



# Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales

**José Antonio Mendoza Roca | M<sup>a</sup> Amparo Bes Piá**  
**M<sup>a</sup> José Luján Facundo | Eva Ferrer Polonio**



**Editorial**  
Universitat Politècnica  
de València

José Antonio Mendoza Roca  
M<sup>a</sup> Amparo Bes Piá  
M<sup>a</sup> José Luján Facundo  
Eva Ferrer Polonio

# **Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales**

Colección *Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita:

Mendoza Roca, J.A.; Bes Piá, M<sup>a</sup> A.; Luján Facundo, M<sup>a</sup>J.; Ferrer Polonio, E. (2021). *Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

© José Antonio Mendoza Roca  
M<sup>a</sup> Amparo Bes Piá  
M<sup>a</sup> José Luján Facundo  
Eva Ferrer Polonio

© 2021, Editorial Universitat Politècnica de València  
Venta: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 0315\_04\_01\_01

Imprime: Byprint Percom, S. L.

ISBN: 978-84-9048-212-4  
Impreso bajo demanda

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

Impreso en España

## Prólogo

La operación de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) conlleva la generación de grandes cantidades de fangos, los cuales se han de gestionar en la propia EDAR antes de su evacuación final. En este sentido, este libro describe los procesos que se llevan a cabo en las EDARs incluyendo el diseño de los mismos.

Esta publicación actualiza el libro de apuntes “Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales” (Ref. 2005.140) del Servicio de Publicaciones de la Universitat Politècnica de València, ya que, en los últimos 15 años, se han introducido importantes novedades en la gestión de los fangos de depuración. Algunas de estas novedades han sido la co-digestión, para aumentar la producción de biogás en los digestores anaerobios, y el concepto de la EDAR como biorrefinería o EDAR del futuro, en el que se maximiza la recuperación de productos del agua residual, como el nitrógeno y de fósforo, los cuales pueden ser recuperados en la línea de fangos. En este libro se han introducido estos importantes conceptos.

La presente publicación tiene por objeto servir de guía a los estudiantes de grado y máster que cursan asignaturas en las cuales se explica el tratamiento de los fangos de depuración de aguas residuales. En las titulaciones de grado de la rama industrial, en el marco de la asignatura *Tecnología del Medio Ambiente*, se introducen ya los primeros conceptos sobre la gestión de fangos, explicándose los procesos de separación y de estabilización de forma descriptiva. En las asignaturas de máster de *Tratamiento de Aguas Residuales* y *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales*, que se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSII), se explican a nivel de diseño estos procesos, por lo que este libro puede servir de bibliografía fundamental para las unidades didácticas de estas asignaturas en las que se incluyen procesos para el tratamiento de fangos. Por último, este libro pretende también servir de guía a aquellos estudiantes de diferentes titulaciones que realicen un Trabajo Fin de Grado o un Trabajo Fin de Máster sobre la gestión de fangos en depuradoras de aguas residuales.

El libro comprende un primer capítulo sobre la caracterización de fangos, seguido por una serie de capítulos que contienen las diferentes técnicas de tratamiento que se llevan a cabo en las EDAR. Así, el capítulo 2 se ocupa de los tratamientos físico-químicos, destinados a eliminar agua del fango, el capítulo 3 versa sobre estabilización, empleada para descomponer materia orgánica del fango, y el capítulo 4 se ocupa de los tratamientos térmicos, empleados para reducir al máximo el volumen final de fango a evacuar. El capítulo 5 trata sobre la gestión del agua extraída al fango, denominado licor del fango, incluyendo las tecnologías de presente y futuro para la recuperación de nitrógeno y fósforo de esta corriente. Por último, en el capítulo 6 se estudia la evacuación y destino final del fango, de acuerdo con la legislación vigente.



# Índice

<b>Capítulo 1. Caracterización del fango .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Legislación .....	3
1.3. Características de los fangos primarios .....	5
1.4. Características de los fangos secundarios.....	6
<b>Capítulo 2. Tratamientos físico-mecánicos .....</b>	<b>11</b>
2.1. Introducción.....	11
2.2. Concentración .....	13
2.2.1. Espesamiento por gravedad .....	13
2.2.2. Flotación.....	15
<i>Diseño de un sistema de flotación por aire disuelto con</i> <i>recirculación.....</i>	18
2.3. Deshidratación .....	21
2.3.1. Eras de secado .....	21
2.3.2. Acondicionamiento del fango .....	22
2.3.3. Filtración mediante filtros prensa .....	24
2.3.4. Filtración mediante filtros banda .....	25
2.3.5. Centrifugación .....	26
2.3.6. Tornillos deshidratadores .....	28
2.4. Desintegración .....	29
2.4.1. Concepto.....	29
2.4.2. Aplicaciones .....	30
<b>Capítulo 3. Estabilización .....</b>	<b>37</b>
3.1. Introducción.....	37
3.2. Digestión anaerobia .....	38
3.2.1. Descomposición anaerobia de la materia orgánica.....	38
3.2.2. Formas de operación de los digestores anaerobios según la temperatura. ....	40

<i>Digestión a temperatura ambiente</i> .....	40
<i>Digestión a temperaturas superiores a la ambiental</i> .....	41
3.2.3. Gas de digestión (biogás) .....	45
<i>Composición</i> .....	45
<i>Producción</i> .....	45
<i>Posibilidades de utilización del biogás</i> .....	46
<i>Tratamiento del biogás</i> .....	47
3.2.4. Co-digestión .....	49
3.3. Digestión aerobia .....	49
3.3.1. Descomposición aerobia de la materia orgánica .....	49
<i>Sistemas de aireación</i> .....	49
3.3.2. Formas de operación de los digestores aerobios según la temperatura .....	50
<i>Digestión aerobia convencional</i> .....	50
<i>Digestión aerobia termófila</i> .....	51
3.4. Estabilización simultánea .....	52
3.5. Diferencias entre la digestión aerobia y anaerobia .....	52
3.6. Compostaje .....	53
3.6.1. Introducción .....	53
3.6.2. Material destinado a compostaje .....	54
3.6.3. Sistemas de compostaje .....	55
<b>Capítulo 4. Tratamientos térmicos del fango</b> .....	<b>59</b>
4.1. Introducción .....	59
4.2. Secado térmico .....	60
4.2.1. Ventajas del secado térmico .....	60
4.2.2. Consideraciones generales .....	60
4.2.3. Tipos de secadores .....	61
<i>Clasificación en función de la fase plástica</i> .....	62
<i>Clasificación en función de la transferencia de calor</i> .....	62
<i>Clasificación en función de la granulación</i> .....	64
<i>Clasificación en función de la temperatura de secado</i> .....	65

4.2.4. Ejemplos de equipos de secado .....	65
<i>Equipos de secado por convección</i> .....	65
<i>Equipos de secado por conducción</i> .....	66
<i>Equipos de secado mediante energía solar</i> .....	67
4.2.5. Equipos auxiliares .....	68
<i>Equipos para operaciones con sólidos</i> .....	68
<i>Tratamiento de gases</i> .....	68
<i>Sistema de producción de calor</i> .....	68
4.2.6. Ámbito de aplicación .....	69
4.3. Incineración de fangos .....	70
4.3.1. Introducción.....	70
4.3.2. Hornos incineradores .....	70
<b>Capítulo 5. El licor del fango .....</b>	<b>73</b>
5.1. Introducción.....	73
5.2. Características .....	74
5.2.1. Licor del fango procedente de los procesos de concentración .....	74
5.2.2. Licor del fango procedente de la deshidratación.....	75
5.3. Tratamiento separado del licor del fango .....	75
5.3.1. Procesos para eliminación del nitrógeno.....	76
<i>Nitrificación-desnitrificación convencional</i> .....	76
<i>Eliminación de nitrógeno con desnitrificación vía nitritos</i> . .....	77
<i>Eliminación del nitrógeno mediante el proceso                 ANAMMOX</i> . .....	78
5.3.2. Procesos para recuperación del nitrógeno.....	80
5.3.3. Procesos para la recuperación del fósforo.....	80
<b>Capítulo 6. Evacuación de fangos .....</b>	<b>83</b>
6.1. Introducción.....	83
6.2. Producción de fango .....	84
6.3. Destino del fango. ....	85



*Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales*

6.3.1. Aplicación a la agricultura .....	85
6.3.2. Valorización energética .....	88
6.3.3. Vertedero .....	88
6.3.4. Otros destinos .....	89
<b>Anexos .....</b>	<b>91</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>97</b>

# Capítulo 1

## Caracterización del fango

### 1.1. Introducción

Dentro de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) se originan fangos en diferentes puntos de la planta. Estos fangos, también denominados lodos, están constituidos tanto por sólidos orgánicos como inorgánicos y tienen un alto porcentaje de agua.

El tratamiento de estos fangos en la propia EDAR atiende a dos objetivos:

- Disminuir el contenido en agua y con ello su volumen.
- Descomponer la materia orgánica (fácilmente biodegradable) en compuestos orgánicos más estables y en compuestos inorgánicos. Este proceso conocido como digestión, facilita la separación posterior del agua en los procesos de deshidratación.

Los tipos de fango y las zonas o puntos de generación dentro de la EDAR son los siguientes:

- a) Fango primario. Procedente del decantador primario donde se produce la separación de la materia sólida en suspensión que no ha sido

retenida en los pretratamientos. La separación se consigue cuando la velocidad ascensional del agua es inferior a la velocidad de caída de las partículas, lo que produce la decantación de éstas en el fondo del decantador. Por tanto, la separación es debida a un proceso físico provocado por la acción de la gravedad.

- b) Fango físico-químico. Producido durante los tratamientos físico-químicos, es decir, cuando se utilizan coagulantes y floculantes para aumentar el rendimiento de eliminación de los sólidos en suspensión. La adición de sales de hierro y aluminio se puede aplicar dentro de la EDAR para mejorar el rendimiento de la depuración y/o para eliminar fósforo. En este caso, la separación de las partículas es debida a la acción conjunta de un tratamiento químico y posterior sedimentación mediante un proceso físico.
- c) Fango secundario. Los tratamientos secundarios tienen como principal finalidad la eliminación de la materia orgánica biodegradable, existente en el agua residual, mediante tratamiento biológico. Estos tratamientos pueden ser; fangos activos, lechos bacterianos, biodiscos, biocilindros, lagunaje, filtros verdes y lechos de turba. Los más utilizados son el proceso de fangos activos y los lechos bacterianos.

En el proceso de fangos activos el cultivo bacteriano está disperso en forma de flóculos dentro de un depósito agitado y aireado (reactor biológico), en el cual las bacterias se alimentan de la materia orgánica contenida en el agua residual a depurar. La aireación proporciona el oxígeno que necesitan las bacterias aerobias para desarrollar sus funciones metabólicas. Tras un tiempo de contacto adecuado, el licor de mezcla (fango activo + agua tratada) se lleva a un clarificador, o decantador secundario, donde el agua depurada se separa de los fangos, devolviendo estos últimos al reactor biológico. Dado que los microorganismos crecen y por lo tanto el fango activo también lo hace, es necesario eliminar (purga) una parte para mantener la concentración en el reactor.

En los lechos bacterianos el agua a tratar se rocía en forma de lluvia sobre un material de relleno de gran superficie específica que sirve de soporte a los microorganismos, llamada biopelícula. La biopelícula va creciendo a medida que lo hacen los microorganismos que hay en ella y cuando alcanza un espesor aproximado de 3 mm, la parte interna entra en condiciones anaerobias y se produce el desprendimiento de la misma, que será arrastrada hasta los decantadores secundarios y de ahí a tratamiento de fangos.

## 1.2. Legislación

Para poder hacer una buena gestión de los lodos sobrantes generados en una EDAR es imprescindible conocer en profundidad la legislación aplicable en esta materia.

En primer lugar, cabe definir el concepto de lodo o fango residual. Según el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, se consideran lodos residuales a *“los sólidos de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas, urbanas o de aguas residuales de composición similar a las anteriormente citadas, así como los procedentes de fosas sépticas y de otras instalaciones de depuración similares, utilizadas para el tratamiento de aguas residuales”*.

Las EDAR deben asegurar la correcta gestión de este residuo que generan, bien directamente o mediante gestores autorizados, cumpliendo con lo establecido en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. El cumplimiento de esta legislación implica llevar a cabo la gestión de los residuos asegurando la protección del medio ambiente y la salud humana. Además, esta gestión se debe realizar conforme a la jerarquía establecida por esta ley, en la cual las opciones de gestión siguen la prioridad que se puede ver en la Figura 1.1.



**Figura 1.1. Jerarquía de gestión de residuos según la Ley 22/2011. Aplicación para los residuos procedentes de los lodos de EDAR**

Fuente: Elaboración propia

La disposición final de los lodos, una vez tratados (digestión aerobia, digestión anaerobia o compostaje), está regulada de la siguiente forma:

- Aplicación de lodos a suelos agrícolas; Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Incineración en instalaciones de incineración de residuos o co-incinerados en cementeras; Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el cual se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Vertedero; Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

En cada uno de estos documentos legislativos se encuentra la regulación específica a aplicar en cada caso.

Cabe destacar la creación del Registro Nacional de Lodos, que recoge la información suministrada por las instalaciones depuradoras, instalaciones de tratamiento de lodos y gestores, que realizan la aplicación agrícola de estos residuos. Estas instalaciones deben ir actualizando la información contenida en este registro conforme a lo establecido por la Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

A nivel autonómico, cabe tener en cuenta la Orden 22/2017, de 3 de agosto, por la que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario de la Comunitat Valenciana. Esta Orden surge como respuesta al creciente interés de los productores agrícolas en el aprovechamiento de los lodos de depuradora como fertilizantes. Este interés viene derivado del hecho de que uno de los requisitos de condicionalidad para la percepción de las ayudas directas de la Política Agraria Común de la Unión Europea contemplados en la Orden 11/2012, de 1 de agosto, de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua, es la utilización de estos lodos de depuración a los suelos agrarios de la Comunitat Valenciana. La Orden 22/2017, de 3 de agosto, tiene por objeto *“regular la producción y el tratamiento de los lodos de depuración generados en el tratamiento de las aguas residuales urbanas o asimilables con la finalidad prevenir efectos nocivos en el suelo, la vegetación, los animales y los seres humanos, así como regular la utilización de los lodos tratados en los suelos agrarios de la Comunitat Valenciana de forma que su uso suponga un beneficio agrícola o en una mejora ecológica de los suelos en los que se apliquen”*. En esta Orden se tiene en cuenta tanto el Real Decreto 1310/1990, como aquella legislación surgida posteriormente y que también aplicación en la gestión de los lodos con fines agrarios: la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados; el Real decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos

**Para seguir leyendo, inicie el  
proceso de compra, click aquí**