

## 3.5 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN

### ÍNDICE

3.5 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	2
3.5.1 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EL DISEÑO Y APOYO A LA DIRECCIÓN DE OBRAS .....	4
3.5.2 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN: ASPECTOS DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN .....	7
3.5.3 ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN.....	9

## **SERVICIO**

### **3.5 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

#### **DESCRIPCIÓN**

Para garantizar la sostenibilidad del ciclo hidrológico del agua y, por tanto, de los recursos hídricos, es necesario que, una vez utilizada, la devolvamos a los cauces naturales con la menor carga contaminante posible para que actúen con eficacia los mecanismos naturales que conlleva esta sustancia para su defensa. Con este fin, se han desarrollado, y continúan en desarrollo, una serie de sistemas que configuran lo que se denomina de forma genérica depuración de las aguas.

El proceso de la depuración de las aguas es unitario en sí mismo, pero exige de distintas tecnologías que, a su vez, demandan distintos sistemas. Comprende desde la recogida del agua residual hasta la incorporación de la misma al medio natural, por lo que necesita de distintas infraestructuras, de la explotación de las instalaciones y del tratamiento de los residuos, lodos y biogás que se generan en el proceso y que son susceptibles de aprovechamiento.

Todas estas actuaciones conforman el saneamiento de las aguas residuales como conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar las condiciones higiénicas de una comunidad. A grandes rasgos este sistema está formado por el alcantarillado y la depuración, que comprenden las infraestructuras necesarias para la recogida y transporte del agua y para su tratamiento.

#### **GOBERNANZA**

Desde mucho tiempo atrás, la administración hidráulica española ha tenido la vocación de conservar el agua por ser el recurso que garantiza la vida y porque la disponibilidad de este recurso, en cantidad y calidad, es imprescindible para que la sociedad progrese de manera adecuada o, lo que es lo mismo, sostenible.

La mejora de la calidad de las aguas, que fue y sigue siendo uno de los principales retos de la política hidráulica española desde que se incluyó el concepto en la Ley de Aguas del año 1985, es hoy una realidad tangible en continuo proceso de cambio, pues una vez concluida la depuración del total de los vertidos, es necesario asegurarla y mejorarla, tarea en la que la innovación es imprescindible.

La política europea en esta materia ha venido a reafirmar esta forma de pensar y, así, la Directiva 91/271/CCE que exigió que antes del año 2005 las aglomeraciones urbanas tuvieran sus aguas residuales recogidas y conectadas a sistemas de depuración, propició el Plan Nacional de Depuración, aprobado en el año 1995 cuya pretensión fue la depuración de las aguas residuales para una población de más de 70.000.000 habitantes equivalentes. Durante su vigencia, se promulgó en el año 2000 la Directiva Marco del Agua que proclama el principio de la recuperación de los costes. Concluido su tiempo de vigencia, surgió el Plan Nacional de Calidad de las Aguas (2007-2015) que debía completarlo mediante la ampliación y mejora de las plantas existentes, la construcción de nuevas infraestructuras y la incorporación de nuevas tecnologías.

Al amparo de estas normas, se ha desarrollado una gran actividad en esta materia que, con una inversión superior a los 10.000 M euros, ha propiciado que estén en explotación más de 2.950 estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) con una capacidad de depuración superior a los 4.000 Hm<sup>3</sup>/ año.

Son disposiciones legales que exigen unos mínimos y, por tanto, nada se opone a que haya otras más exigentes, como puede ser el caso de los Planes Hidrológicos de Cuenca y el Plan Hidrológico Nacional.

El alcantarillado es competencia de los ayuntamientos y también lo es la depuración, mientras que los Organismos de cuenca son los responsables del control de los vertidos a los cauces. Los organismos encargados de regular el servicio son las entidades locales y las comunidades autónomas, que también pueden ser los gestores del mismo, aunque es frecuente que encomienden esta labor a empresas.

En la actualidad se depura el 80% del agua residual que producen los núcleos de población y sus industrias.



Ilustración 1: EDAR Sur Oriental (Madrid).

**MÁS INFORMACIÓN:**

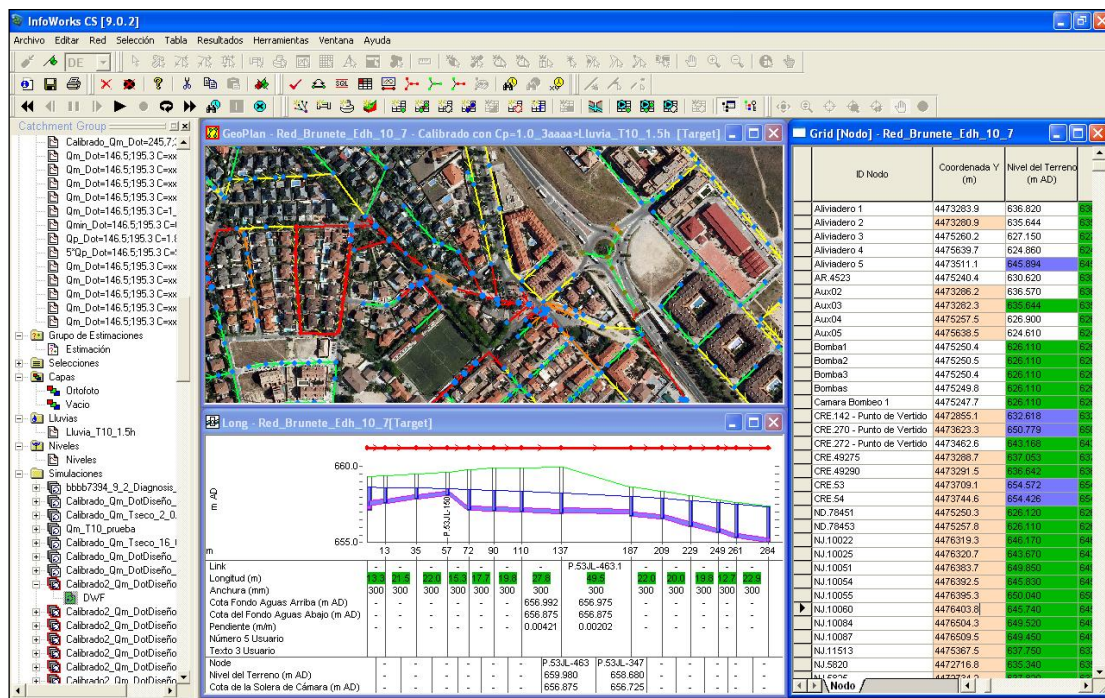
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.5.1 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EL DISEÑO Y APOYO A LA DIRECCIÓN DE OBRAS

## TECNOLOGÍAS

El diseño y cálculo de redes de saneamiento y de drenaje presenta una serie de singularidades que han impuesto el desarrollo de herramientas específicas, entre las cuales hay que diferenciar las que se orientan de forma singular al diseño, basadas en el tratamiento del terreno, y las que desarrollan el cálculo hidráulico.



**Ilustración 2: Imagen del Interfaz Gráfico de Usuario de uno de los paquetes de software más usados para el análisis y diseño de redes de drenaje y saneamiento.**

El primer aspecto a considerar es la toma y tratamiento de datos. Si se tiene en cuenta que las redes objeto de estudio son subterráneas y su accesibilidad no siempre es fácil, máxime cuando se trata de medios urbanos de gran densidad, el uso de modernas técnicas de investigación y de gestión de los datos se hace imprescindible para la adecuada caracterización y modelización del medio.

El cálculo hidráulico de las redes comprende tanto la caracterización hidráulica de los colectores como la de las obras especiales incluidas en la red. Desde el punto de vista de la teoría hidráulica, se plantean y resuelven ecuaciones de flujo en lámina libre, con la particularidad de que al ser conductos cerrados deben permitir los procesos de su puesta en carga.

Además, es conveniente contar con modelos hidrológicos acoplados al modelo de cálculo de forma que, desde un entorno de trabajo integrado, se puedan obtener los valores de entrada de los caudales de escorrentía en los puntos de integración que sean precisos dentro del modelo e incorporarlos al cálculo hidráulico de la red de colectores. Estos modelos hidrológicos suelen emplear módulos de cálculo “ad hoc” para hidrología urbana.

Asimismo, para caracterizar adecuadamente los fenómenos de inundabilidad en el ámbito urbano, existen modelos que tratan el problema de forma integral, analizando el complejo proceso que se produce en los casos de lluvias de gran intensidad, en los que puede suceder que se agote la capacidad de la red de colectores o que sea insuficiente la capacidad de absorción de los imbornales y se produzca una distribución entre los caudales absorbidos por la red subterránea y los caudales superficiales, para lo cual, resulta necesario acoplar los modelos unidimensionales que rigen el comportamiento del fluido en la red de colectores a modelos hidrodinámicos bidimensionales para la estimación de la propagación de avenidas en medios urbanos.

Todo ello permite desarrollar arquitecturas de modelización complejas que, bien bajo un único entorno basado en software comercial, o mediante arquitecturas abiertas que acoplen módulos de cálculo heterogéneos, permitan la gestión integrada del sistema: desde el cálculo hidrológico de las aportaciones y la caracterización hidráulica de las redes y sus obras singulares hasta el acoplamiento del funcionamiento hidráulico de la red de forma conjunta a la propagación superficial de la onda de avenida durante procesos de inundación en medios urbanos.

La necesidad de incorporar herramientas para abordar el diseño de forma integral se manifiesta asimismo en la consideración de aspectos adicionales al puramente hidráulico, como son los relacionados con la calidad del agua y la gestión de la contaminación y los olores en medios urbanos. La necesidad de caracterizar la dilución y la carga de contaminantes dentro de la red y, especialmente, en los intercambios con el exterior, así como la exigencia de controlar los olores en puntos sensibles, son aspectos muy importantes a considerar a la hora de desarrollar los sistemas de diseño.

Además de los medios de cálculo disponibles, existen manuales técnicos ya desarrollados que permiten recoger la experiencia acumulada en el diseño de redes y obras singulares.

## **INFRAESTRUCTURAS**

Si se tiene en cuenta que las redes de saneamiento y drenaje deben estar diseñadas para que circulen tanto aguas negras como aguas de escorrentía superficial, su complejidad es indiscutible. Asimismo, es importante señalar que muchas de estas redes deben quedar adaptadas para que puedan circular por ellas caudales superiores a los de diseño, lo que exige que el proyecto contemple elementos de seguridad como aliviaderos y de almacenamiento adicional como estanques de tormentas.

Cabe destacar, entre las obras más singulares, los elementos de disipación de energía, necesarios para mantener velocidades admisibles de flujo en los colectores al tener que conservar las pendientes. Esta exigencia, que se agudiza en el caso de redes existentes cuando la única solución es ampliar la capacidad de la red superior mediante la construcción de colectores interceptores profundos, ha dado origen a nuevas soluciones para optimizar el funcionamiento de este tipo de infraestructuras, manteniendo su principal ventaja de facilidad de ejecución y mínima ocupación del

espacio, como son los pozos de caída excéntricos o vortex dropshaft en su acepción sajona (VDS).



**Ilustración 3: Pozo de caída excéntrica.**



**Ilustración 4: Modelo tridimensional de un estanque de tormentas.**

Los retos planteados en el diseño de grandes redes de drenaje y saneamiento, exigen que las herramientas que se empleen permitan, con una flexibilidad cada vez mayor, abarcar desde el ámbito de la simulación de la escorrentía y la respuesta de las cuencas urbanas hasta el detalle de las obras de transporte, regulación, laminación y disipación de energía dentro de la red, así como las interacciones de la misma con el medio exterior, integrando asimismo aspectos hidráulicos y de calidad del agua.

**MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>

## SERVICIO

### 3.5.2 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN: ASPECTOS DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

## TECNOLOGÍAS



**Ilustración 5: EDAR de La Gavia (Madrid).**

La depuración implica un conjunto de procesos de tipo físico-químico y biológico que permiten la reducción de la contaminación, fundamentalmente orgánica, de los vertidos urbanos. También, y en función de las exigencias a los vertidos, se pueden incluir procesos para reducir la contaminación por nutrientes u otros.

El agua que llega a una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) es objeto de un pretratamiento para quitarle los materiales que arrastra, desarenarla y desengrasarla. A continuación, se somete a las depuraciones primaria y secundaria, en las que se desarrollan procesos de decantación que producen fangos y tratamientos biológicos. Los fangos obtenidos sufren un proceso de digestión, para después someterlos a otro de espesamiento y deshidratación antes de ser evacuados.

En España, fruto de la actividad desarrollada en este campo, existen diferentes tecnologías operativas, que van desde el proceso de fangos activados, que es el más utilizado, hasta la filtración biológica o las membranas, sin olvidar los procesos MBR que combinan la degradación biológica con la separación por membranas

Los desarrollos tecnológicos en el campo de la depuración se centran fundamentalmente en los sistemas MBR y en la minimización de la producción de fangos y su uso posterior, así como en la componente energética de los procesos biológicos.

## INFRAESTRUCTURAS

La morfología de las instalaciones las hace fácilmente reconocibles. En esencia, la parte visible de las mismas son una serie de tanques y depósitos, generalmente de forma circular y rectangular, distribuidos de forma regular en espacios próximos a las poblaciones. El volumen de esas unidades de obra depende del volumen de agua a tratar que, a su vez, está en relación directa con el de los vertidos.

Con el fin de reducir el impacto producido por los olores, algunos procesos se cubren para su desodorización, sin perjuicio de instalar un sistema perimetral con el mismo objeto.

Para diseñar la planta se tienen en cuenta los denominados habitantes equivalentes que expresan la carga contaminante de la población, del ganado y de la industria.

### **MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>



## SERVICIO

### 3.5.3 ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

#### TECNOLOGÍAS

En alcantarillado, el empleo de técnicas informáticas de apoyo y optimización de tareas de limpieza y de conservación, preventiva y correctiva, de las infraestructuras (tubos, colectores, pozos de registro) y la búsqueda de la eficiencia en estas labores ayudan en las tareas principales de los operadores. Tecnologías como la revisión robotizada (cámaras ópticas autodesplazables por colectores no visitables), la resolución de averías o deterioros con robots dirigidos a distancia o las técnicas de re-piping (encamisados de viejas tuberías existentes) son cada vez más empleadas.

El novedoso equipamiento electromecánico para facilitar la operación inteligente de las redes de saneamiento (retención y acumulación de caudales, aprovechamiento de capacidades de almacenamiento en conducciones, etc.), y el empleo de instrumentación (niveles, caudales, velocidades, pero también sensores de calidad) permiten el control más tecnificado y cercano de estos sistemas de drenaje urbano y recogida de aguas residuales.

Los modelos hidráulicos de simulación de redes de alcantarillado (apoyados en GIS) son ampliamente utilizados, incluso en su extensión a otros elementos del urbanismo superficial (calles y viario en general).

La fijación de ordenanzas o reglamentos de vertido para mantener la adecuada disciplina de aporte de los caudales industriales y especiales, y el control rutinario de las calidades de los vertidos generados, se han identificado como técnicas relevantes para proteger la integridad de las infraestructuras de saneamiento.

En depuración, dada la complejidad de estas instalaciones y su industrialización, ya que son verdaderas fábricas de fangos o biosólidos, es necesario el uso de modelos de simulación de procesos, especialmente los de carácter biológico, y el control automático de parámetros de proceso y de elementos de accionamiento automático. Una operación óptima requiere la familiarización con el uso de técnicas de operación y automatización de los procesos físico-químicos y biológicos, con que están dotadas las EDAR, y de potentes acciones de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo aplicadas a la sofisticada maquinaria y equipamiento electro-mecánico, con especial atención a la corrosión.

La eficiencia en el consumo energético es trascendente y el aseguramiento de las calidades, tanto de los efluentes como de los fangos (aprovechables como fertilizantes o enmiendas orgánicas, o como combustibles de baja capacidad calorífica) requieren un control industrial (calibración de instrumentos) y de laboratorio muy sofisticado y profesional.

El empleo de técnicas de mantenimiento, del sofisticado equipamiento electro-mecánico, preventivas, programadas y predictivas es ampliamente empleado por los operadores del sector.

## INFRAESTRUCTURAS

En alcantarillado, aunque la técnica distingue entre redes separativas (cuando se recogen independientemente las aguas fecales o residuales de las pluviales) o unitarias (se recogen y transportan en la misma red), éste último sistema es el más común y sus elementos son representativos también de las redes separadas.

Elementos representativos son las acometidas de aguas residuales (obras de conexión de los efluentes producidos por los vertidos de usuarios); los imbornales o sumideros, que colocados en calzada conducen la escorrentía superficial a las tuberías de recogida; las redes de alcantarillado, formadas por la densa red de tuberías, canales o galerías de recolección de vertidos; los aliviaderos, que descargan la red o las depuradoras cuando los caudales son excesivamente elevados; los bombeos de residuales, cuando no es posible hacer circular el agua residual por gravedad, y los tanques de tormenta o grandes depósitos que acumulan agua para evitar descargas de contaminación en tiempo de lluvia.

En depuración, las EDAR son las complejas infraestructuras encargadas de los procesos de depuración, físico-químicos y sobre todo biológicos, del agua residual procedente de los vertidos urbanos, produciendo lodos o fangos de depuración y agua depurada. Las instalaciones de gran magnitud suelen estar dotadas de sistemas de digestión anaeróbica de los fangos, con producción y almacenaje de gas de digestión (biogás, muy rico en metano), proceso que cada vez adquiere mayor importancia debido al nexo agua energía.

Los emisarios de vertidos son las tuberías que transportan el agua depurada desde las EDAR hasta el punto final de vertido, cuya estabilidad física está asegurada por las obras de vertido.

Las plantas de tratamiento de fangos se ocupan de los lodos o fangos de depuración de las EDAR, y su posterior minimización, mediante secado térmico, incineración, compostaje o similares, para facilitar su disposición en vertederos especiales o su aprovechamiento para la jardinería, producción agrícola o forestal, o energético o como subproducto en industrias con demanda de materias con valor energético.

En España, en cuanto al saneamiento y depuración de aguas residuales, se gestionan 70 mill. de habitantes equivalentes mediante tratamiento secundario o biológico y 95.000 Km. de colectores de alcantarillado (2,01m/hab.).

## ALGUNOS EJEMPLOS DE CASOS DE ÉXITO

Dado que son más de 3.000 las instalaciones de EDAR, de diferentes tamaños, tecnologías y antigüedad, no consideramos oportuno destacar ningún ejemplo concreto.

En España, en los últimos 30 años se han concebido, diseñado, construido, instalado y se están operando EDAR (convencionales, de tecnologías blandas o de bajo consumo energético) bajo la Planificación Nacional y los diferentes Planes Autonómicos de Saneamiento, lo que ha permitido dar servicio a los citados 70 millones de habitantes equivalentes mencionados, cubriendo prácticamente el 100% de las poblaciones superiores a 15.000 habitantes.



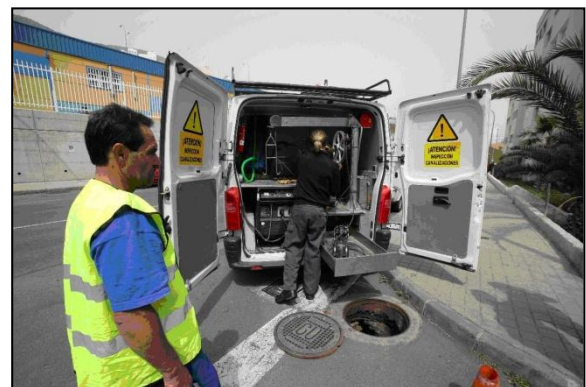
**Ilustración 6: EDAR del Prat de Llobregat.**



**Ilustración 7: Secado térmico de fangos en EDAR.**



**Ilustración 8: Robot para supervisión y Reparación.**



**Ilustración 9: Empleado en trabajos en la red de saneamiento.**

### **MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua

<http://www.magrama.gob.es/es/agua>

Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>