

## **Análisis de la situación y posible evolución de las tecnologías para el tratamiento de lodos de depuración**

En este breve resumen se describe la posible evolución de las tecnologías disponibles y en fase de desarrollo para el tratamiento de los lodos de depuración. La información ha sido extraída, en parte, del plan de gestión de lodos para las depuradoras del Canal Isabel II (Madrid, 2000)

### **1. Estabilización**

Dentro de las tecnologías tradicionalmente disponibles, la estabilización con cal u otro agente químico, es un proceso que tiene importantes inconvenientes, como es el aumento del volumen del fango, el consumo de reactivos y la ocupación de mayor superficie. Estos problemas hacen que su utilización tenga carácter marginal y que su tecnología esté, por tanto, limitada a pequeñas plantas.

Otras técnicas competitivas para pequeñas depuradoras como, la digestión aeróbica termófila autotérmica (ATAD), la digestión aeróbica con oxígeno puro o la digestión dual en dos etapas (aeróbica y anaerobia), no se consideran todavía totalmente disponibles, aunque es previsible que sí lo estén en el horizonte 2008.

La digestión anaerobia en sus distintas facetas es sin lugar a dudas la mejor tecnología disponible, especialmente para las plantas de gran tamaño. La evolución de la digestión anaerobia, se centrará previsiblemente en la forma de los digestores, con una implantación cada vez mayor de digestores de forma oval y en la mejora del rendimiento del proceso, para conseguir una reducción mayor de la materia orgánica y una mayor producción de biogás. No es previsible que se introduzcan en el horizonte del 2008, tecnologías a nivel industrial que incrementen sustancialmente la degradación de los sólidos volátiles ni los rendimientos de producción de biogás.

Las tecnologías que permitan la lixiviación de los metales pesados, continuarán siendo objeto de desarrollo importante, dada la necesidad de reducir el contenido en metales pesados del lodo. Sin embargo, no es previsible, debido a su desarrollo actual, que estas técnicas de estabilización estén operativas a escala industrial, en el horizonte del 2008.

### **2. Deshidratación**

Las mejores tecnologías disponibles están basadas en las técnicas de filtro banda y centrifugación, aunque para pequeñas plantas cabe considerar la eras de secado o los filtros prensa.

Las nuevas técnicas de deshidratación apuntan a un desarrollo de los sistemas forzados, bien por aumento de la temperatura del fango o acondicionamiento previo del fango de tipo térmico o electrolítico. También es previsible un aumento de los niveles de deshidratación mediante mejoras técnicas de espesamiento y estabilización.

Estas tecnologías estarán teóricamente disponibles antes del 2008. Es previsible por tanto que a la luz de las nuevas técnicas de deshidratación, se consiga alcanzar un valor medio del 28-30% de sequedad para los lodos mezclados (secundarios y primarios).

### **3. Compostaje**

En la actualidad las técnicas de compostaje utilizadas por los distintos gestores de lodos en España son poco intensivas. Tras una fase inicial de secado, el lodo es compostado al aire libre mediante sucesivos apilamientos y volteos utilizando palas cargadoras de ruedas. Las instalaciones existentes ocupan grandes superficies y tratan una gran cantidad de lodo (hasta 400.000 t ld/año). Estos sencillos sistemas de compostaje, que presentan como ventajas principales los bajos costes de inversión y explotación tienen, sin embargo, inconvenientes importantes tales como una gran necesidad de superficie, un menor control medioambiental (olores, emisiones de polvo y aerosoles, producción de lixiviados) y de proceso (no automatización), así como una baja aceptación social.

Las mejores tecnologías disponibles para el compostaje de lodos permiten realizar el proceso con un bajo impacto ambiental. Las últimas implantaciones de compostaje en nuestro país han sido de compostaje en apilamiento con ventilación forzada con sistemas de reducción de olores, compostaje en canales de agitación (tipo IPS) y compostaje en túneles (tipo GICOM).

El alto precio del suelo en las zonas urbanas y la aceptación pública que tienen tecnologías más intensivas de menor impacto ambiental indican que los posibles compostajes que se introduzcan en las zonas urbanas serán de tamaño pequeño o medio (30.000- 80.000 t /año), que es el rango de capacidades en el cual esta tecnología puede ser competitiva económicamente frente al secado. La evolución de estos tipos de compostaje va encaminada a un mejor control del proceso con una mejor aireación, menores tiempos de proceso y la obtención de un compost de calidad con mínima presencia de patógenos.

Uno de los problemas más importantes relacionados con la de los lodos de depuración es la salinidad de los mismos. Este alto contenido en sales puede afectar a ciertos cultivos así como a la estructura del suelo.

El tratamiento de lodos de depuración con otros residuos orgánicos como el FORSU (Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos), mediante un proceso de compostaje, es un escenario posible al horizonte del año 2008 que debe ser tenido en cuenta.

Las mejores tecnologías disponibles para el compostaje de FORSU, apuntan a una combinación de biometanización y compostaje aerobio. Este tipo de tecnologías no tiene ningún problema en ser adaptadas para recibir lodos de depuración.

Las limitaciones en la aplicación de esta tecnología vendrían dadas por la normativa legal que pudiera surgir al mezclar dos tipos de residuos distintos: FORSU y lodos de depuración.

#### **4. Biometanización**

Una de las tecnologías que posiblemente esté experimentando mayor evolución es la biometanización de lodos con otros residuos orgánicos como FORSU, desperdicios de las industrias de alimentación y pasta de papel.

Actualmente existen contrastados suministradores que ofertan procesos de biometanización de FORSU que pueden incorporar lodos de depuración. Las pruebas a escala real, con incorporación de lodos de depuración, indican que para porcentajes del 20 % el lodo puede ser codigerido sin afectar la producción de biogás y la destrucción de materia orgánica. La evolución de la tecnología irá encaminada a conseguir instalaciones más sólidas y fiables, aunque la obtención de rendimientos más elevados por tonelada de materia orgánica, no parece de momento alcanzable técnica y/o económicamente.

La implantación de la biometanización de lodos estará también condicionada por la evolución de la calidad de los mismos, en especial en lo relacionado con los metales pesados.

Al igual que en el caso del compostaje aerobio con FORSU, las limitaciones de la aplicación de esta tecnología vendrán dadas por las limitaciones legales que pudieran surgir al mezclar dos tipos de residuos distintos: la fracción orgánica de los RSU y el lodo de depuración.

#### **5. Secado solar de lodos**

Dada la creciente tendencia hacia un mayor aprovechamiento de energías limpias, es previsible un desarrollo creciente de tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de la energía solar para el secado de lodos de depuración.

El estado de las tecnologías no ofrece de momento ninguna solución novedosa o de calidad que sea económica para plantas grandes. Se concluye que sólo es previsible que se disponga de sistemas de secado industrial de tipo solar al horizonte del año 2008 para instalaciones pequeñas y en zonas no urbanas.

#### **6. Secado térmico de lodos**

El secado térmico de lodos de depuración es una tecnología disponible, en fase de rápido desarrollo, con una importante implantación en el sector del tratamiento de lodos en diferentes países de la Unión Europea.

La evolución de la tecnología de secado de lodos está dirigida principalmente a:

- Implementar tipos de hornos con menores consumos energéticos específicos.
- Conseguir instalaciones lo más compactas posibles.
- Conseguir la mejor automatización y control del proceso que garantice la mayor seguridad y fiabilidad.

El primer objetivo, va orientado a reducir los costes de explotación de las plantas de secado, que en una buena parte, están ligados al consumo energético necesario para la eliminación del agua del lodo. Para ello, las técnicas de secado persiguen un mejor y más uniforme contacto entre el medio calefactor y el lodo. En este sentido es de esperar mejoras de diseño y materiales que

garanticen alcanzar los consumos mínimos (700-800 kcal/kg de agua evaporada), en condiciones diversas.

Aunque con la tecnología disponible ya se dispone de plantas muy compactas, es previsible un desarrollo en este sentido, para facilitar su implantación en zonas altamente pobladas y dentro de los espacios disponibles de las depuradoras existentes.

Las diversas tecnologías disponen de numerosos sistemas de control. Las mejores tecnologías disponibles incluyen sin embargo:

- Medición y registro de la formación de gas metano en la sección de lodo húmedo.
- Control exhaustivo del contenido de  $O_2$ , a lo largo del horno de secado e instalaciones de apoyo.
- Control de los puntos de sobrecalentamiento y fuegos sin llama en las zonas de almacenamiento del producto seco mediante detectores de  $CO$ .
- Sistemas de alimentación de gas nitrógeno en los silos de almacenamiento.

Uno de los problemas más importantes resultantes de la reutilización en la agricultura de lodos secos se relaciona con la gran salinidad de los lodos secos. Al haber evaporado prácticamente toda el agua del fango resultan unos pellets con una concentración de sales muy alta. Esto implica tener que reducir los índices de aplicación en el suelo para evitar problemas en los cultivos. Por otro lado el proceso de secado garantiza una cierta eliminación de patógenos muy útil a la hora de manejar el producto.

### **7. Secado con gasificación**

Esta tecnología está en fase de avanzado desarrollo y ya se encuentra disponible en el ámbito industrial. Sin embargo, todavía supone un coste importante por lo que no siempre es viable dadas las posibilidades actuales de reutilizar el lodo seco en la aplicación al suelo.

Es previsible que al horizonte del año 2008 estén plenamente disponibles las tecnologías de secado, combinadas con una gasificación. Sin embargo, no parece difícil que se reduzcan significativamente los costes de inversión, que seguirán siendo muy superiores a los de las instalaciones sin gasificación. Esto obligará a una implantación en instalaciones grandes que justifique la inversión.

### **8. Cogeneración**

El sector de equipos de máquinas térmicas para producción de energía eléctrica, se encuentra en fase de gran desarrollo tecnológico en los últimos años. Esto se está traduciendo en una gran producción de equipos cada vez más potentes con mejores prestaciones y en una reducción progresiva de los precios de los equipos estándar comerciales, lo que motiva que los precios dados para turbinas y motores de gas, en un rango de capacidades para un proyecto concreto, no sean aplicables a otro proyecto cercano en el tiempo.

Las mejores tecnologías disponibles para las instalaciones de equipos de cogeneración (turbinas de gas, turbinas de vapor y motores) destacan principalmente por las siguientes mejoras:

- Desarrollo de equipos de cogeneración con rangos de producción más amplios en condiciones técnicas y económicas mejores.
- Mejores rendimientos.
- Mejoras en el diseño de los equipos y materiales para conseguir mayores períodos de vida útil de los equipos y reducir costes de mantenimiento.

La cogeneración asociada al secado térmico o a la incineración de lodos de depuración, puede acogerse al régimen especial establecido por el Real Decreto 2818/1998, de entrada en vigor el 1 de enero de 1999, que establece las primas que sobre el precio de mercado tendrán las instalaciones que cedan energía eléctrica a la Red en el tratamiento de residuos. El Real Decreto mencionado, establece el carácter permanente de la prima para todas las instalaciones de energías renovables y aquellas de tratamiento de residuos. Por lo tanto, las condiciones económicas en que se efectúa la cogeneración de energía eléctrica en el secado térmico de lodos y demás tratamientos de residuos se mantendrán sin cambios en el horizonte del 2008.

El Real Decreto establece, asimismo, las condiciones en que se debe incorporar el régimen especial de cogeneración, con los rendimientos eléctricos equivalentes que deben ser alcanzados por las instalaciones y los tamaños máximos que pueden tener éstas. Todo esto no cambiará previsiblemente en el horizonte del 2008.

#### **9. Incineración con RSU**

La tecnología de incineración está muy ligada a la evolución que ha experimentado la legislación de emisiones de contaminantes atmosféricos de instalaciones de combustión de RSU (Residuos Sólidos Urbanos).

La incineración de lodos va generalmente condicionada a un secado previo para reducir los costes.

La viabilidad económica de esta tecnología es en algunos casos discutible para el caso de los lodos de depuración, en caso de que éstos puedan ser reutilizados en aplicaciones al suelo.

Al horizonte del año 2008 también es previsible un aumento de las tecnologías disponibles en relación con la incineración. Sin embargo, no parece probable que se reduzcan los costes dado que las normativas de emisiones seguirán obligando a controles cada vez más exhaustivos.

#### **10. Incineración en cementeras**

La incineración en cementeras no es una tecnología disponible de momento en España aunque es una alternativa viable para lodos secos que tienen ciertas posibilidades de implantación en el horizonte del año 2008. Sin embargo, si las limitaciones para la reutilización del lodo en la aplicación al suelo limitan esta posibilidad y los costes de combustible continúan aumentando, es previsible que se introduzca la tecnología. Sin embargo el uso de esta tecnología se ha estimado que sería limitado.

## **11. Pirólisis**

Las técnicas de pirólisis de lodos están disponibles, pero a un coste muy elevado. Combinadas con otras tecnologías de acondicionamiento previo, es previsible que sigan avanzando en los próximos años en particular por su implantación en países industrializados. Es probable, por tanto, que estas tecnologías estén disponibles en el horizonte del año 2008.

Su implantación en cualquier caso estará vinculada a un aprovechamiento más adecuado de la energía y a una minimización de la contaminación atmosférica con los correspondientes costes de equipos de tratamiento de gases. Por estos motivos no se espera que se reduzcan los costes de inversión.

## **12. Oxidación**

La oxidación en todas sus variantes: crítica y subcrítica, húmeda y seca no se considera como una tecnología disponible en España en este momento. Se desconoce si las dificultades técnicas y económicas con que cuentan actualmente los procesos de oxidación de lodos, podrán ser superadas en los próximos años por lo que no se puede predecir si dichas tecnologías se desarrollarán lo suficiente para llegar a tener una implantación industrial en el horizonte del año 2008. Si puede ser previsible que se construya alguna instalación piloto con el fin de analizar la viabilidad de esta tecnología.

## **13. Tecnologías de revalorización**

Ninguna de las tecnologías de revalorización existentes en mayor o menor grado de desarrollo están actualmente disponibles en España.

La concepción del ladrillo ecológico o ECOBRICK<sup>®</sup> se fundamenta en la utilización de fangos de depuración, que junto con arcillas y otros residuos biológicos (biomasa forestal, residuos de serrerías, etc.), se transforma siguiendo un proceso cerámico, hasta conseguir obtener un material de construcción válido. Actualmente la calidad de este producto no es la adecuada aunque es previsible que se consiga mejorar mucho. En cualquier caso no se conoce ninguna instalación que utilice esta técnica de obtención de materiales cerámicos para la construcción en España y no es fácil prever si antes del horizonte del año 2008 se implantará alguna industria que considere la producción de este tipo de ladrillo. En cualquier caso, el volumen de lodos que se trataría con estas tecnologías sería marginal.

Algo similar se espera que ocurra con la elaboración de bases, sub-bases y elementos prefabricados a partir de fangos de depuración y ligantes hidráulicos, que pueden ser empleados en la mejora de las características de las explanadas de carreteras, o como materia prima para la realización de prefabricados de obra como bordillos, aceras, etc. Estas tecnologías tendrían aplicación en la reutilización de lodos contaminados con metales pesados, suponiendo que se consiga una adecuada inertización de los mismos.

#### **14. Costes de tecnologías**

Los resultados de un análisis de los costes de inversión y explotación de las tecnologías más actuales para el tratamiento de lodos de depuradoras aparecen resumidos en la Tabla 1.

Nota a la tabla: ms= materia seca

Tabla 1: Resumen de Costes de Tecnologías Disponibles en el 2002

Tecnología	Material	Capacidad normal de las unidades t /año	Capacidad normal de las unidades t ms /año	Inversión		Explotación € / t ms
				10 <sup>6</sup> €	€ / (t ms/año)	
<b>SECADO</b>						
Secado térmico + quemador	Lodo deshidr.	50.000 - 200.000	11.500 - 46.000	4,8 – 13,8	290 – 410	105 – 130
Secado térmico +cogeneración	Lodo deshidr.	50.000 - 200.000	11.500 - 46.000	9,6 – 27,0	590 – 830	40 – 110
Secado STC + cogeneración	Lodo deshidr.	10.000 - 47.000	2.300 - 10.800	2,6 – 7,8	730 – 1.120	60 – 140
Secado eléctrico con bomba de calor	Lodo deshidr.	10.000 - 33.000	2.300 - 7.600	1,4- 2,8	360 – 610	150 – 220
Secado térmico +cogeneración+gasificación	Lodo deshidr.	50.000 -200.000	11.500 - 46.000	14,4 – 39,1	850 – 1.250	30 – 110
<b>OXIDACION</b>						
Oxidación supercrítica (SCWO)	Lodo espesado	90.000	20.700	4,3	210	200
Sistema Vertech	Lodo espesado	622.000	28.000	36,1	1.290	250
<b>BIOMETANIZACION</b>						
Biometanización+cogeneración	Forsu/lodo 80/20	35.000 - 140.000	8.100 - 32.200	12,0 – 28,8	890 – 1.500	70 – 140
<b>INCINERACION</b>						
Presecado +inciner.+ turbina a vapor	Lodo deshidr.	50.000 - 200.000	11.500 - 46.000	25,2 – 72,7	1.590 – 2.180	220 – 320
Presecado +incineración (Dordrecht)	Lodo deshidr.	240.000	55.200	77,5	1.400	250
Incineración + turbina a vapor	Lodo deshidr.	50.000 - 200.000	11.500 - 46.000	29,4 – 85,3	1.850 – 2.570	250 – 350
<b>COMPOSTAJE</b>						
Compostaje windrow – s/bulking	Lodo deshidr.	10.000 - 150.000	2.300 - 34.500	0,5 – 3,1	90 - 240	20 – 85
Compostaje windrow	Lodo deshidr.	10.000 - 150.000	2.300 - 34.500	0,5 – 3,1	90 - 240	40 – 85
Compostaje túnel	Lodo deshidr.	10.000 - 150.000	2.300 - 34.500	2,5 – 18,3	530 – 1.080	90 – 170
Compostaje canal	Lodo deshidr.	10.000 - 150.000	2.300 - 34.500	1,2 – 7,8	220 – 510	60 - 140



