

Procesos avanzados de biomasa fija sobre lecho móvil para el tratamiento de aguas residuales en la Industria Farmacéutica

■ Gorka Zalakain y Garbiñe Manterola, Veolia Water Solutions & Technologies – AnoxKaldnes

Las características de las aguas residuales generadas en las industrias farmacéuticas presentan una gran variabilidad. Además, los límites de vertido a cauce natural también varían en función de las autoridades locales, los consumidores y la sensibilidad del medio receptor. Consecuentemente, la complejidad de las aguas a tratar y los diferentes condicionantes

ambientales y sociales hacen necesaria una solución de tratamiento hecha a medida para cada uno de los casos particulares. La tecnología de biomasa adherida a soporte móvil proporciona procesos de tratamiento muy atractivos para la industria farmacéutica al permitir diseños óptimos para cumplir las necesidades específicas de este tipo de industrias.

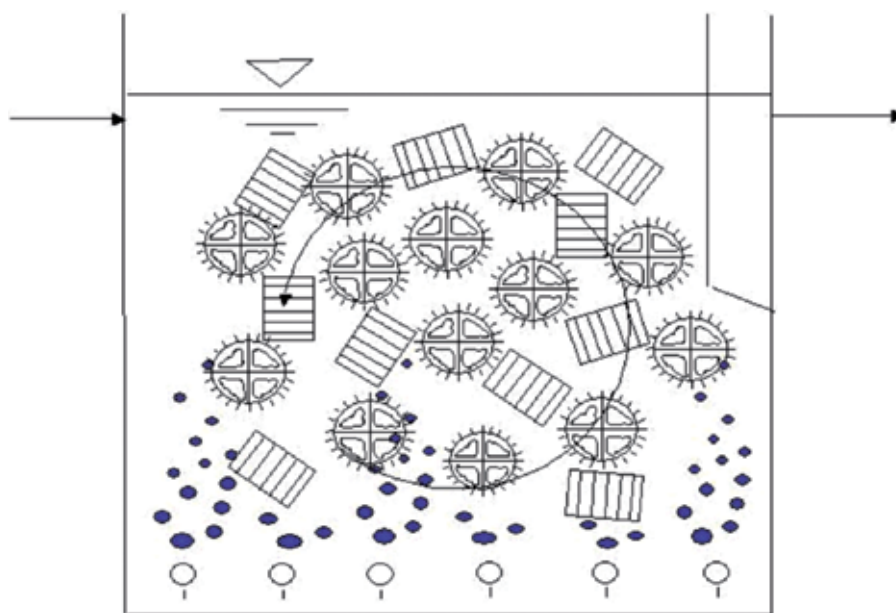
Aguas residuales farmacéuticas

La diversidad de las aguas de proceso dentro de la industria farmacéutica es considerable, siendo las características típicas de las aguas residuales generadas en este tipo de industria las que se detallan a continuación:

- Elevado contenido de materia orgánica, parte de ella siendo fácilmente biodegradable (típicamente disolventes, tales como alcoholes, glicoles, etc.)
- Producción periódica y gran variabilidad en la composición (el agua puede variar día a día, según el periodo del año o por cambios en la producción de cara al futuro)
- Pueden contener compuestos tóxicos y persistentes
- Los tratamientos biológicos requeridos suelen ser de baja carga y con múltiples fases
- Normalmente las aguas contienen tanto compuestos fácilmente biodegradables como sustancias orgánicas más resistentes

Descripción del proceso de lecho móvil

El principio básico del proceso de lecho móvil es el crecimiento de la biomasa en soportes plásticos que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por sistemas de aireación (reactores aerobios) o por sistemas mecánicos



Movimiento de los biosoportes en el reactor

(en reactores anóxicos o anaerobios). Los soportes son de material plástico con densidad próxima a 1 g/cm^3 que les permite moverse fácilmente en el reactor incluso con porcentajes de llenado del 70%.

Inicialmente se emplearon procesos de lecho fijo, sin embargo se ha observado que este tipo de procesos presenta una serie de inconvenientes operacionales como es el atascamiento del lecho por crecimiento ex-

cesivo de biomasa que obliga a la limpieza periódica del mismo. Estos inconvenientes han llevado a la necesidad de crear simples procesos de biofilm que los eliminen y que faciliten su operación tal como los procesos de lecho móvil.

La biopelícula que se forma en las paredes del relleno se caracteriza por una mayor efectividad que los flóculos biológicos. A su vez, los soportes plásticos empleados con-

tienen una elevada superficie específica por unidad de volumen. Estas dos particularidades hacen que los reactores de lecho móvil sean de volumen mucho menor que los de fangos activos.

El crecimiento de la biopelícula en el soporte hace que las capas más internas entren en anaerobiosis haciendo que se desprenda parte de la misma de forma automática; este hecho hace que la formación de biopelícula necesaria según la carga, se dé de forma automática. A su vez estos sólidos desprendidos del soporte vienen a ser el exceso de fangos que hay que extraer del sistema (purga de fangos) y por tanto no requiere una recirculación de los mismos al reactor. La operación de la planta queda muy simplificada ya que la extracción del reactor de los fangos en exceso es automática y no se requiere de una recirculación.

Respecto a la ingeniería del proceso, el sistema de aireación está formado por una parrilla de tubos perforados de acero inoxidable que evita problemas de pérdida de eficiencia, cambio de difusores etc. En cuanto al proceso de separación de la biomasa procedente del reactor biológico se emplean decantadores que se diseñan como decantadores primarios en cuanto a velocidades ascensionales.

Los requerimientos de oxígeno, nutrientes y producción de fangos son similares a otros procesos biológicos de biomasa en suspensión, con lo que los costes de explotación de un proceso de lecho móvil vienen a ser similares a los convencionales de fangos activos. El ahorro en la reducción de volumen tanto del reactor como del sistema de separación de sólidos, y en el sistema de aireación, se compensan con el gasto en el soporte plástico haciendo que los costes de inversión sean también simi-

lares. Los costes de personal se ven reducidos debido a que el funcionamiento de la instalación es automático.

Ventajas frente a procesos biológicos convencionales

De forma general, las principales ventajas que presenta el proceso de lecho móvil frente a los procesos biológicos convencionales son:

- Reducción de volumen del reactor biológico por empleo de un soporte que proporciona una superficie específica elevada.
- Son procesos con gran flexibilidad ya que en función del porcentaje de soporte plástico empleado en el reactor, se recomienda no superior al 70%, se consigue modificar la superficie y en consecuencia la eficiencia del proceso.
- No requiere recirculación de biomasa al reactor. Esto da lugar a que la biomasa no dependa de la separación final del fango y en consecuencia de problemas habituales encontrados en procesos convencionales de fangos activos relacionados con la sedimentabilidad del fango (bulking filamentoso etc...).
- La operación y control de este tipo de procesos son sencillos. Por una parte, el proceso evita los problemas de atascamiento y consecuentemente periodos de limpieza continuados, además, no es necesario un control de la purga de fangos ya que el sistema mantiene la biomasa en el reactor hasta que es desprendida del soporte.
- Permiten la generación de una biomasa característica de cada tipo de reactor (aerobio, anóxico o anaerobio) dando lugar a la obtención de un biofilm con una elevada actividad. Experimentalmente

■ LA TECNOLOGÍA DE LECHO MÓVIL PERMITE INSTALAR PROCESOS DE CONFIGURACIONES MUY DIVERSAS

se ha constatado que las tasas de nitrificación y desnitrificación en este tipo de procesos son superiores a las obtenidas en los procesos convencionales.

- Recuperación rápida del proceso ante inhibiciones. La formación de biopelícula en el soporte plástico se hace de forma estratificada de forma que en presencia de inhibidores o posibles picos de carga excesiva, sean las primeras capas de la biopelícula las que se vean afectadas, produciéndose un decremento del rendimiento de eliminación, pero una muy rápida recuperación una vez pasado el inhibidor. A diferencia de los procesos de fangos activos la generación de la nueva biomasa y la recuperación total de la actividad biológica se ve restablecida rápidamente tras el paso del inhibidor.

Aplicación a la industria farmacéutica

Enumeradas las principales ventajas asociadas a los procesos de biomasa adherida, esta tecnología se plantea como una solución atractiva para hacer frente a la problemática inherente a la industria farmacéutica.

La tecnología de lecho móvil permite instalar procesos de configuraciones muy diversas y, consecuentemente, facilita el diseño de procesos hechos a medida para dar respuesta a las necesidades particulares de cada caso. Al no haber recirculación de fangos y al generarse la biomasa en función de la carga contaminante, es posible el desarrollo de organismos específicos encargados de eliminar los diferentes compuestos de entrada al proceso. De esta forma, se puede conseguir la eliminación de compuestos muy específicos y optimizar la eliminación contaminante al poderse crear sistemas de múltiples etapas con microflora específica para cada una de ellas.

Este tipo de procesos también permite mejorar la eliminación tanto de sustancias fácilmente degradables como los compuestos más persistentes ya que se puede dividir fácilmente el proceso en diferentes pasos.

La industria farmacéutica se caracteriza por generar aguas residuales de características variables a lo largo del tiempo debido a los cambios en el proceso de producción,



Planta de tratamiento de aguas industriales farmacéuticas de AstraZeneca (Suecia)

TRATAMIENTO DE AGUAS

■ LOS PROCESOS DE BIOMASA ADHERIDA SON UNA SOLUCIÓN ATRACTIVA PARA LAS PARTICULARIDADES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES FARMACÉUTICAS

a las limpiezas de instalaciones, etc. La periodicidad de las características puede ser tanto de carácter diario como a largo plazo (p.ej., cambios en la cadena de producción según la época del año). De ahí que el tratamiento de las aguas residuales producidas en este tipo de industrias deba ser un proceso robusto y estable para así poder dar respuesta a los cambios en la carga influente sin que ésta conlleve un empeoramiento sustancial de la calidad del vertido. La recuperación rápida ante inhibiciones y la fácil asimilación de los cambios de carga contaminante asociados a los procesos de lecho móvil hacen que esta tecnología se presente como una de las más interesantes para tratar este tipo de aguas.

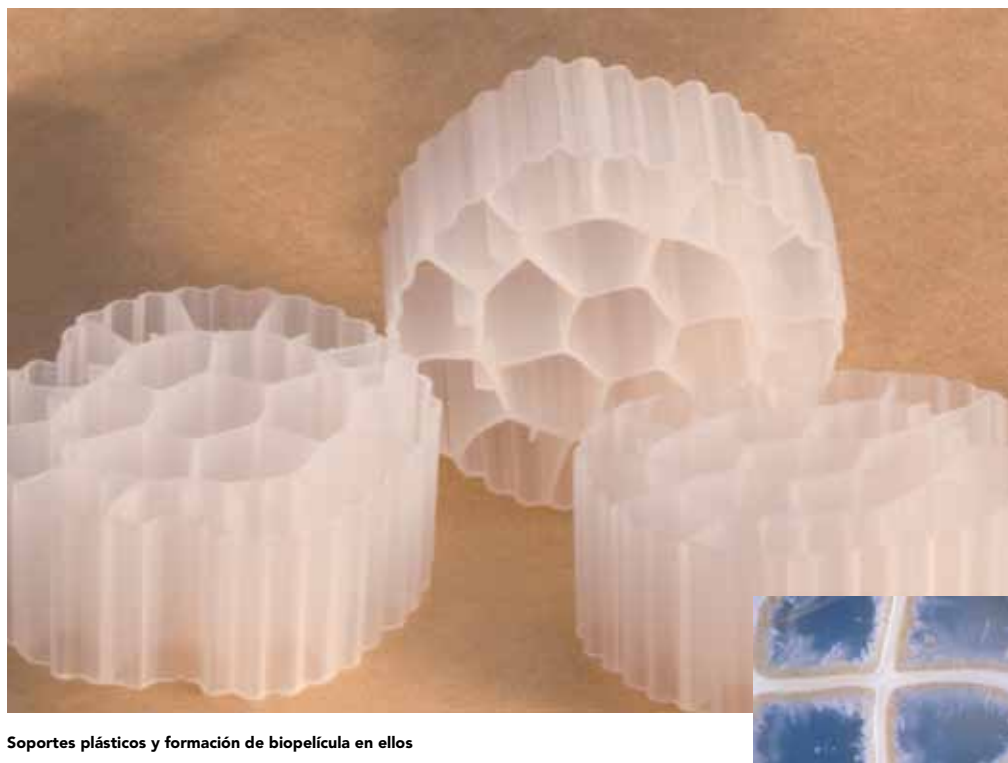
Combinación de procesos

Tal y como se ha apuntado anteriormente, la tecnología de lecho móvil puede emplearse a través de diferentes configuraciones para dar solución a cada caso en particular, pudiéndose combinar tanto reactores de lecho móvil como reactores de fangos activos.

Los procesos más utilizados en el ámbito industrial, y más particularmente en la industria farmacéutica son:

Proceso MBBR™ (Moving Bed Biofilm Reactor)

Procesos de una o varias etapas en los que se emplean exclusivamente reactores de lecho móvil, que pueden ir o no combinados de otros procesos físico-químicos. Dependiendo de las exigencias, se podrán emplear reactores aerobios o anóxicos. Además, si se trabaja a bajas cargas orgánicas y con un proceso multi-etapa, se puede lograr desarrollar microflora específica en cada etapa de manera que se pueda aumentar significativamente la eliminación tanto de materia orgánica fácilmente bio-



Soportes plásticos y formación de biopelícula en ellos

degradable como de contaminantes difíciles de degradar.

Proceso BAS™ (Biofilm Activated Sludge)

Se trata de un reactor en cabeza de lecho móvil seguido de un tratamiento por fangos activos. El reactor de lecho móvil elimina los compuestos más fácilmente biodegradables reduciendo el volumen global de la instalación y mejorando las propiedades de decantación del fango. Este primer reactor proporciona a su vez gran estabilidad ante variaciones de carga en el influente.

Principales elementos de una planta de lecho móvil

Dependiendo de las características del agua y de los límites de vertido exigidos, las instalaciones de tratamiento de aguas basadas en la tecnología de lecho móvil pueden estar compuestas de los siguientes elementos:

- **Bombeo del agua residual**
- **Pretratamiento:** Tamizado para eliminación de sólidos
- **Decantador primario:** En plantas pequeñas puede no existir
- **Reactores biológicos:** Reactores en los que se encuentra el relleno en suspensión, bien aerobios o anóxicos, en los que se produce la asimilación biológica del contaminante que se desea eliminar.
- **Decantador o flotador:** Elemento en el

■ LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA SE CARACTERIZA POR GENERAR AGUAS RESIDUALES DE CARACTERÍSTICAS VARIABLES A LO LARGO DEL TIEMPO

que se da la separación de la materia en suspensión y el agua clarificada efluente. Los sólidos recogidos se extraen al depósito de fangos.

Depósito de fangos: Depósito de almacenaje de los fangos purgados del decantador para su posterior tratamiento o gestión.

Conclusiones

Los procesos de biomasa adherida se presentan como una solución atractiva para afrontar las particularidades asociadas al tratamiento de aguas residuales farmacéuticas al permitir:

- Optimizar la eliminación contaminante al poderse crear sistemas de múltiples etapas con microflora específica para cada una de ellas
- Mejorar la eliminación de tanto sustancias fácilmente degradables como los compuestos más persistentes al poderse fácilmente dividir el proceso en pasos
- Obtener un sistema flexible, robusto y estable