

# Vertedero controlado de la comarca de Osona, con tratamiento de lixiviados y biogás

*En el vertedero controlado de la comarca de Osona, situado en el municipio de Orís (Barcelona) y recientemente ampliado, se lleva a cabo el aprovechamiento energético del biogás y la gestión de los lixiviados generados, lo que le hace ser un buen ejemplo de cómo se puede explotar eficazmente (tanto económica como ambientalmente) una instalación de este tipo. La propiedad y titularidad corresponde al Consorci per a la Gestió dels Residus Urbans d'Osona, del que forma parte el Ayuntamiento de Orís. La construcción "llave en mano" del sistema de tratamiento de lixiviados y biogás ha sido llevado a cabo por las empresas Cespa y Acsa (Agbar Construcción S.A.). La Planta de tratamiento de lixiviados fue subvencionada por la Agència de Residus de Catalunya, el tratamiento de biogás es una mejora a la plica presentada por la empresa adjudicataria en el último concurso.*



## Características del vertedero

El vertedero da servicio a todos los municipios de la comarca de Osona (51) y también desde finales del pasado año, presta servicio a la comarca vecina del Ripollès (19 municipios). En total se trata de 172.156 habitantes.

Hasta esta instalación llega la fracción resto de la recogida municipal; es decir, se trata de un depósito solo para residuos urbanos domiciliarios. Como dato, el pasado año entraron alrededor de 47.000 toneladas de residuos al vertedero. No obstante, se está fomentando que los municipios implanten la recogida selectiva de las diferentes fracciones para que al depósito vaya la mínima cantidad posible de residuos, se alargue así su vida útil y además cumpla la normativa europea de restricción de materiales biodegradables. De hecho en la comarca de Osona el porcentaje de recogida selectiva es muy alto, según datos de la Agència de Residus de Catalunya, en 2005 se recogieron selectivamente el 40,07% de los residuos urbanos domiciliarios.



## Construcción

El depósito se ha construido por fases, primero el vaso A, con dos fases, y después se empezó con la primera fase del vaso B y la construcción de la planta de tratamiento de lixiviados por ósmosis inversa. Tras la construcción de la ampliación del vertedero (segunda fase del vaso B), actualmente se encuentra en explotación esta fase del vaso B.

El proceso de construcción de dicha ampliación consistió básicamente en las siguientes etapas:

- Preparación y limpieza del terreno: tala de árboles, extracción de raíces, excavación y definición de taludes, refinamiento del terreno, etc.
- Construcción de un muro frontal de contención de tierras en la parte más baja del vaso con el fin de contener los escombros vertidos.
- Sistema de drenaje inferior para recoger las aguas que pudieran aflorar desde el terreno natural a la superficie del vaso.
- Impermeabilización del terreno con el fin de evitar que los lixiviados se infiltren al subsuelo. Fue de dos tipos: colocación de una capa de 90 cm de arcillas y en los taludes una lámina de bentonita de 0,6 cm, con una recubrimiento final con ñamina de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor.
- Sistema de drenaje de lixiviados y de aguas pluviales. Estas últimas son recogidas y canalizadas mediante un sistema de cunetas que desvían las aguas por los alrededores del vertedero. El sistema de drenaje de lixiviados consiste en el tendido de una capa de gravas de 80 cm de grosor en toda la base del vaso y un sistema de tubos de drenaje.

También se ha llevado a cabo la disposición de un camino perimetral así como un sistema de tratamiento de biogás y de los lixiviados, descritos más adelante.

La construcción y explotación del vertedero la realiza por concesión administrativa la empresa de gestión de residuos Cespa. La última concesión es del año 2003 y estará vigente hasta que se gestionen las aproximadamente 480.000 toneladas que tiene de capacidad la ampliación del vaso B.

## Sistema de tratamiento de lixiviados

La instalación de tratamiento de lixiviados se basa en la combinación de tres tecnologías:

- Tratamiento biológico de desnitrificación-nitrificación
- Ultrafiltración
- Ósmosis inversa

## Recepción del lixiviado

Actualmente el depósito controlado de Orís está equipado con dos vasos de recogida de lixiviados, que recogen los lixiviados generados en ambos vasos del vertedero. Uno de ellos, con una capacidad de 800 m<sup>3</sup>, recoge los lixiviados generados en el vaso clausurado (vaso A). El otro, con capacidad para 1.500 m<sup>3</sup>, recoge los que se generan en el vaso actualmente en explotación (vaso B).

Para conducir todos los lixiviados a la planta de tratamiento se ha instalado una bomba sumergida en cada vaso que alimenta al tanque de recepción y homogeneización exterior, cuya capacidad es de 400 m<sup>3</sup>. La función principal



de este dispositivo es la homogeneización del lixiviado a la entrada de la estación de tratamiento, regulando el caudal y la composición.

A continuación el lixiviado es conducido desde dicho depósito al primer tanque de depuración biológica (tanque de desnitrificación) mediante una tubería de acero inoxidable conectada a una bomba de alimentación de 4 m<sup>3</sup>/h de acero inoxidable, con una potencia de 0,55 kW.

#### Tratamiento biológico

El tratamiento biológico diseñado para la depuración de los lixiviados del vertedero de Orís se basa en dos etapas, desnitrificación y nitrificación.

En la fase de desnitrificación los componentes nitrogenados que contiene el lixiviado se degradan con la ayuda del nitrato que se forma en la nitrificación y que en la desnitrificación se transforma en nitrógeno molecular gracias a la respiración endógena de las bacterias que aprovechan el oxígeno de los compuestos oxidados. En el reactor de desnitrificación, el filtrado se mezcla con el concentrado procedente de la unidad de ultrafiltración y con una corriente de recirculación controlada procedente del reactor de nitrificación. Para ayudar a este proceso es necesario alimentar los microorganismos responsables del mismo mediante el aporte de nutrientes (principalmente fósforo) y ácido acético (fuente de carbón). También es necesario controlar el pH del lixiviado mediante una sonda automática que controla la entrada de hidróxido sódico al reactor.

El reactor de desnitrificación, tapado y con una capacidad de 100 m<sup>3</sup>, está equipado con un agitador para facilitar la mezcla del lixiviado con los nutrientes y el concentrado recirculado. Además cuenta con una chimenea de ventilación que permite la salida de los gases generados en el proceso y está

equipado con una unidad de control en by-pass que permite controlar en todo momento el pH y la concentración de oxígeno en la mezcla.

Este reactor está directamente conectado con el reactor de nitrificación mediante una conducción. El proceso de nitrificación se basa en la oxidación del amonio presente en el lixiviado a nitrato, mediante la acción de bacterias aerobias. Por lo tanto, para que este proceso suceda adecuadamente, es necesario aportar oxígeno o aire al lixiviado a depurar. A la vez se procede también a la degradación de las materias orgánicas nocivas.

El reactor de nitrificación también está cubierto, y tiene una capacidad de 300 m<sup>3</sup>. Está equipado con dos soplantes que aportan el aire necesario al interior del reactor, cuyo funcionamiento es automático mediante una unidad de control con by-pass que dispone de un sensor de oxígeno. Este control automatizado del oxígeno permite optimizar el consumo de energía y garantizar la concentración constante de oxígeno. Dado que el proceso de nitrificación requiere también ciertas condiciones de alcalinidad, se ha previsto la dosificación automática de ácido clorhídrico (HCl) mediante un sensor de pH que también dispone de una unidad de control.

Finalmente, el efluente tratado en ambos reactores (mezcla de agua y biomasa) se bombea al módulo de ultrafiltración.

#### Ultrafiltración

La ultrafiltración permite la separación apropiada de la mezcla de agua y biomasa, obteniendo por un lado un filtrado libre de sólidos en suspensión (con un tamaño superior a 0,02 µm) y por otro un concentrado que se recircula al reactor de destritrificación y/o nitrificación.

En este proceso se obtiene una concentración de biomasa de aproximadamente 10 veces superior que la obtenida en sistemas convencionales, lo que representa una reducción considerable

del espacio de implantación requerido, frente a sistemas convencionales de vasos abiertos.

La ultrafiltración se realiza en ocho módulos tubulares, equipados con membranas de compuesto orgánicas, con una superficie de filtración unitaria de 26,5 m<sup>2</sup>, conectados en serie. Cada uno de los módulos dispone de dos salidas; una corresponde a la salida del concentrado (que arrastra los sólidos en suspensión y las moléculas de cadena larga) que es recirculada a la línea de tratamiento biológico, y la otra salida es la del permeado, que comunica cada módulo de ultrafiltración con el siguiente hasta el último, donde sale finalmente el permeado ultrafiltrado.

El exceso de concentrado recogido en estos equipos (fangos formados durante la nitrificación) se eliminan periódicamente y se envían a la línea de tratamiento de fangos.

El permeado se recoge en un tanque intermedio de 5 m<sup>3</sup> de capacidad con doble función: regular el caudal de agua de entrada al proceso de ósmosis inversa y ajustar el pH del agua a la entrada del proceso, que ha de estar comprendido entre 5,5 y 6 con el fin de evitar la precipitación de carbonatos y metales pesados en la superficie de la membrana. Una bomba centrífuga conectada a la unidad de ultrafiltración alimenta al equipo de ósmosis inversa.

#### Ósmosis inversa

El proceso de ósmosis inversa se basa en la separación de las sales disueltas mediante la filtración del efluente a través de una membrana semipermeable a una presión superior a la osmótica causada por las sales disueltas en el agua a tratar.

La bomba de alimentación del tanque intermedio suministra el efluente a una bomba de alta presión con capacidad para bombear 5 m<sup>3</sup>/h y suministrar al efluente una presión máxima de 160 bar (presión de proceso de 140 bar). Desde aquí, una tubería conecta con los 12 módulos de ósmosis inversa de 144 m<sup>2</sup> de superficie total.





La regulación del proceso se realiza mediante un sistema de control equipado con dos conductímetros, 2 cudalímetros, un control de temperatura y uno de presión y un medidor de pH.

El control del proceso de ósmosis inversa está totalmente automatizado y está equipado con un sistema que, cuando la capacidad de tratamiento se reduce debido a incrustaciones y/o colmataciones en las membranas, se pone en funcionamiento un sistema de limpieza.

El sistema de tratamiento por ósmosis inversa de alta presión consigue, a partir de un efluente pretratado, un permeado con valores adecuados como para conducirlo a una balsa de aguas limpias existente. Por otro lado, los concentrados generados se conducen a un depósito de 25 m<sup>3</sup>, de donde son recogidos periódicamente por un gestor autorizado pero que en un futuro próximo se tratarán en la planta de secado. Actualmente se forman en la planta de tratamiento unos 2.920 m<sup>3</sup> de permeado y 1.280 m<sup>3</sup> de concentrado, que representan un 70% y 30%, respectivamente, del caudal de lixiviados que entran a la planta.

#### Equipos auxiliares

Para el buen funcionamiento de esta planta de tratamiento de lixiviados, también ha sido necesario la instalación de una serie de equipos auxiliares entre los que destacan:

- Línea de tratamiento de fangos, basada en la sedimentación-decantación de los sólidos en suspensión por gravedad y en la extracción del precipitado mediante una rasqueta de fangos conectada a una tubería. Estos fangos se gestionan como residuos.
- Depósitos de reactivos activadores de los procesos (ácido clorhídrico, hidróxido sódico, ácido acético, ácido fosfórico y antiincrustante)



- Depósito y sistema de limpieza de los equipos
- Compresor de aire, necesario para el funcionamiento de la bombas y válvulas neumáticas.

### Sistema de aprovechamiento energético del biogás

Con el objetivo de aprovechar el potencial energético del biogás generado en el depósito controlado de Orís y, además, contribuir a la reducción del impacto ambiental del vertedero, Cespa ha instalado un sistema de aprovechamiento que permite la recuperación energética, tanto eléctrica como térmica, de la energía contenida en el biogás.

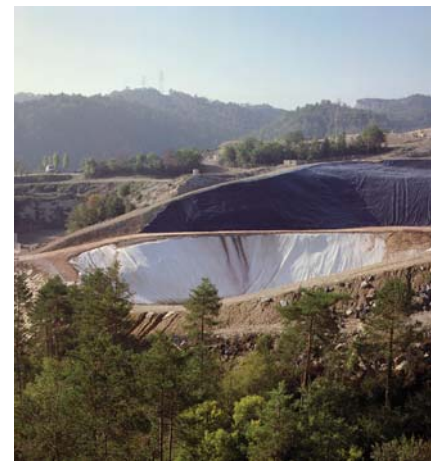
El sistema de aprovechamiento energético diseñado está constituido por los siguientes equipos:

- Dos microturbinas de 30 kWe cada una.
- Unidad de tratamiento del biogás, cuya finalidad es la depuración del biogás para eliminar aquellos compuestos, como siloxanos o ácido sulfhídrico, que dañan los equipos de aprovechamiento. La tecnología utilizada para la limpieza del biogás es el Carbón Activo.
- Planta de secado térmico para el tratamiento del concentrado de la ósmosis inversa obtenido en el tratamiento de los lixiviados del vertedero.
- Antorcha, para el quemado del biogás que no sea consumido en las microturbinas ni en la planta de secado.

Esta instalación de aprovechamiento energético mediante microturbinas junto con la planta piloto para la depuración biológica del biogás son actuaciones que se han desarrollado en el marco de un proyecto de I+D denominado MICROPHILOX, el cual ha sido subvencionado por el programa europeo LIFE-Medio Ambiente. Sistema de microturbinas.

Actualmente son aspirados en la planta de biogás 1.224.000 Nm<sup>3</sup>/h, de los cuales 180.000 Nm<sup>3</sup>/h van a una microturbina para generar electricidad (representa el 15%) y la otra parte se quema (104.400 Nm<sup>3</sup>/h).

Cespa está acabando de poner en funcionamiento la planta de secado del concentrado (subproducto de la planta de lixiviados), y también se está instalando una segunda microturbina. Además se prevé conectar más pozos de biogás hacia la planta de biogás para poder extraerlo. El aprovechamiento del biogás del vertedero con la suma de las dos microturbinas y la planta de secado puede aumentar hasta el 80%.



#### Sistema de microturbinas

El sistema de aprovechamiento energético instalado está diseñado para 2 microturbinas de biogás Capstone C30 de 30 kW cada una.

A diferencia de los motores, el biogás debe ser inyectado a la cámara de combustión de la microturbina a una presión de entre 3 y 5 bar. Esto requiere la instalación de un compresor. Puesto que el biogás tiene una humedad elevada, en la unidad de compresión, se realiza también un enfriamiento hasta 4,5°C con el fin de condensar y así eliminar humedad y otros elementos condensables como partículas y algunos siloxanos. Además, debido al estricto nivel de siloxanos aceptado por Capstone (5 ppb), fue necesario introducir un filtro de carbón activo con unas dimensiones de 1,62 m de altura y 0,5 m de diámetro, incluido en la misma bancada de la unidad de compresión:

A partir de la energía contenida en el biogás, las microturbinas producen energía eléctrica y calor. La energía eléctrica, 60 kW para dos microturbinas, es utilizada para autoconsumo de las instalaciones del vertedero, reduciendo así la necesidad de importación de energía eléctrica.

El calor generado por las microturbinas (gases de escape a una temperatura de aproximadamente 275°C) se aprovecha en la planta de secado térmico, en la que mediante un proceso de evaporación se transforma el concentrado de la ósmosis inversa en un residuo seco y una emisión gaseosa. En caso de que el calor generado en las microturbinas no sea suficiente para llevar a cabo el proceso de secado, se ha previsto que se queme también biogás del depósito controlado. El resto de biogás no utilizado en los equipos de aprovechamiento se quema en la antorcha.

**Unidad de tratamiento del biogás**

El elemento principal de la unidad de tratamiento de biogás es un filtro de carbón activo en el que quedan retenidos aquellos compuestos como los siloxanos, el ácido sulfhúrico, etc, cuya presencia en el biogás produce graves daños a los equipos de aprovechamiento energético (microturbinas, motores, etc.).

No obstante, es un material que, con el tiempo y en función de la concentración de contaminantes en el biogás, queda saturado. Por este motivo es necesario reemplazarlo. Actualmente en Orís, estos cambios se están realizando cada seis meses.

Con el objetivo de definir una tecnología que suponga un menor coste económico y ambiental, en el proyecto MICROPHILOX se investiga un sistema biológico para la depuración de biogás consistente en dos biofiltros, uno para la eliminación de H<sub>2</sub>S y otro para la eliminación de siloxanos. Al tratarse de una tecnología innovadora, previamente a su uso industrial y después de haber sido estudiada en laboratorio, ha sido necesaria la construcción de una planta piloto. Dicha planta piloto está constituida por un biofiltro de 15 m<sup>3</sup>/h para la depuración de ácido sulfhídrico y otro biofiltro de 2 m<sup>3</sup>/h, para la eliminación de siloxanos. Este último es de menor capacidad debido a que la depuración biológica de siloxanos es una tecnología mucho menos conocida y por tanto el riesgo tecnológico es mucho mayor.

Ambos biofiltros se encuentran instalados en el interior de un contenedor transportable, situado delante de las microturbinas.



**Microturbinas**

Las microturbinas son equipos muy similares a las turbinas convencionales, pero con algunas diferencias en el modo de funcionamiento. La principal diferencia es el hecho de tener un ciclo de recuperación de calor para mejorar el rendimiento. El resto de diferencias se encuentran en el sistema de transformación de energía mecánica a eléctrica, ya que no existe una transmisión mecánica que haga funcionar el alternador directamente a 50 Hz, sino que el alternador funciona a alta frecuencia y la conversión se realiza con electrónica de potencia.

El funcionamiento de una microturbina es muy sencillo. El aire es aspirado y tras pasar por un filtro de partículas es comprimido. A continuación, se hace circular por un intercambiador de calor donde absorbe parte de la energía de los gases de escape. El motivo es incrementar la temperatura previamente a la entrada a la cámara de combustión con lo que se consigue aumentar la eficiencia del proceso. Una vez en la cámara de combustión, se realiza la inyección del biogás y se produce la combustión de la mezcla. A diferencia de los motores alternativos, las turbinas precisan de una presión del biogás de entre 3 y 5 bar, suficiente para ser inyectado a la cámara de combustión. Los gases calientes producto de la combustión se expanden en la turbina, que al girar mueve el alternador eléctrico y el compresor. Los gases de escape expandidos se hacen circular por el intercambiador de calor. La salida del alternador es corriente alterna a alta frecuencia, por lo que es necesario la incorporación de un rectificador AC/DC y de un inversor que permita obtener una corriente alterna trifásica de 50 Hz.

**Planta de secado térmico**

La tecnología de secado térmico instalada en el depósito controlado de Orís es la tecnología Gatedryer®, ofrecida por la empresa Te.co.ma.

La función de esta planta es secar el concentrado de la ósmosis inversa usando biogás como gas de combustión. El producto a tratar entra a la cámara de secado en forma atomizada (gotas extremadamente finas) a través de una boquilla atomizadora. A su vez, se introduce en la cámara de secado el aire caliente procedente del escape de las microturbinas. En caso de que la temperatura de esta corriente de aire no sea suficiente para evaporar el agua contenida en el producto, se calienta mediante la combustión del

biogás del vertedero en los quemadores. Finalmente, el aire caliente es también introducido a la cámara de secado de tal manera que al entrar en contacto las pequeñas gotas de líquido con el aire a temperatura elevada, se produce la evaporación del agua contenida quedando sólo un residuo seco extremadamente fino y una corriente gaseosa que contiene el agua evaporada y los compuestos orgánicos más volátiles.

Al final del recorrido en el interior de la cámara de secado, las emisiones gaseosas junto con el residuo seco son enviados, mediante la creación de una depresión, al filtro de mangas. Este elemento consiste en un silo en forma de prisma rectangular en el interior del cual hay situadas un total de 110 mangas, donde queda retenido el polvo. Los gases son evacuados por una chimenea.

Para evacuar el polvo de las mangas se ha instalado un sistema que mediante un movimiento vibratorio aplicado con una determinada frecuencia produce unas sacudidas que facilitan la caída del polvo al cono de descarga y al big bag de doble capa en el que se almacena el residuo seco.

Además de estos elementos, existe también un depósito de homogeneización en el que el producto es agitado previamente a su introducción en la cámara de secado. Y también un sistema de control que permite la variación de los parámetros operacionales de la planta y dispone de un sistema de alarmas que se activa en caso de producirse alguna anomalía.