



Sistemas de saneamiento por vacío: el caso de Santa Pola

Francisco Rodríguez Ramos director técnico de Flow Vacuum (Flovac)

En este artículo se presenta la experiencia obtenida en España en el ámbito de los sistemas de saneamiento por vacío. La primera aplicación de este sistema tuvo lugar en Empuriabrava, urbanización del término municipal de Castelló d'Empuries (Girona), hace ya 15 años, en una de las mayores marinas habitadas del mundo. El nivel freático elevado (a menos de 2 m de profundidad) y los numerosos canales de navegación dificultaban en gran medida la ejecución de un sistema convencional por gravedad y bombeos. No obstante, este artículo, además de describir este sistema y sus componentes, se centra en el caso de Santa Pola (Alicante), el mayor proyecto de saneamiento por vacío de Europa.

Palabras clave

Saneamiento por vacío, alcantarillado por vacío, saneamiento sostenible, nivel freático, zonas rocosas, planeamiento urbano, aguas residuales industriales, puertos, marinas.

Vacuum sewer systems: Santa Pola case study

This article presents the experience gained in Spain in the field of vacuum sewer system. The first application in this field in Spain took place in Empuriabrava, residential area of the town of Castelló d'Empuries (Girona), 15 years ago, in one of the largest in the world marina sea. The high water table (less than 2 meters deep) and numerous navigation channels greatly hindered the implementation of a conventional gravity sewer system and discharges pumps stations. However, the article describes this system and its components, and focuses on the case of Santa Pola (Alicante), the biggest vacuum wastewater sanitation project in Europe.

Keywords

Vacuum wastewater sanitation, vacuum sewer system, sustainable sewer, water table, rocky areas, urban planning, industrial wastewater, harbours, marinas.



1. Introducción

El sistema de saneamiento por vacío es una tecnología de canalización de aguas residuales que se aplica tanto en Estados Unidos como en diferentes países de Europa, como Francia, Alemania y Holanda, desde hace más de 40 años, contando con más de 1.200 referencias en todo el mundo. Su aplicación por primera vez en España tuvo lugar en Empuriabrava, urbanización del término municipal de Castelló d'Empuries (Girona). 15 años después de aquel proyecto, ya existen más de 30 instalaciones de alcantarillado por vacío en toda España, habiéndose realizado también la mayor instalación de Europa en Santa Pola (Alicante) con esta tecnología por parte de la empresa Flovac.

2. Descripción general del sistema

En este tipo de sistema de saneamiento, el alcantarillado por vacío envía las aguas residuales hasta la planta de tratamiento en tres fases:

- Desde los hogares, las aguas residuales fluyen por gravedad hasta unas arquetas, llamadas cámaras colectoras
- Una vez en dichas arquetas, las aguas son evacuadas por vacío a través de la red de tuberías hasta la estación de vacío e impulsión.

- Por último, desde la estación de vacío e impulsión, son bombeadas a la planta de tratamiento.

Por tanto, estos sistemas de saneamiento se componen de los siguientes elementos: las cámaras colectoras (arquetas y pozos), con las válvulas de interconexión de vacío; la red de vacío o red de tuberías; y la estación de vacío e impulsión (**Figura 1**).

2.1. Cámaras colectoras (arquetas y pozos)

Las cámaras colectoras son pozos o arquetas con una o varias entradas que recogen las aguas residuales de las viviendas próximas por gravedad y en las que se sitúan las válvulas de interconexión (por ejemplo las válvulas de vacío Flovac), que mantienen aislada la red de vacío de la gravedad. Cuando estas válvulas se abren, el vacío de la red aspira el agua acumulada en el pozo. Dichas válvulas disponen de un sensor de nivel y funcionan automáticamente, sin necesidad de electricidad, ya que es el propio vacío el que proporciona la energía necesaria (**Figura 2**).

Las arquetas deben ser estancas y provistas de tapas que eviten la entrada de aguas superficiales, así como tener capacidad suficiente para almacenar al menos el 25% del caudal medio diario (se podrá incluir la capacidad de la tubería de gravedad).

En el caso de las válvulas de vacío Flovac, estas están disponibles en varias medidas, desde 1,25 hasta 3", si bien para alcantarillado en general únicamente se utilizan las de 3" y para derrames en recintos cerrados, como por ejemplo en la propia estación de vacío, de 2". Todas ellas están fabricadas en termoplástico resistente a los agentes corrosivos de las aguas residuales urbanas e industriales. Además, se pueden situar en la misma arqueta de recogida de las aguas residuales sin necesidad de aislar la válvula, ya que se halla preparada para trabajar sumergida.

En el diseño de dichas válvulas se ha tenido especialmente en cuenta la incorporación elementos anti-atasco, dadas las características del fluido que se transporta. El funcionamiento de la válvula no requiere electricidad ni ninguna otra red auxiliar. El mismo vacío que se lleva las aguas residuales es el que aporta la energía requerida para abrir y cerrar la válvula en la operación de vaciado de la arqueta de traslación.

Otra ventaja importante es que, con un volumen muy pequeño de agua residual, la válvula ya se abre y vacía el pozo, con lo que el tiempo de permanencia del agua residual es mínimo, evitando que se vuelva séptica y, por tanto, la aparición de olores.

Figura 1. Esquema del sistema, desde la cámara colectora por gravedad hasta la estación de vacío.



Figura 2. Válvula de vacío situada en el interior del pozo que recibe las aguas residuales por gravedad (izquierda de la imagen) y válvula situada en una arqueta separada, en seco (derecha).



2.2. Red de vacío

La red de vacío está formada por las tuberías que unen todas las cámaras colectoras con la estación de vacío. Los materiales empleados hasta este momento han sido tuberías de PVC-U PN10, unidas con manguitos con junta elástica especial para vacío. Los diámetros de las tuberías oscilan de 90 a 315 mm y deben tener el certificado de garantía del fabricante para presiones negativas de hasta -0,7 bares y certificado de vida por más de 50 años.

El hecho de que el agua circule por vacío implica que las tuberías se pueden montar con una pendiente mínima del 0,2%, a una profundidad de entre 70 cm y 1,5 m, dependiendo de las condiciones de carga y tipo de recubrimiento con saltos de 30 cm cada 150 m, con lo que recuperamos la cota inicial en caso de terrenos llanos. Se puede montar la tubería con una pendiente mayor si el terreno lo requiere. En caso de contrapendientes se coloca la misma pendiente del 0,2% entre saltos, pero con saltos a menor distancia, con lo que se irá ganando cota. Incluso se pueden poner saltos tanto para salvar obstáculos como para mantener toda la red a una profundidad comprendida entre 70 cm y 1,5 m (**Figura 3**).

La mayor velocidad del agua en el interior de la red de vacío implica menores diámetros de tubería, por lo que las zanjias son estrechas y poco profundas. Se pueden salvar contrapendientes mediante sucesivos saltos, por lo que no hace falta situar la estación de vacío en el punto más bajo, sino donde mejor convenga, normalmente cerca de la planta de tratamiento o colector.

En la red de vacío hay una serie de accesorios especiales. Uno de ellos

son los *lifts* (saltos), de los que ya se ha explicado su función. Otro son las conexiones de las acometidas a los ramales y de ramales secundarios al principal, que se deben hacer a 45°, lo que obliga a prever derivaciones especiales. Por último, las uniones de los tubos entre sí y con los accesorios se realizarán con manguitos con junta elástica especial para vacío en el caso del PVC, que es el material recomendable.

Se recomienda una pérdida de car-

Figura 3. Tuberías montadas por encima del nivel freático.





ga por fricción inferior a 2,5 por mil. Para esta pérdida de carga se obtienen los máximos caudales máximos recomendados que aparecen en la **Tabla 1**. Igualmente, se ha tabulado la máxima longitud recomendada en función del diámetro. De esta forma, se pueden observar los elevados caudales que pueden circular por tuberías de diámetro relativamente pequeño. Esto, unido a las altas velocidades que alcanza el fluido en las tuberías, explica que se utilicen diámetros tan pequeños en comparación con el alcantarillado por gravedad. La magnitud de dichas pérdidas de carga permite la instalación del sistema con grandes distancias entre los pozos más alejados y la estación de vacío. Por ejemplo, en el Muelle Adosado del Puerto de Barcelona hay cerca de 4 km entre el último pozo y la estación de vacío.

2.3. Estación de vacío

En la estación de vacío (**Figura 4**) se ubican las bombas y otros elementos necesarios para el funcionamiento del sistema, siendo el único punto que necesita acometida eléctrica:

Tabla 1. Longitudes y caudales máximos recomendados para cada diámetro de tubería.

DN	Longitud máxima	Caudal máximo
90	250 m	1,4 L/seg
110	600 m	2,3 L/seg
125	-	3,2 L/seg
160	-	6,2 L/seg
200	-	11,1 L/seg
250	-	20,2 L/seg
315	-	37,9 L/seg

- Depósito de vacío, que acumula el agua residual recogida y sirve de pulmón de vacío.

- Las bombas de vacío, que están conectadas al depósito en su parte superior y a través de él crean el vacío en toda la red. Conectadas a la parte inferior del depósito se localizan las bombas de impulsión, que envían el agua a la planta de tratamiento o colector más próximo. Las bombas de vacío mantienen toda la red a una presión negativa entre 0,5 y 0,7 bares.

- El depósito acumulador, que tiene una doble función: acumula tem-

poralmente el agua residual y sirve de pulmón de vacío del sistema de manera que el vacío no caiga excesivamente cada vez que se abre una válvula de vacío.

- Las bombas de impulsión, de cámara seca y con impulsor vórtex, que trasladan el agua desde el depósito acumulador hasta la planta de tratamiento.

- El panel de control, que recoge las señales del estado del depósito y controla el funcionamiento de las bombas. Este panel de control automatiza el proceso de funcionamiento de las bombas de vacío y de impulsión. No controla el funcionamiento de válvulas de vacío Flovac que hay en los pozos porque, como ya se ha comentado, las válvulas se abren al detectar en el sensor de nivel la presencia de agua y utilizan como única fuente de energía el propio vacío de la red de transporte.

3. Ventajas del sistema y aplicabilidad

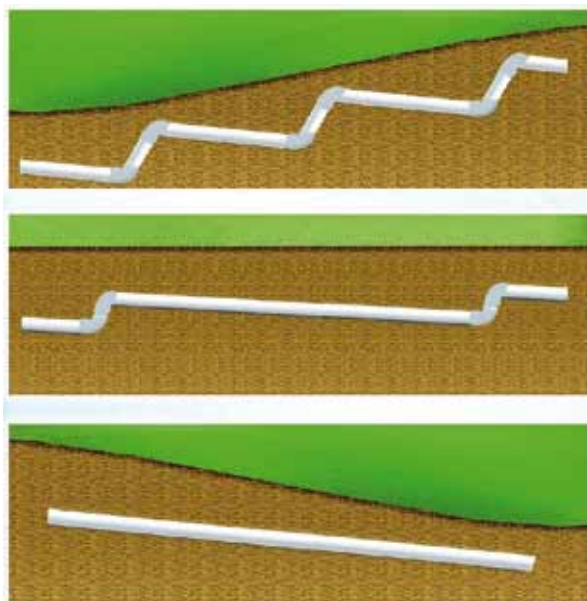
La principal ventaja de este sistema es su repercusión en la obra civil, pues requiere de zanjas poco profundas y estrechas, solo se precisa una cama de arena y es fácil la compactación. Además, no se precisa ningún tipo de soporte. Ello equivale a una reducción de costes y de tiempo de ejecución (reducción del volu-

Figura 4. Estación de vacío.



Figura 5.

La tubería de vacío se adapta al perfil del terreno.



men de excavación, principalmente en profundidad, aunque también en anchura).

Precisamente, el menor volumen de excavación hace de este sistema el más indicado para terrenos inestables o blandos, como ocurre en muchas zonas costeras, e, igualmente, en terrenos muy duros (zonas rocosas). En terrenos llanos evitará la apertura de zanjas muy profundas, con los costes de excavación y entibación que ello comporta. En terrenos con alto nivel freático, se puede trabajar por encima de la cota de agua sin necesidad de hacer un elevado número de estaciones de bombeo, sino una única estación de vacío.

Así mismo, al ser los diámetros más pequeños que en el alcantarillado por gravedad, las zanjas pueden ser más estrechas, una ventaja muy interesante en zonas de calles poco anchas, como cascos urbanos antiguos. Además, en aplicaciones en puertos y marinas este sistema es la solución técnica idónea. Reduce los costes de obra civil considerablemente, ya que la tubería irá instalada muy superficialmente y, además,

el propio sistema ofrece la posibilidad de recoger también las aguas residuales de los barcos. Este sistema ya está implantado en puertos como los de Barcelona (4 instalaciones con la que se ha puesto en marcha recientemente en la Marina Port Vell), Tarragona, Valencia y Roses, entre otros.

Otra aplicación de esta tecnología ha sido en las industrias. Se realiza una red para las aguas residuales sanitarias y otra red para las aguas residuales industriales, recogiendo todos los puntos de vertido con una sola estación de vacío y facilitando el tratamiento de dichas aguas residuales.

Otra ventaja consiste en que, al haber vacío dentro de la conducción, en caso de que se produzca una pequeña fuga significará que entrará aire al sistema, y no que vaya a salir agua residual al entorno. Esto puede ser muy apreciado en zonas con ecosistemas sensibles a la posible contaminación. Este hecho también permite que compartan una misma zanja el agua potable y el alcantarillado por vacío, sin miedo a contaminar el agua potable.

Igualmente, el hecho de poder poner *lifts*, es decir, ascensos, permite salvar contrapendientes, salvar servicios por encima o por debajo y recuperar después la cota de la tubería (Figura 5).

También se ha mencionado que el agua permanece muy poco tiempo en el pozo, ya que enseguida es absorbida y trasladada hacia la estación de vacío. Esto impide la formación de olores en los pozos. Como en la estación el agua se acumula en un depósito cerrado y es impulsada por bombas de cámara seca, la estación de vacío también está libre de olores, lo que se agradece por parte del personal de mantenimiento, a la vez que se evita un problema en el entorno de la estación.

En definitiva, este sistema se puede aplicar a redes de alcantarillado de grandes ciudades, zonas rurales o agrícolas, urbanizaciones, *campings*, centros comerciales, protección de reservas de agua potable, hospitales, mataderos, sistemas de WC para edificios, buques, ferrocarriles, puertos, etc.

4. Instalación en Santa Pola

Como ejemplo de actuación de un sistema de saneamiento por vacío, se presenta la problemática concreta de la mayor obra realizada en Europa, la de Santa Pola (Alicante).

4.1. Antecedentes

La ya antigua red de saneamiento de Santa Pola Oeste se articulaba según varios grandes colectores por gravedad que discurrían por las avenidas Salamanca, Albacete y calle Elda, paralelas a la línea de costa con tramos de hasta 400 y 500 mm de diámetro de hormigón armado. Las residuales que llegan a estos colectores provienen, por un lado, de conductos de hormigón en masa de calles perpendiculares que evacuan



las residuales que a ellos les llegan y, por otro lado, de redes internas de manzanas de diversa índole de tipología y materiales, fundamentalmente de forma ramificada y con diámetros comprendidos entre 125 y 300 mm.

La necesidad de renovación de la red de saneamiento de Santa Pola Oeste empezó en el tramo comprendido entre las avenidas Salamanca y Zaragoza, motivado por el estado de la actual red, que para llegar a la estación de bombeo anexa al Estadio Manolo Maciá (donde se ubica el actual bombeo que eleva las aguas a la EDAR de Santa Pola) consigue profundidades de 4 m, disponiéndose bajo el nivel freático. Esto implica las infiltraciones de agua salada en la red, sobrepasando los 20.000 Sm las conductividades de las aguas residuales, que llegan hasta la depuradora, degradando el sistema biológico de la misma.

4.2. Solución planteada

Para solucionar este problema, y por extrapolación a todo Santa Pola Oeste, se ha construido una red de saneamiento por vacío que funciona mediante presiones negativas, evitando alcanzar grandes profundidades y manteniendo el nivel de la rasante de la tubería siempre por encima del nivel freático de la zona.

La red de vacío que está en depresión constante, está formada por tubos de PVC PN10 con diámetros comprendidos entre los 90 y los 315 mm como máximo. La morfología de los 10 colectores generales, la distribución de los 150 ramales secundarios y las 177 válvulas de seccionamiento automáticas permiten un funcionamiento ejemplar de las más de 1.000 válvulas de vacío Flovac de 3", pudiendo seccionar en todo momento un ramal ante cualquier incidente de cualquier índole.

Existe una estación de vacío para cada fase, pero solamente tres casetas porque se han juntado las estaciones de vacío de las fases II-III y IV-V en sendas casetas, respectivamente. Se han ubicado en parcelas municipales y la profundidad de la misma supera los 4,50 m sobre el nivel del terreno y es de hormigón armado sulfurresistente capaz de soportar la agresión de las aguas freáticas. Los muros verticales se hormigonaron de una sola vez para evitar la colocación de juntas verticales con el fin de garantizar al máximo su estanqueidad.

En el interior de cada estación se ubican seis generadores de vacío encargados de mantener la depresión tanto en la red de tuberías como en el acumulador. Este último es un depósito de acero inoxidable con capacidad para 30.000 L cuya función es acumular temporalmente las aguas sucias. Cuando se alcanza el nivel predeterminado se vacía el tanque impulsando las residuales hasta la EDAR mediante tubo de fundición dúctil con recubrimiento de poliuretano. Dispone de dos sistemas de medición del nivel de agua mediante sondas y medida en continuo. También se mide de forma continua la depresión existente.

El sistema de control permite conocer en tiempo real el estado de las instalaciones, logrando reducir el tiempo en las intervenciones optimizando recursos humanos. De este modo, la empresa concesionaria del servicio de saneamiento puede lograr ahorros significativos frente al sistema tradicional de saneamiento por gravedad.

5. Conclusiones

El sistema de alcantarillado por vacío es una alternativa existente a los sistemas de gravedad y bombeo tradicionales, que ofrece grandes

Figura 6. Pantalla de control de un ramal. Las válvulas de vacío aparecen como círculos verdes.



garantías en su funcionamiento. Por tratarse de un sistema controlado, a la vez que por su propia tecnología, es totalmente respetuoso con el medio ambiente, imposibilitando incluso vertidos en caso de rotura de la red de tuberías. Además, por su sistema totalmente estanco no permitirá nunca la salida de olores y gases tóxicos habituales en el alcantarillado convencional.

A nivel económico y de ejecución de obra, este sistema reduce considerablemente el movimiento de tierras y la obra civil, abaratando considerablemente los costes de inversión. Es una solución ideal en zonas de nivel freático alto, rocosas, terrenos totalmente planos, ecosistemas sensibles, zonas urbanizadas, puertos, polígonos industriales y en diferentes tipos de industria, entre otras aplicaciones.

Bibliografía

- [1] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2013). Guía de diseño de alcantarillado por vacío.
- [2] Standard DWA-A 116-1E Special Sewerage Systems. Part 1: Special Sewerage Systems Outside Buildings (2005).
- [3] Norma UNE-EN 1091. Sistemas de alcantarillado por vacío en el exterior de edificios (1997).
- [4] Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, FNDAE (1995). Les nouvelles techniques de transport d'effluents. Document technique n°17.
- [5] U.S.EPA/625/1-91/024 Manual. Alternative waste-water collection systems (1991).
- [6] Water Environment Federation (1986). Alternative sewer systems. 