



**DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE DEPURACIÓN FORMADA POR: DECANTADOR-DIGESTOR PRIMARIO (TANQUE IMHOFF), POZO DE BOMBEO, LECHO BACTERIANO Y DECANTADOR-DIGESTOR SECUNDARIO (TANQUE IMHOFF).**

Este sistema de depuración es muy similar al sistema clásico por gravedad y es recomendable en aquellos casos en los que por la ubicación de la EDAR no dispongamos de energía potencial para que el proceso funcione por sí solo. Al no disponer de desnivel en el terreno, será necesaria la introducción de un bombeo intermedio para librar la pérdida de cota del lecho bacteriano, se incorpora entonces, energía externa para alimentar el sistema de bombeo, si bien, con este bombeo el sistema de depuración sigue presentando muchas ventajas respecto a otros procesos que requieren para su funcionamiento de electricidad basados en aireación forzada, como los fangos activados, aireación prolongada (oxidación total), reactores de membrana, etc. Entre estas ventajas destacan:

- ◆ **Mucho menor consumo energético**, del orden de 5 veces menos que una aireación prolongada en cuanto al coste de energía eléctrica.
- ◆ **Menor coste de mantenimiento y explotación**, al tratarse de un simple bombeo sin problemas de obstrucciones y muy baja dependencia tecnológica, lo que implica un mantenimiento muy sencillo sin necesidad de personal muy cualificado.
- ◆ **Proceso más robusto**, dado que los elementos mecánicos son fáciles de operar y duraderos en el tiempo. Se trata por tanto de una tecnología **muy fiable**.
- ◆ **Mejor capacidad de adaptación ante sobrecargas hidráulicas y orgánicas**, siendo muy importante en los casos de pequeñas aglomeraciones donde se dan elevadas puntas de caudal y de contaminación.

El equipo principal de este sistema de depuración es el Lecho Bacteriano, también llamado filtro biológico o filtro percolador, es donde se produce la degradación de la materia orgánica por la acción de bacterias aerobias. Los demás procesos unitarios pueden sufrir variaciones sustanciales en su diseño dependiendo de las variables de diseño, población a tratar, estacionalidad, calidad del vertido, etc. A continuación se describen las distintas etapas del sistema de depuración con sus posibles variantes y centrándonos en el proceso biológico (lecho bacteriano).

#### **PRETRATAMIENTO:**

La primera etapa la constituye una arqueta con reja de desbaste de limpieza manual. Dependiendo de cada caso, se pueden incorporar otras operaciones unitarias para mejorar esta etapa como rejillas de limpieza automáticas, tamices y desarenadores-desengrasadores.

#### **TRATAMIENTO PRIMARIO:**

Esta etapa está constituida, normalmente, por un decantador-digestor tipo Imhoff, que permite reducir las concentraciones de sólidos en suspensión (sedimentables y flotantes), simplificando y abaratando la gestión de los fangos en exceso, estabilizándolos vía anaerobia y almacenándolos durante un período de tiempo prolongado. El tanque Imhoff puede ser sustituido por una decantación primaria en poblaciones superiores a los 1.000 habitantes, debido a las dificultades de construcción del Imhoff, en este caso se hace necesaria la introducción de un espesador de fangos. También se puede sustituir esta etapa por un tamizado automático estricto y un desarenador-desengrasador en la etapa de pretratamiento, obligando también a rediseñar el lecho bacteriano, resultando éste más grande o colocar dos unidades en serie.

#### **ETAPA DE BOMBEO:**

La alimentación al lecho bacteriano se realizará con un sistema de bombeo, el cual será diseñado según el caudal medio y máximo establecidos, teniendo en cuenta además que el aporte al proceso biológico sea regular, por lo que se recomienda la utilización de sistemas de bombeo con variadores de frecuencia y control automática.

#### **TRATAMIENTO SECUNDARIO:**

Esta etapa la constituye el Lecho Bacteriano que es un proceso de biopelícula empleado desde más de 100 años para el tratamiento biológico de las aguas residuales.

En el lecho bacteriano, el agua residual se derrama mediante un distribuidor rotativo de accionamiento hidráulico sobre un lecho de material plástico contenido en el interior de un depósito cilíndrico. La solera tiene un falso fondo que soporta el material, permitiendo que salga el agua residual y que entre el aire. A lo largo de la percolación del agua residual, a través del lecho, se elimina gran parte de la materia orgánica, gracias a la biopelícula que se forma sobre el material plástico: el sustrato y el oxígeno se difunden a través de dicha biopelícula, en donde se produce la metabolización; los residuos y el gas carbónico se difunden en la dirección del líquido. Durante su paso por la biopelícula, el oxígeno se consume como consecuencia de la respiración microbiana, quedando definida una zona de actividad aerobia. La penetración de oxígeno no llega hasta la superficie del relleno, y por ello, se desarrolla una segunda zona, anaerobia, entre el material de relleno y la zona aerobia. Como consecuencia del crecimiento bacteriano, el espesor de la biopelícula va aumentando hasta un cierto límite, pasado el cual se separa y los fragmentos se arrastran con el agua.

Como la biopelícula está formada por un apilamiento irregular de células, se producen grietas por donde pueden hacerse los intercambios de oxígeno y de sustrato. Debido a que la migración del sustrato es de 3 a 5 veces menor que la del oxígeno, se desarrollan tres capas del exterior al interior:

- Aerobia: recibe sustrato y, por lo tanto, crece.
- Aerobia: no recibe sustrato, no crece, pero está en respiración endógena.
- Anaerobia: sin sustrato ni oxígeno, en fermentación.

En la capa anaerobia de color negro, las burbujas del gas de fermentación producen a su vez el desprendimiento de trozos de biopelícula que son arrastrados por el agua. El espacio libre es ocupado rápidamente por nuevas colonias bacterianas. Este fenómeno es la esencia del mecanismo de autolimpieza, que impide el atascamiento de los lechos. La migración del sustrato constituye el factor limitante, es decir, que las biopelículas gruesas no presentan interés, y, por el contrario, pueden favorecer el atascamiento. Con un espesor de 100 micras se obtiene el rendimiento máximo. El espesor depende de la concentración del agua que atraviesa el lecho (agua a tratar más recirculación). Con una  $DBO_5$  de  $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , un espesor de 1 a 2 mm es más que suficiente. Los materiales plásticos pueden soportar espesores mayores, y, por consiguiente, concentraciones de  $DBO_5$  superiores a las tradicionales.

La biopelícula se compone esencialmente de:

- Bacterias, en gran parte filamentosas.
- Protozoos (vorticellas y opercularias), que se alimentan principalmente de bacterias y contribuyen a una buena turbidez del agua.
- Gusanos: como los nemátodos y las lombrices.
- Insectos: como la psychoda.

Al ir en superficie el lecho bacteriano, se puede realizar una cómoda y eficiente recirculación de parte del agua clarificada proveniente de la decantación secundaria al pozo de bombeo, con esta operación se consigue:

- ◆ Una distribución más uniforme.
- ◆ Evitar la aparición de zonas secas en el relleno.
- ◆ Diluir la concentración contaminante del agua residual aumentando el rendimiento y la nitrificación.
- ◆ Evitar la colmatación del lecho y regenerar la biopelícula aumentando la eficacia.

En función de la carga orgánica aplicada, se distingue entre lechos de baja, media o alta carga:

**BAJA CARGA:** En este grupo de lechos, el cultivo microbiano se controla a base de reducir su nutrición, no sobrepasando la carga orgánica, 400 g de DBO<sub>5</sub> por día y metro cúbico de material filtrante. Debido a esto, los fangos producidos tienen una masa relativamente baja y una estabilización bastante avanzada. El agua depurada queda generalmente bien nitrificada y la DBO<sub>5</sub> residual disuelta prácticamente nula.

**MEDIA CARGA:** La carga orgánica es del orden de 0,4 a 0,6 kg DBO<sub>5</sub> día m<sup>3</sup>. Como el crecimiento bacteriano no queda limitado, como ocurre en los lechos de baja carga, puede darse el riesgo de atascamiento, que se evita manteniendo sobre el lecho una carga hidráulica suficiente para producir la autolimpieza. Al igual que en la baja carga, la carga media debe estar precedida por una decantación primaria, salvo en el caso especial del tratamiento de aguas industriales desprovistas de materias en suspensión sedimentables. Los rendimientos de eliminación de DBO<sub>5</sub> son del mismo orden que en la baja carga.

**ALTA CARGA:** La carga orgánica es del orden de 0,6 a 1,6 kg DBO<sub>5</sub> día m<sup>3</sup>. Suelen requerir de una segunda etapa para alcanzar una calidad del efluente equivalente a un tratamiento secundario.

**LECHOS DE DESBASTE:** Trabajan con cargas orgánicas superiores a 1,6 kg DBO<sub>5</sub> día m<sup>3</sup> con el fin de realizar un desbaste con un rendimiento de eliminación del 50 al 70%, antes de una segunda etapa de tratamiento por lechos bacterianos a media carga o con fangos activados. Se utilizan sobre todo en todas las aguas residuales industriales con concentraciones elevadas de DBO y buena degradabilidad, como en el sector agroalimentario (lecherías, cervecerías, tenerías, conserveras, etc.). Estas aguas presentan la característica común de poseer una concentración relativamente elevada de contaminación orgánica fácilmente biodegradable. Esta alta contaminación produce riesgos de inflamamiento de los fangos activados (bulking) si se utiliza una única etapa con dichos fangos. Si dicha etapa está precedida por un tratamiento sobre lecho bacteriano a alta carga, se elimina primeramente la contaminación fácilmente degradable. Entonces, el tratamiento con fangos activados tratará una contaminación normalmente degradable, con mucho menos riesgo de bulking. No es imprescindible una decantación primaria previa; en su ausencia, el desbaste se reforzará con un macrotamizado de 2 a 5 mm de paso.

Las características y parámetros básicos para el correcto diseño y construcción de un lecho bacteriano son:

- ◆ **Buena distribución del agua residual** sobre la superficie del lecho.
- ◆ **Correcta aireación**, teniendo en cuenta que la ventilación es por tiro natural.
- ◆ Utilización de un **relleno plástico** con una superficie específica y volumen de huecos adecuada a la carga contaminante aplicada. Para aguas residuales urbanas se recomienda entorno a 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> y un volumen de huecos superior al 90 %. Además, el material plástico, será resistente, con una superficie rugosa para favorecer la fijación de la biopelícula y con un diseño hidráulico que permita cierta retención de líquido.
- ◆ **Doble fondo** resistente y que permita recoger el agua residual tratada y una correcta ventilación.
- ◆ **Dimensionamiento** del lecho bacteriano en función de la carga orgánica e hidráulica aplicadas.
- ◆ **Recirculación y nitrificación.**

## **DECANTACIÓN SECUNDARIA:**

Esta operación unitaria tiene por objeto eliminar la mayor cantidad posible de las materias en suspensión contenidas en el licor que sale del lecho bacteriano. Estas materias ya existían a la entrada del lecho bacteriano, pero debido a la decantación primaria previa, están constituidas, principalmente, por materias no sedimentables, coloidales, no eliminadas en la decantación previa. Hay que añadir a estas materias la producción de fangos del lecho bacteriano, formados por los trozos de película que se han desprendido; la biopelícula absorbe una parte de los coloides de entrada, que se convierten en sedimentables. Contrariamente a los fangos activados, se produce muy poca floculación biológica natural, debido principalmente a los escasos tiempos de residencia del agua y a la baja concentración de las materias en suspensión. Por ello, es imposible sedimentar las materias coloidales que no hayan sido adsorbidas por la biopelícula.

La decantación secundaria puede ser realizada en un tanque Imhoff o en un clarificador con entrada central y recogida de agua decantada mediante vertedero tipo Tompson. La elección de un equipo u otro se realizará en función de la población a tratar y de la calidad de vertido requerida. Para poblaciones pequeñas se recomienda la instalación de decantadores-digestores tipo Imhoff.

CALDAS DE REIS  
Tivo nº 4. Apdo.11  
36650 Caldas de Reis  
T 986 540 108  
F 986 541 044

PONTECESURES  
Rúa da Caleira nº8  
36640 Pontecesures  
T 986 557 334  
F 986 564 019

SANTIAGO DE COMPOSTELA  
Hórreo 9-11, 4ªA  
15702 Santiago de Compostela  
T 981 580 201 F 981 564 696  
[www.pru.es](http://www.pru.es)