

La depuración de las aguas residuales para pequeñas poblaciones

Enrique Ortega de Miguel

Área de Tecnología del Agua. CEDEX

enrique.ortega@cedex.es

Yasmina Ferrer Medina

Área de Tecnología del Agua. CEDEX

yasmina.ferrer@cedex.es

Juan José Salas Rodríguez

Coordinador de I+D+i. CENTA

jjsalas@centa.es

Carlos Aragón Cruz

Área de I+D+i. CENTA

caragon@centa.es

Álvaro Real Jiménez

Área de I+D+i. CENTA

areal@centa.es

Resumen

Con las actuaciones definidas en el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (1995-2005), el grado actual de conformidad con la Directiva 91/271 en España supera el 80%. No obstante, la mayoría de estas actuaciones han estado dirigidas a abordar el saneamiento y la depuración de las grandes y medianas poblaciones (más de 2.000 habitantes equivalentes). Estos resultados satisfactorios, y la necesidad de alcanzar el 100% de depuración en el territorio nacional, han propiciado que dentro del *Plan Nacional de Calidad de las Aguas, Saneamiento y Depuración 2007-2015 (PNCA)*, elaborado por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente en colaboración con las Comunidades Autónomas, se prevean actuaciones concretas en poblaciones pequeñas (menos de 2.000 h.e.). Sin embargo, estos segmentos de población no han sido suficientemente estudiados hasta el momento. Para dar respuesta a esta carencia, el CEDEX y el CENTA, por encargo del MMA, han llevado a cabo un estudio sobre el estado actual de la depuración en estas pequeñas poblaciones, identificando la población equivalente de este rango poblacional pendiente de depuración y analizando las diferentes alternativas de gestión y tratamiento aplicadas en este ámbito. El resultado de este estudio es un documento titulado “Situación actual de la depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones” en el que se recoge información concerniente, no sólo a España, sino también a otros países. Asimismo, se ha procedido a la elaboración de un “Manual para la implantación de sistemas de depuración para pequeñas poblaciones” con el objeto de agrupar en un solo documento toda la información concerniente al diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de depuración aplicables en poblaciones de menos de 2.000 h.e. En este Manual, para cada tecnología se analizan, entre otros, los siguientes aspectos: requisitos de superficie, costes de implantación y explotación, normas de diseño, construcción y explotación. Finalmente, se establecen una serie de criterios para la selección de la tecnología adecuada en cada caso particular.

Palabras clave: PNCA, saneamiento y depuración, aglomeraciones urbanas, dimensionamiento.

1 Introducción

En el año 2007 se aprobó el Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015 (PNCA), que da respuesta tanto a los objetivos no alcanzados por el anterior Plan Nacional (1995-2005), como a las nuevas necesidades planteadas por la Directiva Marco del Agua y por el Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua). Con este Plan, el Ministerio de Medio Ambiente, actual Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, persigue el definitivo cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE y pretende contribuir a alcanzar el objetivo del buen estado ecológico, que la Directiva Marco del Agua propugna para el año 2015.

Uno de los nuevos objetivos prioritarios del citado Plan aborda el saneamiento y la depuración de los pequeños núcleos de población, inferiores a 2.000 habitantes equivalentes. Sin embargo, estas aglomeraciones urbanas, para las que la Directiva 91/271/CEE exige un “tratamiento adecuado”, no han sido suficientemente estudiadas. Para aumentar el grado de conocimiento del saneamiento y depuración de estos pequeños núcleos, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), dependiente de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino (MARM), y la Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA), han llevado a cabo un estudio sobre “La depuración de aguas residuales en las pequeñas poblaciones”, con tres objetivos básicos:

- El estudio de las tendencias actuales observadas en España y otros países de la Unión Europea y resto del mundo.
- El análisis de la situación en I+D+i en esta materia, estableciendo carencias y necesidades.
- La elaboración de un Manual para la implantación de sistemas de depuración adecuados.

Para alcanzar los objetivos planteados, el primer paso ha consistido en el análisis de la situación actual de la depuración en las pequeñas poblaciones. El resultado ha sido un documento titulado “Situación actual de la depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones” en el que, además de presentar las tecnologías aplicadas en estas aglomeraciones urbanas y el grado de conformidad con la Directiva 91/271/CEE alcanzado tanto en España como en otros países de la UE y el resto del mundo, se incide en cuestiones de gestión y planificación.

El fundamento, diseño, diagramas de flujo, rendimientos, costes y aspectos relativos a la operación y el mantenimiento de las tecnologías de depuración aplicables las pequeñas poblaciones constituyen el objeto del “Manual para la implantación de sistemas de depuración para pequeñas poblaciones”. Este documento pretende ser una guía práctica, no sólo para los responsables del diseño y dimensionamiento de nuevas instalaciones de tratamiento, sino también para los encargados de la planificación y para las autoridades competentes en general.

2 Metodología

Para realizar el diagnóstico sobre el estado de la depuración en pequeñas poblaciones se acometieron las siguientes actuaciones:

- Revisión de los planes regionales de saneamiento y depuración y de los informes oficiales del Ministerio de Medio Ambiente y de la Comisión Europea.
- Consulta de artículos internacionales y documentos legislativos (leyes y normas) relacionados con la depuración en las pequeñas poblaciones.
- Recopilación de información directa de los responsables del saneamiento y depuración de las Comunidades Autónomas mediante cuestionarios y reuniones de trabajo.

Toda la información identificada se plasmó en un documento borrador, que fue discutido en varias reuniones de trabajo, y en el que se incluyeron todas las aportaciones recibidas por parte de las administraciones competentes y un panel de expertos en la materia, creado para tal ocasión.

En el desarrollo del Manual sobre tecnologías de tratamiento aplicables en pequeñas poblaciones se siguió una metodología similar, si bien se incluyeron otros aspectos:

- Revisión bibliográfica.
- Recopilación de datos reales sobre costes de implantación y explotación de tecnologías.
- Estimación de costes teóricos.

- Estimación de superficie necesaria de implantación.
- Elaboración de diagramas de flujo.
- Estudio de alternativas de tratamiento y combinación de tecnologías.
- Análisis y establecimiento de criterios para la selección de tecnologías.

Durante la fase de elaboración del Manual se contó con la ayuda del panel de expertos, con el fin último de aportar universalidad y aplicabilidad al mismo.

3 Resultados

El estudio emprendido conjuntamente por el CEDEX y CENTA, en relación a la depuración de las aguas residuales generadas en las pequeñas poblaciones, ha dado como resultado los siguientes documentos:

- Situación actual de la depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones
- Manual para la implantación de sistemas de depuración para pequeñas poblaciones

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de ambos documentos.

3.1 Situación actual de la depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones

3.1.1 El concepto de pequeña población y de tratamiento adecuado

El punto de partida del trabajo realizado fue establecer el concepto de pequeñas población, para así poder delimitar el ámbito del estudio. Para ello, se definieron una serie de características o peculiaridades que suelen afectar a estas pequeñas poblaciones, como son las fuertes oscilaciones de caudal diarias o la falta de economía de escala, entre otras. Aunque no se puede hablar de un tamaño determinado a partir del cual concurren las circunstancias mencionadas, puesto que son efectos graduales e influyen diversos factores como el tipo de población o su grado de aislamiento, en la Unión Europea se suelen considerar pequeñas aglomeraciones aquellas con una población inferior a los 2.000 h.e., coincidiendo con el límite establecido por la Directiva 91/271/CEE, por debajo del cual las aguas residuales requieren un tratamiento adecuado. Por otro lado, la International Water Association (IWA) define la pequeña población como aquella con un número de habitantes inferior a 4.000 h.e., distinguiendo entre muy pequeñas poblaciones (de 1 a 10 familias), poblaciones medianas (50-500 h.e.) y poblaciones de mayor tamaño (500-4.000 h.e.).

Derivado de la propia Directiva 91/271/CEE aparece el concepto de *tratamiento adecuado*, que se define como aquel que permite alcanzar los objetivos de calidad en el medio tras la descarga de los efluentes sobre el mismo, sin fijar unos requisitos específicos a la calidad de dichos efluentes. En Europa, algunos países han optado por aplicar los mismos límites que los establecidos por la Directiva 91/271/CEE para las medianas y grandes aglomeraciones urbanas. Por el contrario, otros países han desarrollado una legislación específica para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas poblaciones, entre ellos: Francia, Polonia, Inglaterra, Austria, Finlandia o Dinamarca. Cabe destacar el caso de Francia, donde los límites de vertido exigidos a las pequeñas poblaciones son, en general, inferiores a los establecidos para las grandes aglomeraciones, como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1 Límites de vertido establecidos por la legislación francesa para poblaciones menores de 2.000 h-e (Arrêté du 22 juin 2007)

Rendimientos mínimos hasta el 12 de diciembre de 2012		
Parámetro	Concentración límite en el efluente depurado	Rendimiento mínimo
LAGUNAJE		
DQO		60%
OTROS PROCESOS DE DEPURACIÓN		
DBO ₅	35 mg/l 70 mg/l (en caso de se sobrepasen los caudales de referencia o en operaciones de mantenimiento o en circunstancias excepcionales)	60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l)
DQO		60%
SS		50%
Rendimientos mínimos a partir del 1 de enero de 2013 PARA TODOS LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN		
Parámetro	Concentración límite en el efluente depurado	Rendimiento mínimo
DBO ₅	35 mg/l 70 mg/l (en caso de se sobrepasen los caudales de referencia o en operaciones de mantenimiento o en circunstancias excepcionales)	60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l)
DQO		60%
SS		50%

3.1.2 El saneamiento y depuración en España

Como consecuencia de la ejecución de las actuaciones previstas en el primer Plan de Saneamiento y Depuración (1995-2005), y de los planes regionales desarrollados por las distintas Comunidades Autónomas, el grado de conformidad con la Directiva 91/271/CEE alcanzado en España en el año 2005 era del 77% (se estima que este porcentaje ha superado el 80% en la actualidad). El 20% no conforme se corresponde principalmente con poblaciones inferiores a 10.000 h.e. Del análisis de la información recopilada en este trabajo, se deduce que el grado de depuración alcanzado en poblaciones de menos de 2.000 h.e. es inferior al 40-50 % el todo el territorio nacional, con algunas excepciones. Con estos datos, se ha estimado que la carga contaminante pendiente por depurar en este rango de población es de aproximadamente 3-4 millones de h.e. Aunque esta carga es pequeña, en comparación con la población equivalente total, el número de aglomeraciones a que corresponde se ha estimado en más de 6.000, muchas de ellas por debajo de los 500 h.e.

A la hora de planificar el saneamiento y la depuración de las pequeñas poblaciones, el primer paso es delimitar las aglomeraciones. En relación a este aspecto, es posible establecer una división entre aquellas Comunidades Autónomas con un elevado grado de concentración de la población (como Madrid, Murcia, Comunidad Valenciana y algunas de las Islas Canarias), y aquellas que presentan un alto nivel de dispersión en una parte importante de su población (caso de Galicia, Asturias, Castilla y León y Cataluña en algunas partes de su territorio). En las primeras, por lo general, se apuesta por tecnologías de depuración intensivas mientras que en las segundas, debido al elevado número de aglomeraciones definidas y a su dispersión, se ha optado por diversificar las tecnologías de depuración a aplicar, abriendo paso también a los tratamientos extensivos. La tabla 1 muestra las tecnologías ordenadas según su grado de implantación actual en aglomeraciones menores de 2.000 h.e en algunas de las Comunidades Autónomas.

Como puede observarse en la Tabla 2, la aireación prolongada es la tecnología más ampliamente utilizada. Del análisis de toda la información recopilada por rangos de población y por CCAA se ha observado que la aireación prolongada predomina especialmente en las poblaciones de más de 1.000 h.e., aunque en algunas zonas es aplicada incluso en los núcleos más pequeños de menos de 500 h.e. a pesar de que esta tecnología presenta unos elevados costes de implantación y un alto consumo energético. Igualmente, se ha comprobado que los sistemas

de tratamiento primario (fosas sépticas y tanques Imhoff) presentan una alta aplicación, sobre todo en los núcleos de menos de 500 h.e., y suelen ir seguidos de sistemas de infiltración en el terreno. En el rango de 500-1.000 h.e., se amplía el abanico de tecnologías aplicadas, destacando algunas por su mayor frecuencia, como el lagunaje, los lechos bacterianos y los humedales artificiales.

El proceso de selección de la tecnología más apropiada suele ser complejo, ya que no sólo deben considerarse aspectos reglamentarios, sino también económicos, sociales y ambientales. Para hacer frente a esta complejidad, algunas Comunidades Autónomas han desarrollado métodos específicos que permiten dar una orientación sobre el grado de aglomeración aconsejable y la tecnología más adecuada. Este es el caso de Galicia y Cataluña, que han integrado este tipo de herramientas en la planificación del saneamiento y la depuración. En otras Comunidades, se han desarrollado experiencias piloto en búsqueda de las soluciones de saneamiento y depuración más adecuadas para los pequeños núcleos. Este es el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía, que en 1987 aprobó un Plan de I+D de Tecnologías no Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales, a fin de incrementar el conocimiento existente sobre las tecnologías extensivas y así favorecer su aplicación en las pequeñas aglomeraciones urbanas.

La construcción de nuevas instalaciones de tratamiento de aguas residuales se financia principalmente a través de las Comunidades Autónomas y/o a través de fondos del Estado, en el caso de que las obras sean declaradas de Interés General del Estado. También, las Diputaciones Provinciales y los Cabildos Insulares suelen financiar obras de saneamiento y depuración, especialmente para las pequeñas poblaciones.

Si bien la gestión del saneamiento y depuración es competencia directa de cada ayuntamiento, se ha comprobado que esta opción no suele ser viable, por lo que se han adoptado otros tipos de mecanismos de gestión:

- La gestión supramunicipal, a través de mancomunidades o consorcios, que permite la repartición de costes.
- La gestión a través de entidades públicas de saneamiento autonómicas, que son las encargadas de la recaudación del canon de saneamiento en toda la región, para hacer frente a los costes asociados a la explotación y mantenimiento de las infraestructuras. Es el caso de la Comunidad Valenciana (EPSAR), Navarra (NILSA), Murcia (ESAMUR), Aragón (el Instituto Aragonés del Agua), Castilla- La Mancha (Aguas de Castilla La Mancha) y Madrid (Canal de Isabel II).
- La gestión a través de entidades públicas de saneamiento a nivel provincial, creadas por las Diputaciones Provinciales, cuyas funciones se limitan a la gestión de los presupuestos destinados a tal fin por este tipo de entidades locales y a la explotación de las infraestructuras de saneamiento y depuración de poblaciones de tipo pequeño y medio.
- La gestión a través de de Agencias o entidades similares, que incluyen las competencias de planificación y control del dominio público hidráulico propias de los organismos de cuenca, además de las funciones de recaudación y distribución del canon de saneamiento y, en algunos casos, de la gestión de las infraestructuras de saneamiento y depuración. En este bloque se incluyen la Agencia Balear del Agua y de la Calidad Ambiental (ABACA) en las Islas Baleares, la Agencia Catalana del Agua (ACA), Aguas de Galicia (AGA) y los Consejos Insulares del Agua existentes en cada isla de la Comunidad Autónoma de Canarias.

En otras CCAA es la propia administración autonómica, a través de su estructura específica (Dirección General del Agua o similar), la que planifica y financia las obras a través de los presupuestos autonómicos u otras aportaciones externas, mientras que la gestión del saneamiento y la depuración recaen en los ayuntamientos o entidades supramunicipales creadas a tal efecto. En la mayoría de las Comunidades Autónomas, se aplica algún tipo de tarificación, normalmente mediante el establecimiento de un canon de saneamiento.

Tabla 2 Tecnologías aplicadas en pequeñas poblaciones por orden de abundancia y CCAA

Comunidad Autónoma	1era tecnología (más abundante)	2ª tecnología	3era tecnología	Otras tecnologías (menos abundantes)
Andalucía	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Filtros de turba	CBR, Lagunaje, Humedal Artificial, Lechos bacterianos
Aragón	Aireación prolongada	Lechos bacterianos	Biodiscos	Tratamiento primario
Asturias	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Lagunaje	Biológico con eliminación de N y P
Cantabria	Aireación prolongada	Aireación prolongada+ lagunaje	Tratamiento primario	
Castilla-La Mancha	Aireación prolongada y lagunaje	Aireación prolongada y lagunaje	Lechos bacterianos	CBR, tratamientos primarios y filtros verdes
Castilla y León	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Fosas sépticas + filtros biológicos	Lagunaje, lechos bacterianos, filtros de turba
Cataluña	Aireación prolongada	Biodiscos	Humedales artificiales, filtros verdes, lechos bacterianos	Lagunaje, tratamientos primarios
Extremadura	Aireación prolongada	Biodiscos	Lechos bacterianos	Lagunaje
Galicia	Aireación prolongada	Lecho bacteriano	Tratamiento primario	Tratamiento físico-químico
La Rioja	Aireación prolongada	Lechos bacterianos	Lagunaje	Biocilindros
Madrid	Aireación prolongada	Biodiscos	Lechos de turba	Filtros verdes
Navarra	Tratamiento primario (fosa séptica)	Lechos bacterianos	Biomasa fija sobre lecho móvil (MBBR)	Humedal y filtro de arena + lagunaje, aireación prolongada
Valencia	Aireación prolongada	Lechos de turba	Biodiscos/ biocilindros	Lechos bacterianos
País Vasco	Tratamiento primario*	Zanjas, lechos y pozos filtrantes, lagunaje, filtros de turba	Aireación Prolongada	

* Principalmente tanques Imhoff y fosas sépticas

Nota: CBR = Contactores Biológicos Rotativos. SBR = Reactores Secuenciales

Fuente: Planes regionales de saneamiento y depuración

3.2 Manual para la implantación de sistemas de depuración para las pequeñas poblaciones

El segundo documento, fruto de la colaboración entre CEDEX y CENTA, está orientado a establecer criterios para adoptar soluciones adecuadas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en pequeñas poblaciones

y recomendaciones de carácter técnico que ayuden a la redacción de proyectos, puesta en marcha, mantenimiento y explotación de estas infraestructuras.

Independientemente del tamaño de la población a tratar, a la hora de redactar un proyecto de construcción de una estación depuradora es necesario recopilar una serie de datos de partida y, en el caso de que no existan, realizar estudios previos (campañas de muestreo, medición de caudales, etc.). En el Manual se especifica cuál debe ser esta información en el caso concreto de proyectos de estaciones depuradoras de menos de 2.000 h.e. Asimismo, se indican los aspectos fundamentales a tener en cuenta en la redacción del proyecto.

Tal y como se ha puesto de manifiesto en el documento “Situación actual de la depuración en pequeñas poblaciones”, es amplio el abanico de tecnologías aplicables a la depuración de poblaciones menores de 2.000 h.e., por ello, en el Manual se han recogido todas estas posibles soluciones. Concretamente, las tecnologías consideradas han sido: tratamientos primarios (fosa séptica, decantador-digestor y decantación primaria), tratamiento secundarios extensivos (humedales artificiales, lagunaje, filtros de turba, y filtros intermitentes de arena) y tratamientos secundarios intensivos (aireación prolongada, lechos bacterianos y contactores biológicos rotativos). Aunque menos extendidas en la actualidad, también se han considerado otras tecnologías como los reactores secuenciales (SBR) y los sistemas de biopelícula sobre lecho móvil (MBBR). Igualmente, se recogen especificaciones sobre la obra de llegada a la EDAR, los pretratamientos necesarios y la medición de caudales.

Para cada una de las tecnologías contempladas en el Manual se han desarrollado los siguientes aspectos:

- Fundamentos del proceso.
- Diagrama/s de flujo, en el que se muestra/n la/s configuración/es más comúnmente aplicadas para cada tecnología. A modo de ejemplo, se presentan los diagramas correspondientes a la aireación prolongada y a los humedales artificiales (Figuras 1 y 2).

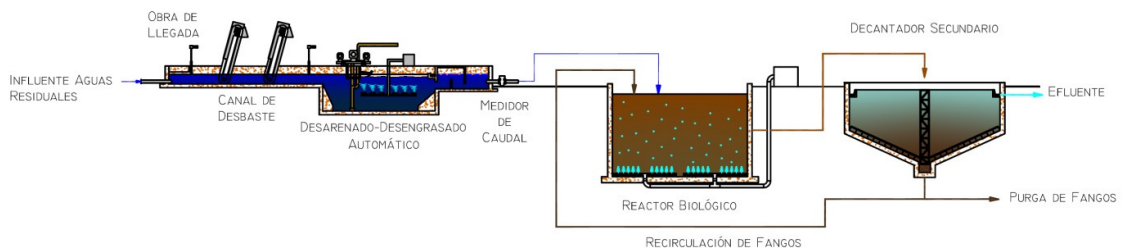


Figura 1 Diagrama de flujo de Aireación Prolongada

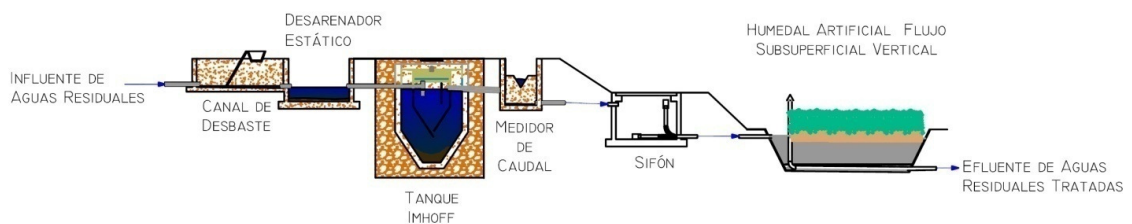


Figura 2 Diagrama de flujo de un Humedal Artificial de Flujo Vertical

- Características del tratamiento, en concreto: los rendimientos de depuración, el rango poblacional recomendado para su aplicación, la superficie requerida, el consumo energético, la influencia de las condiciones meteorológicas, los costes de implantación y explotación, la influencia de las características del terreno, la capacidad de adaptación a variaciones estacionales, la fiabilidad del tratamiento, la complejidad de explotación, la generación de fangos y otros subproductos y los impactos ambientales asociados a cada una de las tecnologías recogidas en el Manual. En la Figura 3 se muestran, a modo de ejemplo, las curvas de superficie y costes (teóricos y reales) de la tecnología de lechos bacterianos incluidas en el Manual.

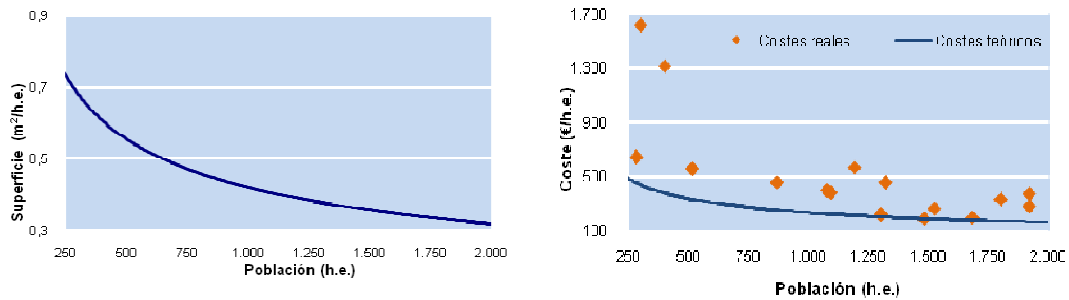


Figura 3 Curvas de superficie por habitante equivalente servido y costes de implantación para la tecnología de Lechos Bacterianos

- d) Ventajas e inconvenientes de cada una de las tecnologías incluidas en el Manual
- e) Diseño y construcción, presentando los diversos métodos y fórmulas empleadas en el dimensionamiento, así como los principales parámetros de diseño (carga orgánica, carga hidráulica, etc.). Igualmente, se presentan los criterios constructivos concernientes a materiales, elementos de entrada y salida y configuración espacial, entre otros.
- f) Puesta en marcha de las instalaciones, detallando todas las actuaciones a emprender durante esta etapa.
- g) Mantenimiento y explotación, indicando las principales actividades a desarrollar así como la temporalidad de las mismas. También, se incluye una tabla con las anomalías típicas que puede encontrar el operador en el funcionamiento de las unidades de depuración, analizando sus posibles causas y determinando las actuaciones dirigidas a solventarlas.

Aparte de presentar de forma individualizada las tecnologías de depuración aplicables a las pequeñas poblaciones, en el Manual se han identificado posibles combinaciones entre las mismas, persiguiendo los siguientes objetivos:

- Simplificar y abaratar la gestión de los fangos.
- Permitir el vertido de los efluentes depurados al terreno cuando no existe cauce próximo.
- Desinfectar y almacenar los efluentes depurados.
- Homogeneizar la calidad del vertido.
- Aprovechar infraestructuras existentes (reciclado de instalaciones obsoletas).
- Eliminar nutrientes.

A priori, la combinación de tecnologías no es excluyente, es decir, es posible combinar todo tipo de tecnologías: tecnologías intensivas entre sí, tecnologías intensivas y extensivas y/o tecnologías extensivas entre sí. En las Figuras 4 y 5 se muestran dos ejemplos de combinación de tecnologías: a) humedal artificial, seguido de laguna de maduración; b) tanque Imhoff, seguido de lecho bacteriano.

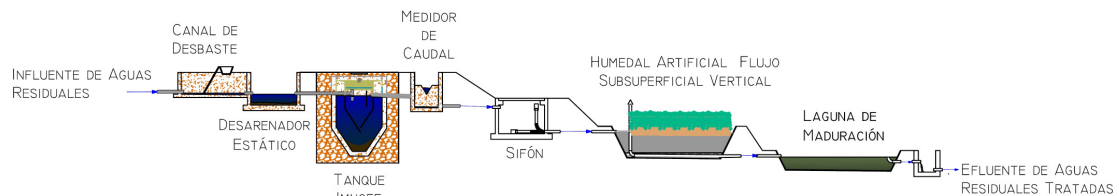


Figura 4 Combinación de humedal artificial y laguna de maduración

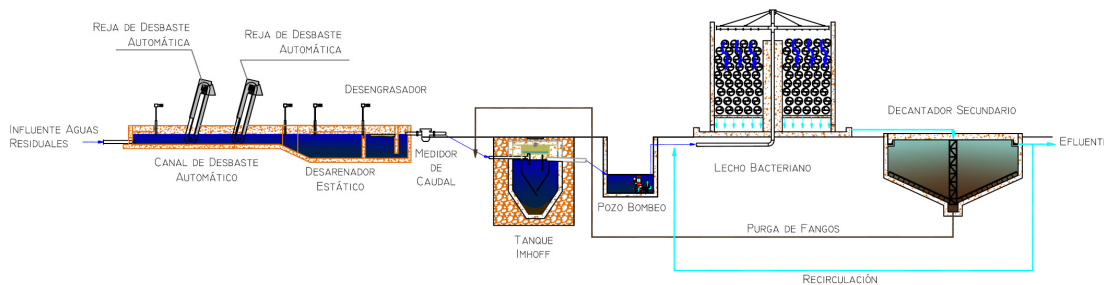


Figura 5 Diagrama de flujo de la combinación tanque Imhoff y Lecho Bacteriano

El Manual incluye también un apartado dedicado a la gestión de fangos, con el objetivo de dar cumplimiento a la jerarquía en la gestión de residuos promulgada por la Unión Europea y traspuesta al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 10/98 de Residuos.

Por último, en el Manual se establece un conjunto de criterios para la selección de la tecnología adecuada en cada caso particular. Los factores que se han definido como claves en la toma de decisiones han sido: la calidad requerida del efluente y el nivel de tratamiento necesario, la capacidad de dilución del cauce receptor, el tamaño de la población, la tipología del agua residual, la superficie disponible, la climatología, condiciones del terreno, presencia de acuíferos, variaciones estacionales, posibilidad de reutilización, los condicionantes medioambientales, la proximidad de viviendas o zonas de uso público, las posibilidades de gestión de los fangos y las facilidades de explotación y mantenimiento. En la Tabla 3 se muestra las tecnologías recomendadas en base al criterio concreto de tamaño de la población.

Tabla 3 Rango de aplicación recomendable de los diversos sistemas de depuración

Tecnología	Rango de población (h.e.)			
	50 – 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 2000
Fosa séptica	■			
Tanque Imhoff	■	■	■	
Decantación primaria			■	■
Laguna anaerobia 1		■	■	■
Lagunaje	■	■	■	■
Humedal artificial	■	■	■	■
Filtros de turba	■	■	■	■
Filtros intermitentes de arena	■	■	■	■
Contactador biológico rotativo	■	■	■	■
Lecho bacteriano	■	■	■	■
Aireación prolongada	■	■	■	■
Reactores secuenciales ²	■	■	■	■
Biopelícula sobre lecho móvil ²		■	■	■

¹ La laguna anaerobia se contempla como tratamiento primario en depuradoras con tratamiento secundario posterior

² Existen pocas experiencias en España de estas tecnologías en este rango de población, por lo que se trata sólo de un rango propuesto

Nota: la zona no rayada indica el intervalo para el cual es especialmente recomendable cada tecnología

4 Conclusiones

Las principales conclusiones de los trabajos desarrollados bajo el marco del convenio de colaboración entre el CEDEX y CENTA se exponen a continuación:

- Se ha comprobado que la información sobre el estado de la depuración de las aguas residuales y las infraestructuras existentes en las pequeñas aglomeraciones urbanas es limitada y en algunos casos difícilmente accesible. Así, por ejemplo, ni la Comisión Europea ni los Estados miembros han hecho un balance del estado de la depuración en poblaciones menores de 2.000 h.e. en sus respectivos informes oficiales, al contrario de lo que ocurre para las grandes poblaciones, donde el grado de conocimiento del estado de la depuración es mucho mayor.
- En Europa existen países que han establecido una legislación específica para regular el saneamiento y la depuración en núcleos de menos de 2.000 h.e., definiendo en límites concretos el concepto de “tratamiento adecuado”. No es el caso de España, donde se observa que no existe un criterio único entre las Comunidades Autónomas para abordar la depuración de las pequeñas poblaciones. La regulación específica del tratamiento de las aguas residuales de pequeños núcleos supondría, para el caso español, un impulso a las actuaciones emprendidas en este rango de población y, de ser menos estricta que los límites definidos para las grandes poblaciones, permitiría a las administraciones competentes apostar por un más amplio abanico de soluciones tecnológicas.
- Durante el proceso de planificación, la definición de las aglomeraciones urbanas es un aspecto de suma importancia. De hecho, es uno de los requisitos básicos que la Administración General del Estado debe exigir a las Comunidades Autónomas, previo a la firma de los convenios bilaterales contemplados en el Plan Nacional de Calidad de las Aguas (2007-2015), un requisito que debería consistir, no sólo en la delimitación de las aglomeraciones, sino también en la justificación técnica, económica y medioambiental que ha derivado en ese nivel de aglomeración.
- Dada la complejidad existente en la planificación de la depuración a pequeña escala, se considera conveniente el empleo de instrumentos de ayuda a la toma de decisiones y el desarrollo de experiencias a escala piloto.
- En cuanto a la gestión de las estaciones de tratamiento en pequeñas poblaciones, parece claro que la gestión llevada a cabo directamente por cada ayuntamiento es poco efectiva, salvo contadas excepciones, debido al fenómeno de economía de escala y a la escasez, tanto de recursos económicos como técnicos, que caracterizan a estos municipios. Lo recomendable es, por tanto, la gestión supramunicipal a través de cualquier sistema que agrupe a varios municipios (mancomunidades, consorcios), que permita compartir los costes de explotación de las infraestructuras de depuración, así como el personal técnico encargado de su operación y mantenimiento. A parte de estas entidades supramunicipales, resulta conveniente la existencia de una entidad autonómica o provincial, que lleve a cabo un seguimiento y control de las mismas y gestione los instrumentos de financiación (recaudación y administración del canon u otro sistema de financiación).
- Las actividades de investigación se constituyen como herramienta básica para solventar algunos de los problemas observados en el saneamiento y depuración de las pequeñas poblaciones. Analizar las necesidades existentes, establecer prioridades e implantar estrategias para potenciar la investigación en los temas más importantes, debe constituir un objetivo troncal de las Administraciones del Agua en los diversos niveles del Estado (central, autonómico y local) y debería ser objeto de colaboración y cooperación entre las mismas. De hecho, el Plan Nacional de Calidad de las Aguas contempla una partida presupuestaria para la financiación de actividades de I+D+i.
- El *Manual para la implantación de sistemas de depuración para pequeñas poblaciones* viene a cubrir las carencias detectadas en el campo de la depuración en pequeñas poblaciones, dado que en la actualidad tan solo se dispone de información fragmentada y, en algunos casos contradictoria, en aspectos relativos a su diseño, costes de implantación y explotación, rendimientos, rangos de aplicación, etc.
- El Manual se vislumbra como una herramienta de gran utilidad para todos los actores implicados en el saneamiento y depuración de las pequeñas poblaciones, que tendrán que hacer frente a corto-medio plazo a numerosas actuaciones en este ámbito poblacional.

5 Referencias Bibliográficas

Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (CEE, 1991).

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Diario Oficial n° L 327 de 22/12/2000 p. 0001 – 0073).

Plan Nacional de Saneamiento y Depuración 1995-2005.

Plan Nacional de Calidad de las Aguas: saneamiento y depuración 2007-2015.

Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO₅.

Situación actual de la depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones. Tecnologías de depuración adecuadas a pequeñas poblaciones. CEDEX-CENTA. Diciembre de 2008.

Propuestas de I+D+i en el ámbito del saneamiento y la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Tecnologías de depuración adecuadas a pequeñas poblaciones. CEDEX-CENTA. Marzo de 2009.

Manual para la implantación de sistemas de depuración para pequeñas poblaciones Tecnologías de depuración adecuadas a pequeñas poblaciones. CEDEX-CENTA. Junio de 2009.