tiempo de retención, de forma que las partículas de arena decantan en la tolva central. La forma hidráulica del equipo es fundamental para asegurar un flujo suave en la entrada, evitando turbulencias. Al final de la zona de entrada la rampa hace que la arena, que había bajado a la parte inferior de la corriente, pierda velocidad y caiga hacia el centro de la tolva. En el centro de la cámara, unas paletas rotativas de velocidad ajustable mantienen una circulación dentro de la cámara impidiendo que las partículas orgánicas sedimenten junto con la arena.

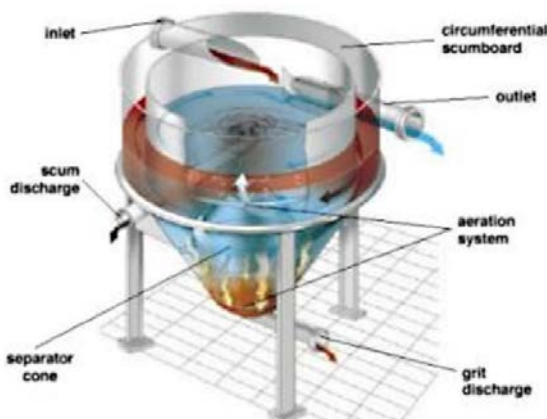
Periódicamente la arena es extraída mediante bombas de succión por la columna central, un chorro de agua a presión ayuda a sacar la arena y limpiar el fondo.

La velocidad de entrada al equipo debe estar entre 0,6 y 0,9 m/s. El tiempo de retención suele estar entre 20 y 30 segundos. El dimensionamiento del equipo debe hacerlo el fabricante.



#### 6.4.3.2. Desarenadores Vortex inducidos.

La diferencia fundamental con los anteriores es que en este caso el flujo de agua llega bombeado, lo que hace que el efecto vortex tenga lugar en una superficie mucho menor. Son capaces de retener mayores porcentajes de arenas finas que los mecánicos, pero las pérdidas de carga son sensiblemente mayores, normalmente entre 5 y 7 mca para eliminar el 95% de las arenas de 25 micras. Al igual que en el caso anterior, el dimensionamiento debe correr a cargo del fabricante.



#### 6.4.4. DESARENADORES- DESENGRASADORES

El objeto de la operación de desengrasado es eliminar las grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes más ligeras que el agua, que de otra forma podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. El desengrasado se realiza mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y conseguir mejor flotación de estas.

Esta separación podría realizarse teóricamente en los decantadores primarios, al estar estos dotados de rasquetas para el barrido superficial, pero cuando el volumen de grasas es importante, su recogida es deficiente, con las consiguientes dificultades de explotación. En aguas urbanas de origen doméstico el desengrasado es conveniente e indispensable cuando no existe decantación primaria, pudiendo efectuarse en combinación con el desarenado o de forma separada.

En la práctica totalidad de las depuradoras, la operación de desengrasado se lleva a cabo en el mismo recinto del desarenador aireado, creando una zona de tranquilización donde se acumulan las grasas en su superficie, evacuándose por vertedero o barrido superficial. Las grasas en un desarenador-desengrasado se desemulsionan por acción de las burbujas de aire y flotan en la zona tranquilizada del desarenador, separada del resto por una pantalla longitudinal. Las grasas son arrastradas por rasquetas superficiales hasta un vertedero, desde el que canalizan hasta un concentrador de grasas.

##### 6.4.4.1. Parámetros de diseño

Con respecto a los parámetros de diseño:

Carga Hidráulica: <35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h (para Q<sub>max</sub>)

Velocidad horizontal: <0,15 m/s

Tiempo de retención: 10-15 min (para Q med)

Relación longitud - anchura: 3:1 a 5:1 (usualmente 4:1).

Relación anchura - profundidad: 1:1 a 5:1 (usualmente 1,5:1)

Profundidad: 2 - 5 m

Suministro de aire: 5 a 8 Nm<sup>3</sup>/ h m de superficie del desarenador

Y 0,5 a 2 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/h

Pendiente del fondo : 30° - 45°. Se recomienda para asegurar un movimiento rápido de la arena en el fondo del equipo y prevenir la reentrada de la arena fina en la espiral. Una pendiente inadecuada es un error común en estos diseños.



## 6.5. Evacuación y tratamiento de arenas

La arena es extraída del desarenador mediante medios manuales (canales desarenadores muy pequeños) o medios mecánicos. Estos suelen ser bombas especiales de succión de arenas acopladas a un carro sobre el tanque desarenador o dispositivos airlift. Se suele usar más el primer sistema.

En cualquier caso, la extracción del desarenador lleva un gran porcentaje de agua.

Uno de los objetivos del desarenado es lograr una extracción de material con la menor carga orgánica posible. Los residuos provenientes del desarenado se pueden llevar a vertedero de inertes. Dependiendo de cómo opera un desarenador, el residuo extraído puede tener mayor o menor carga orgánica y otros elementos sólidos no inorgánicos. Si el desarenador es a la vez desengrasador, los tiempos de retención hidráulicos aumentan, aumentando asimismo la cantidad de materia orgánica extraída junto con la arena.

Para lograr reducir la cantidad de agua y de materia orgánica que acompaña al residuo extraído en un desarenador, se utilizan los clasificadores de arena.

Hay dos tipos fundamentales de estos dispositivos:

- Los que utilizan un tornillo de Arquímedes inclinado que eleva la arena, dejando chorrear el agua y haciendo que ésta arrastre la materia orgánica de nuevo a la planta de tratamiento. La arena sale por la parte superior del dispositivo y se vierte a contenedor. Puede instalarse antes de estos elementos unos separadores ciclónicos, para afinar la purificación de la arena.
- Lavadores cónicos. Dentro de ellos se combina un efecto ciclónico que separa las partículas más pesadas y las decanta en el fondo con un lavado mediante chorro de agua a presión que limpia la arena. Son los más efectivos y se van instalando cada vez más, pese a que tienen un mayor consumo que los tradicionales.

La cantidad de arenas extraídas depende de muchos factores:

- El tipo de red de saneamiento, unitaria o separativa. Las redes unitarias arrastran más arenas que las separativas.

- El entorno, rural o urbano. Pavimentación de las calles.
- La estación del año, lluviosa o seca.

Como orientación en el diseño, se puede utilizar:

Red separativa: 5 litros / m<sup>3</sup> de agua residual

Red unitaria: 50 litros /m<sup>3</sup> de agua residual

## 6.6. Tratamiento posterior de grasas y flotantes

Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores, junto con los flotantes procedentes del decantador primario, suelen tratarse en un contenedor de grasas, donde se desprenden de su contenido en agua. Normalmente las grasas concentradas se almacenan en contenedores especiales y se envían posteriormente a un vertedero. En el caso de que exista horno de incineración de fangos en la depuradora, o para el tratamiento de basuras, las grasas pueden incinerarse en ellas.

Las grasas y espumas son en su mayoría residuos orgánicos y podrían tratarse en la digestión anaerobia juntamente con los fangos, pero esta solución no es recomendable, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de costras en el digestor.



## 7. UNIDADES COMPACTAS DE PRETRATAMIENTO

En pequeñas plantas se suele sustituir el desbaste y desarenado por la instalación de unidades compactas de pretratamiento.

Estas unidades, de acero inoxidable y compuestas de un gran tanque, reciben el agua bruta de la impulsión del bombeo de cabecera. El agua es descargada en un tamiz de placa perforada, con eliminación automática de las basuras mediante un tornillo elevador, que además hace de compactador.

El agua, tras atravesar el tamiz, pasa a una segunda cámara dentro del tanque, donde se produce el desarenado y desengrasado, inyectando aire desde un compresor, de forma análoga a un desarenador convencional, pero con tiempo de retención mucho más cortos y cargas hidráulicas más elevadas. Las arenas decantadas en el fondo del tanque son conducidas mediante tornillo transportador horizontal a otro inclinado, que las saca al tiempo que hace de clasificador de arenas.

El rendimiento de estas unidades es bastante bueno, siendo equipos robustos, aunque no pueden competir con la versatilidad y operabilidad de las unidades tradicionales construidas en hormigón.



## 8. Bibliografía

- Degremont. Water Treatment Handbook
- Sáinz Sastre. "Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales". EOI
- Water Environment Federation. "Design of municipal wastewater treatment plants MOP8" 5th Edition .MGrav Hill
- Ortega. "Esquema de una EDAR. Pretratamientos." Curso Tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras". 2011. CEDEX