

El BIOFOR: 25 años depurando

Han pasado más de 25 años desde la puesta en servicio del primer filtro biológico BIOFOR (Biological Filtration Oxygenated Reactor) y, durante todo este tiempo, se ha mostrado como un proceso altamente eficaz en la depuración de aguas residuales que, además, aporta ventajas tan importantes como la compacidad, modularidad, facilidad de ampliación, flexibilidad y sencillez de operación.

Marcos Villamediana, Responsable de Proyectos excepcionales - Degrémont Iberia

Actualmente existen más de 1.200 filtros biológicos BIOFOR en servicio, con una superficie total de filtración de unos 75.000 m², implantados en más de 130 instalaciones repartidas por todo el mundo y con una capacidad total de tratamiento superior a los 30 millones de habitantes equivalentes

Dicho de una forma sencilla, los filtros biológicos BIOFOR realizan la misma función que un tratamiento biológico convencional (sustituyen a los reactores biológicos y a los clarificadores secundarios) con una considerable reducción de superficie. Una planta con BIOFOR puede ocupar la cuarta parte de superficie que una planta convencional, con mejores rendimientos de depuración, con un funcionamiento más sencillo y con un costo de operación similar.

De entre los numerosos puntos fuertes aportados por esta tecnología, la mayor compacidad de las instalaciones es un aspecto fundamental en aquellos casos en que la escasez de terreno o las dificultades asociadas al mismo constituyen factores determinantes en el diseño de una nueva instalación. Si a esto le añadimos la mayor facilidad para cubrir totalmente la instalación y la menor generación de olores, por la particular configuración del proceso, el resultado es una mejor integración de las plantas con BIOFOR en el entorno, incluso cuando están ubicadas en el centro de las ciudades. Ejemplos muy significativos son las estaciones depuradoras de Torrelodones en Madrid, integrada dentro de una reserva natural, o la de Biarritz en el sur de Francia, donde el que no conoce la zona tiene verdaderas dificultades para identificar la planta. Y como ejemplo futuro, podemos citar la nueva estación depuradora de Gijón Este, cuya construcción se ubica debajo de una zona ajardinada y de recreo.

Desde un punto de vista puramente técnico, todos conocemos la problemática y las dificultades de operación que siempre plantea un clarificador secundario: bulking, desnitrificación no deseada sobre el decantador, flotación del fango dentro del decantador y fuga de MeS con el agua tratada. Estos problemas no existen en un proceso de filtración biológica.

Bajo la denominación genérica de filtros biológicos BIOFOR se engloban 4 productos diferentes, dependiendo de las condiciones de diseño y del objetivo de tratamiento deseado.

– BIOFOR aerado (BIOFOR C, BIOFOR C+N y BIOFOR N) para tratamiento de la contaminación de carbono y/o tratamiento del nitrógeno amoniacal (nitrificación). Las diferencias principales entre estos tres tipos de BIOFOR aerado son:

- El BIOFOR C está orientado a la eliminación de contaminación carbonosa y el tipo de relleno utilizado es biolita P-3,5.
- El BIOFOR C+N normalmente utiliza como relleno biolita L-2,7, y permite la eliminación de contaminación carbonosa y la nitrificación hasta un cierto límite.
- El BIOFOR N se utiliza como afino de un tratamiento biológico previo y su objetivo principal es la nitrificación. El relleno empleado es biolita L-2,7

La tabla 1 resume los rendimientos de depuración esperados en cada uno de estos tres tipos de BIOFOR.

– BIOFOR no aerado (BIOFOR DN) para el tratamiento del nitrógeno en forma de nitratos (desnitrificación). Dependiendo de la ubicación del BIOFOR desnitrificante dentro de la secuencia de tratamiento puede tener dos denominaciones:

- BIOFOR pre-DN, cuando se sitúa en cabeza de la línea de tratamiento, utilizando la propia contaminación del agua a tratar como fuente de carbono para el proceso de desnitrificación.



EDAR de Biarritz (Francia)

- BIOFOR post-DN, cuando va situado al final de la secuencia de tratamiento. En este caso, se requiere una fuente externa de carbono, generalmente, en forma de metanol.

Normalmente, en los biofiltros BIOFOR DN se utiliza como material de relleno biolita P-4,5.

La Figura 1 ilustra el funcionamiento de un filtro biológico BIOFOR aerado.

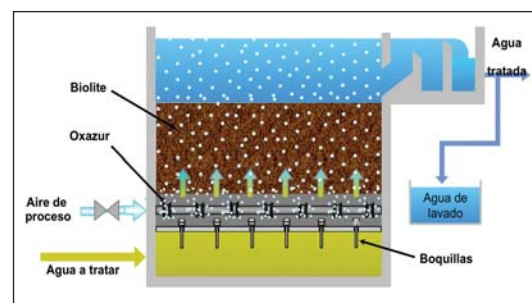
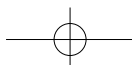


Figura 1. BIOFOR aerado en filtración

Tabla 1. Tipos de BIOFOR aerado

| Aplicación | C | C+N | N |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| Tratamiento previo | Decantación Primaria | | Tratamiento biológico |
| Material de relleno | Biolita P-3,5 | Biolita L-2,7 | Biolita L-2,7 |
| Eliminación de MeS | 60 a 80% | 65 a 85% | 40 a 75% |
| Eliminación de DBO5 | 65 a 85% | 70 a 90% | 40 a 75% |
| Eliminación de DQO | 55 a 75% | 60 a 80% | 30 a 60% |
| Nitrificación | - | < 75% | 80 a 95% |



Tecnologías de filtración

El agua a tratar entra al biofiltro por la zona inferior, atraviesa el falso fondo a través de las boquillas distribuidoras y recorre el relleno de biolita en sentido ascendente, saliendo a través de un vertedero situado en la parte superior.

El aire de proceso se distribuye en toda la superficie del biofiltro mediante una red de difusores de membrana, los oxazur, dispuestos en la cara superior del falso fondo y realiza el mismo recorrido ascendente que el agua a tratar.

La biolita actúa como material soporte de las bacterias depuradoras, las cuales en presencia de oxígeno se alimentan de la materia carbonosa disuelta en el agua, liberando CO₂. Además, si se prevén las condiciones de operación adecuadas, con aporte de oxígeno suficiente, se produce la transformación del nitrógeno amoniacal a la forma de nitratos (nitrificación). El resultado de estos procesos es el desarrollo de la biomasa que se acumula sobre el relleno de biolita.

Al mismo tiempo, la biolita actúa como material filtrante, reteniendo una parte muy importante de la materia en suspensión que llega con el agua bruta (Fig. 2).

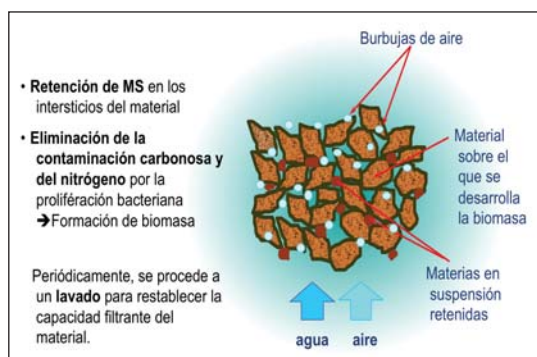


Figura 2. Esquema de funcionamiento del lecho filtrante

El funcionamiento del BIOFOR no aerado (biofor desnitrificante) es similar, con la única diferencia de que, en este caso, no existe la inyección de aire de proceso (Fig. 3). En el BIOFOR no aerado, la presencia de bacterias desnitrificantes, en ausencia de oxígeno, provoca la transformación de nitratos en nitrógeno que se libera a la atmósfera, y oxígeno que se consume en la respiración de las propias bacterias.

En el proceso se consume contaminación carbonosa fácilmente biodegradable. En el caso del BIOFOR pre-DN esta contaminación carbonosa normalmente existe en el agua bruta en cantidad suficiente. De no ser así (caso del BIOFOR post-DN), se requiere una aportación externa de carbono, generalmente, en forma de metanol.

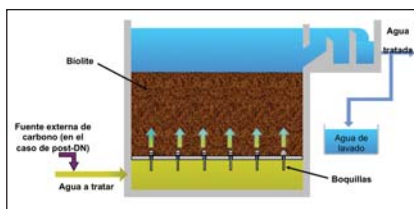


Figura 3. BIOFOR no aerado en filtración

En ambos tipos de biofiltros, aerados y no aerados, el crecimiento de la biomasa derivado del proceso de depuración y la acumulación de SS sobre el relleno de biolita hace que el filtro se colmate aumentando la pérdida de carga. En ese momento el biofiltro debe ser lavado para devolver al mismo las condiciones iniciales de pérdida de carga.

La capacidad de retención de MeS en el relleno de biolita depende del tipo de biolita, de la temperatura y de las condiciones de operación del biofiltro. Los ciclos normales de filtración son de 24 h en un filtro de primera etapa y del orden de 48 h en un filtro de segunda etapa.

El lavado de un BIOFOR se realiza mediante inyección de agua y aire en sentido ascendente. La secuencia de lavado estándar

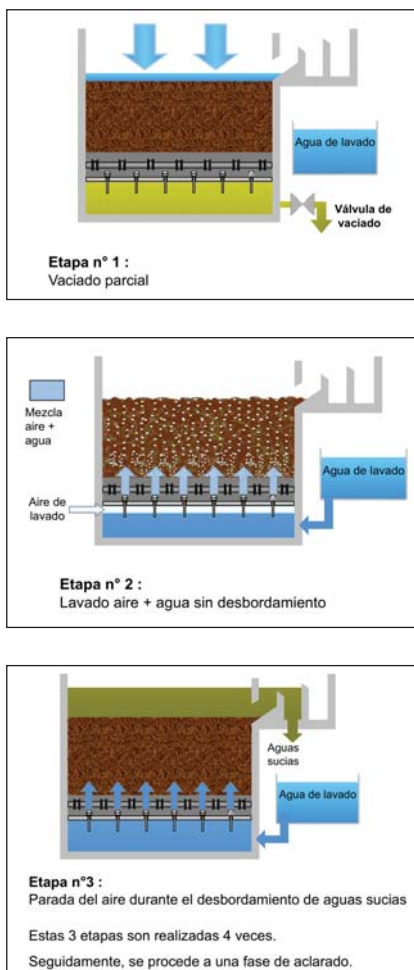


Figura 4. Secuencias de lavado del BIOFOR

prevé las siguientes etapas (Fig. 4): vaciado parcial, lavado con agua y aire, lavado solo con agua y aclarado final.

Generalmente, toda la secuencia de lavado se realiza de forma automática para optimizar el resultado y minimizar los consumos de agua.

Existen dos tipos de lavados: un lavado normal que se realiza al final de cada ciclo y un lavado energético que debe realizarse con una periodicidad mensual. La tabla 2 resume los principales parámetros de lavado de los BIOFOR.

| Tipo de lavado | Normal | Energico |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|
| Duración total máxima | 45 min | |
| Veloc. Agua lavado | 20 m/h | 30 m/h |
| Veloc. Aire lavado | 100 m/h | |
| Consumo de agua tratada para lavado | 10 m ³ /m ² (aprox. 5 % de la producción) | |

Tabla 2. Parámetros de lavado del BIOFOR

El BIOFOR es, por una parte, un proceso experimentado y maduro y, por otra, un proceso en continua evolución. Aunque ha sufrido a lo largo de su historia varias modificaciones en su configuración, derivadas del retorno de experiencia procedente de las numerosas instalaciones en operación, siempre ha conservado todos los elementos diferenciadores del producto.

Vamos a ir desgranado, a continuación, los elementos que constituyen la base tecnológica del BIOFOR:

Proceso a co-corriente ascendente

La combinación de un flujo ascendente del agua a tratar con un material soporte granular de densidad superior a 1 garantiza un excelente reparto de cargas sobre toda la superficie y sobre toda la altura del lecho filtrante, a la vez que permite trabajar al equipo a elevadas velocidades. En definitiva, se garantiza una utilización óptima de todo el biofiltro.

Además, en las aplicaciones de BIOFOR aerado la circulación agua y aire en co-corrientes ascendentes evita la formación de embolia gaseosa y mejora notablemente el rendimiento de oxigenación.

Otra ventaja adicional de la corriente ascendente es que la parte superior del biofiltro está siempre ocupada por agua depurada, lo cual constituye una garantía de no proliferación de malos olores.

El material de relleno: la biolita

La biolita constituye, sin lugar a dudas, el corazón del BIOFOR. Es una arcilla expan-

da, indeformable y fácil de almacenar. Sus características de dureza, granulometría y resistencia mecánica, perfectamente definidas, se adaptan plenamente a las exigencias del proceso y a la durabilidad del material.

La biolita presenta una elevada superficie específica y una buena porosidad intergranular, conjugando, al mismo tiempo, una excelente capacidad para fijar las bacterias y una gran capacidad de retención de la MeS. En contra de lo que pueda pensarse, la biolita no se degrada por efecto del proceso, mantiene intactas todas sus propiedades a lo largo del tiempo, y la necesidad de reposición de material se reduce a las pequeñas pérdidas durante los lavados (inferior al 1% anual).

Existen tres tipos de biolita, dependiendo de la forma física de los granos, redondos (tipo P) o irregulares (tipo L), y de la granulometría, eligiéndose en cada caso la más adecuada a las necesidades de tratamiento (eliminación de carbono, nitrificación, desnitrificación). En la tabla 3 se resumen las características de los diferentes tipos de biolita.

La biolita tipo P tiene mayor capacidad de retención de materia en suspensión y, por tanto, el resultado son ciclos más largos. La biolita tipo L proporciona mejores rendimientos de depuración, pero con ciclos de filtración algo más cortos. La altura normalizada de material de relleno es de 3 m en un BIOFOR desnitrificante y oscila entre 2,9 y 3,7 m en un BIOFOR aerado.

El sistema de difusión de aire: los oxazur

Los oxazur (Fig. 5 y Fig. 6) son difusores de membrana especialmente diseñados para su instalación en los filtros biológicos BIOFOR. La fina burbuja generada y la alta densidad de difusores por m² (25 a 50 difusores por m²) permiten alcanzar un buen rendimiento de oxigenación y un reparto homogéneo del aire.



Figura 5. Oxazur

El falso fondo: boquillas y gravas

La normalización del falso fondo (Fig. 7) está pensada para permitir una ejecución sencilla y fiable y para garantizar un correcto reparto hidráulico en toda la superficie del biofiltro.

Tabla 3. Tipos de biolita

| ATipo de biolita | L-2,7 | P-3,5 | P-4,5 |
|------------------|-------------------|--------------|------------|
| Material | Arcilla expandida | | |
| Forma | Irregular | redonda | redonda |
| Talla efectiva | 2,5 a 2,9 mm | 3,2 a 3,8 mm | 4,2 a 5 mm |

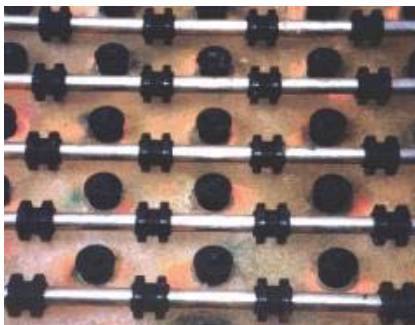


Figura 6. Parrillas de Oxazur

Por una parte, el diseño especial de las boquillas, uniformemente distribuidas en todo el falso fondo (unas 50 boquillas por m²), garantiza el reparto uniforme del agua bruta, del agua de lavado y del aire de lavado. Por otra parte, un relleno de grava de granulometría seleccionada, ubicado sobre el falso fondo (30 a 50 cm de espesor), sirve para proteger las boquillas del falso fondo y las parrillas de oxazur, al mismo tiempo que contribuye a mejorar el reparto de aire.

La pantalla tranquilizadora

Una pantalla tranquilizadora situada en el vertedero de salida de agua del BIOFOR evita la pérdida de material filtrante, especialmente, durante las operaciones de lavado.

Cada detalle del diseño del BIOFOR tiene su peculiaridad y su misión y es el conjunto de todos ellos lo que permite definir al BIOFOR como un producto de calidad y con excelentes resultados en el campo de la depuración de aguas residuales.

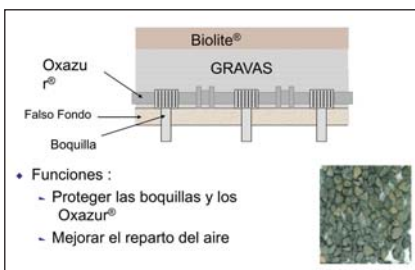


Figura 7. Falso fondo del BIOFOR

Durante estos años de vida del BIOFOR, como suele suceder con la mayoría de los productos de calidad, han surgido algunas imitaciones con diversos resultados. Todas ellas han puesto de manifiesto que es relativamente sencillo imitar el concepto general, pero, si no se llega a cuidar cada uno de los detalles, el resultado final no es el mismo.

El BIOFOR es un proceso compacto y con una gran modularidad, tanto desde el punto de vista de construcción como de operación, y, por ello, constituye una solución



EDAR Grenoble (Francia)

muy atractiva en aquellas situaciones con poca disponibilidad de superficie y en los casos de grandes fluctuaciones de caudales o de importantes variaciones de cargas a lo largo del año (población variable). Esta versatilidad del BIOFOR le permite estar presente en pequeñas instalaciones y en las grandes plantas de tratamiento de aguas con capacidades superiores a los 500.000 habitantes equivalentes, en zonas urbanas, litorales o de montaña, tanto en eliminación de carbono como en eliminación de nitrógeno. Considerando el amplio abanico de posibilidades que aporta esta tecnología, no es de extrañar que en los próximos años se incrementen con rapidez las más de 130 instalaciones existentes en la actualidad.