

## **MOTIVACIÓN DE LA CANDIDATURA DE LAS "OBRAS DE LOS COLECTORES GENERALES DEL RIO MIÑO EN LUGO" AL PREMIO SAN TELMO 2009**

Tal y como figura en las bases del citado galardón, la convocatoria del mismo pretende premiar aquella actuación de Ingeniería Civil más representativa de entre las realizadas en Galicia y finalizadas entre el 1 de enero de 2007 y el 31 de diciembre de 2008. Los méritos para obtener esta distinción estarán basados fundamentalmente en argumentos que resalten las **calidades técnica, territorial y constructiva de la actuación** y que redunden en la **mejora de la calidad de vida** de los habitantes de Galicia, tanto desde el punto de vista **ambiental** como económico.

A nuestro juicio, y tal como se pretende mostrar en la siguiente memoria, las obras de los **"Colectores generales del río Miño en Lugo"**, **integradas dentro de la actuación de interés general del estado de Mejora del Saneamiento de Lugo, y divididas en dos tramos, N-VI y N-VI EDAR, que fueron terminados en Mayo de 2008**, reúnen los méritos suficientes para hacerse acreedoras de este galardón.

### ***Colectores generales del río Miño en Lugo. Una obra para los ciudadanos.***

Las obras de los Colectores Generales del río Miño en Lugo son el ejemplo práctico de una de las ramas profesionales con más tradición dentro de la actividad del ingeniero de caminos, canales y puertos, y que a lo largo de los siglos más se identifica con nuestra profesión: la ingeniería sanitaria y ambiental.

Tal y como se tiene constancia en numerosos textos recogidos desde la antigüedad, uno de los primeros problemas que tuvieron que afrontar los asentamientos humanos desde sus inicios fue el de gestionar de un modo eficaz los residuos que generaban. Es coherente pensar, por tanto, que fue seguramente el saneamiento el principal reto al que hubieron de enfrentarse los ingenieros de la época, acuciados por la proliferación de enfermedades que diezaban a la población como consecuencia del vertido incontrolado de residuos.

Aún hoy podemos admirar magníficos ejemplos de ingeniería sanitaria realizados en la antigüedad (la propia ciudad de Lugo cuenta con vestigios de la época romana) que nos invitan a reflexionar sobre la labor, en ocasiones poco reconocida, de aquellos primeros ingenieros de los que hoy recogemos el testigo para, utilizando las armas que la tecnología pone a nuestro alcance en la actualidad, diseñar nuevos sistemas de saneamiento que den respuesta a las necesidades de depuración que exige una ciudad en el siglo XXI.

En consecuencia, consideramos que las obras de referencia reúnen sin duda el primero de los requisitos exigidos para optar al Premio San Telmo 2009: ser **un ejemplo claro de ingeniería civil**.

## ***Un nuevo horizonte en la concepción técnica del saneamiento urbano.***

Como hemos dicho anteriormente, la ingeniería sanitaria y ambiental, al igual que el resto de la ingeniería civil, ha evolucionado a lo largo de la historia de la humanidad, adaptándose a las necesidades y requerimientos que demandaba la sociedad en cada instante.

Así, esta obra representa una evolución de las últimas tendencias surgidas a finales de los años 80 del siglo XX dentro de la ingeniería del saneamiento urbano como consecuencia de la mayor responsabilidad ambiental que reclamaba la sociedad a los ingenieros. Este cambio de concepción acabó con una idea errónea que entendía el concepto de colector como una especie de sumidero infinito que conseguía ocultar, y sobre todo alejar, las aguas residuales de las zonas más densamente pobladas, sin mirar al río.

A la hora de plantearse la filosofía que debía inspirar el diseño de los nuevos *Colectores generales del río Miño*, fue necesario hacer un ejercicio de autocrítica, viendo qué aspectos eran mejorables en las obras de este tipo, incluso en aquellas que habían sido ejecutadas hasta la fecha por la propia Confederación Hidrográfica. Este hecho implicaba aunar dentro de un mismo objetivo todos nuestros conocimientos de hidráulica, de ingeniería sanitaria y de dinámica del medio fluvial, con el fin de lograr un sistema de saneamiento que nos permitiese recoger las aguas residuales, canalizarlas a través de una red estanca y correctamente dimensionada e interponer elementos reguladores de caudal que nos permitiesen absorber aquellas demandas puntuales de almacenamiento que no pudiese retener la red.

Todo ello, conseguiría que tuviésemos un control exhaustivo de los caudales circulantes por nuestros colectores y, de este modo, tener perfectamente acotadas las necesidades de depuración de la ciudad. El cambio de concepto radica en que ya no pretendemos "olvidarnos" del agua residual en el momento en que desaparece de nuestra vista dentro del colector, sino que pretendemos conocer cuánta y cómo circula en cada momento y en qué punto se incorpora a la red para poder gestionar de un modo eficaz su depuración y su vuelta al medio receptor.

## ***Innovación en el dimensionamiento y diseño: calidad técnica.***

Para llegar al diseño definitivo del sistema fue necesaria la colaboración de diversas entidades y de profesionales especialistas en el sector de la ingeniería sanitaria que, ***dirigidos por el equipo técnico de la Confederación Hidrográfica del Norte en la idea dar una "vuelta de tuerca" a las soluciones clásicas, aportaron las múltiples soluciones que nos han permitido llegar a la configuración finalmente adoptada.***

El primer paso, dado durante la fase de proyecto, tras un análisis minucioso del estado previo, fue la modelización informática tanto de las redes municipales existentes como de los nuevos colectores generales a construir, para poder realizar de este modo un dimensionamiento eficaz de todos los elementos que forman parte del sistema (colectores, pozos y tanques o aliviaderos).

Este hecho, permitió dar un salto cualitativo en el diseño de los dispositivos de regulación de caudal, puesto que mientras que hasta la fecha su volumen se fijaba en función de una tasa fija,  $m^3/Ha$  neta de la cuenca a recoger, el estudio pormenorizado realizado en la obra de los *Colectores generales del río Miño* introducía nuevas variables cálculo de tal modo que se implantaba una nueva metodología de diseño, que tenía en cuenta aspectos como la capacidad de retención hidráulica de la propia red de colectores o el hecho de fijar un número máximo de aliviados al medio receptor para un año de lluvias medias, que eran obviados en los métodos de cálculo universalmente aceptados hasta la fecha.

**Cabe destacar la estrecha colaboración mantenida entre la Dirección Técnica de las obras y el GEAMA (Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente) de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña para la redacción del "Análisis de la influencia de la configuración de los volúmenes de almacenamiento en los depósitos de detención-aliviadero de los colectores generales del Miño en Lugo".** Este estudio, realizado durante la fase de ejecución de la obra, en base a la aplicación de hidrogramas y de novedosos polutogramas sintéticos, permitió optimizar la configuración de las cámaras de retención dentro del tanque de tormentas (una vez fijado el volumen de retención en el dimensionamiento anteriormente descrito), para aumentar los rendimientos obtenidos en la retención de contaminación y lograr una mayor operatividad en la gestión y mantenimiento de los mismos.

**Las conclusiones extraídas de la puesta en común de ambos estudios fueron objeto del artículo "Analysys of Combined Sewer Overflows frequency/volume in north of Spain", expuesto en el prestigioso 32º Congreso de la IAHR (International Association of Hydraulic Engineering & Research), celebrado en Julio de 2007 en Venecia (Italia), debido a las innovaciones que introducían en el diseño de los Sistema Integrales de Saneamiento.**

Aspectos como los anteriormente comentados hacen de la obra de los *Colectores generales del río Miño* una obra pionera en muchos campos de la ingeniería del saneamiento y que aporta avances técnicos frente a otras obras de este tipo ejecutadas con anterioridad.

El afán por realizar la mejor obra posible a nuestro alcance nos llevó a ser innovadores en múltiples campos, entre los que cabe destacar:

- Empleo de **modernos materiales como el Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)**, tecnológicamente más avanzado en el diseño de los colectores.
- Estudio **pormenorizado de tres nuevos tipos de pozos tipo vórtice**, necesarios para romper la gran carga hidráulica que introducen en la red los fuertes desniveles que presenta la topografía de la ciudad de Lugo.
- Empleo de **microtuneladoras para la instalación de tubería** mediante perforación dirigida, con el fin de salvar obstáculos o de proteger zonas de elevado valor ambiental.
- Utilización de la tecnología de **tubos de hormigón polímero en la ejecución de algunas hincas**, en lo que **constituyó una de sus primeras aplicaciones en España para este fin**.

### ***Ejemplo docente y de referencia en el sector de la Ingeniería Sanitaria.***

Los hechos expuestos en el presente apartado refuerzan el valor técnico de las obras de los *Colectores generales del río Miño* y han servido de **ejemplo a los numerosos grupos de profesionales y estudiantes que las han visitado hasta la fecha** y entre los que se encuentran: Alumnos de Ingeniería Sanitaria y Ambiental e Ingeniería del Saneamiento Urbano de la E.T.S.I.C.C.P. de la Universidad de A Coruña, alumnos de Ingeniería Sanitaria de la E.P.S. de la Universidad de Santiago de Compostela; estudiantes y profesionales del master de "Maestría de Ingeniería Sanitaria" de la **Universidad de Guayaquil (Ecuador)**, profesionales y estudiantes del master de Ingeniería del Agua de la Universidad de A Coruña, etc.

### ***Trasladar de un modo fiel el proyecto a la obra: calidad constructiva.***

Una vez definido técnicamente el proyecto, resulta de vital importancia que su traslado a la realidad física mediante la ejecución de los distintos elementos reproduzca, del modo más aproximado posible, los diseños plasmados en los planos de la obra. Para ello es necesaria una estrecha colaboración entre Dirección de Obra y Contratistas que permita interpretar de un modo correcto aquellos aspectos técnicos en los que ha incidido el equipo de ingenieros encargado de la dirección y redacción del proyecto.

A continuación se destacan ciertos aspectos constructivos que ponen de relevancia los altos estándares de ejecución alcanzados en la obra de los Colectores generales del río Miño:

**1. Control exhaustivo de los materiales recepcionados en obra.** En este sentido se prestó especial atención a la comprobación dimensional por medio de personal cualificado de todos y cada uno de los tubos de PRFV colocados en la obra para verificar su idoneidad geométrica a la hora de alcanzar una red totalmente estanca.

**2. Estricto control topográfico durante las fases de replanteo y ejecución de la obra.** Cabe distinguir dos tratamientos diferenciados según el tipo de elemento a ejecutar:

- Control topográfico de los colectores: Por tratarse de conducciones en las que el flujo discurre por efecto de la gravedad, y en ocasiones con pendientes próximas a la horizontalidad, se hace especialmente importante el control topográfico de la colocación de los tubos que forman la red de colectores. Dicho control se realizó tubo a tubo, comprobando su posición desde el momento del replanteo hasta su colocación definitiva. Del mismo modo se realizó un control geométrico de las dimensiones de las zanjas que permitiese asegurar las condiciones marcadas por las secciones tipo del proyecto.
- Control topográfico de elementos estructurales: En este tipo de estructuras se puso especial atención a la reproducción fidedigna de las formas geométricas marcadas por los proyectistas para los distintos elementos, intentando respetar al máximo el espíritu del proyecto original.
- La presencia de hincas de directriz curva motivó el empleo del sistema de guiado VTM, mediante el uso de estaciones robotizadas en el interior de la conducción, en lugar del tradicional uso del láser como elemento de guía.

**3. Seguimiento permanente de la ejecución de las canalizaciones proyectadas mediante la implantación de protocolos de control,** que incluían los siguientes aspectos:

- Riguroso estudio geotécnico de la traza por la que discurrían los nuevos colectores.
- Elección de un material de relleno *autocompactable*, capaz de asumir la descompresión que sufría el terreno a la hora de retirar las entibaciones que garantizaban la seguridad de los operarios.

- Colocación de uniones tipo *biela* en el encuentro entre elementos rígidos y flexibles (pozos de registro – tubos PRFV), para minimizar el efecto negativo de un posible asiento diferencial entre ambos elementos.
- Control exhaustivo de la compactación de las capas superficiales de la zanja, mediante la determinación de la humedad óptima de compactación de cada estrato de la misma.

**4. El control riguroso de la ejecución de los hormigonados** fue uno de los hitos que nos marcamos desde el comienzo de las obras ante el afán, ya comentado, por reproducir de un modo los novedosos elementos que habían sido diseñados durante la fase de proyecto. Este hecho nos obligó en ocasiones a tener que realizar trabajos de auténtica artesanía para reproducir, por ejemplo, las caprichosas formas geométricas de los pozos vórtice. En la misma línea, y por tratarse de elementos destinados a albergar aguas residuales, se hizo necesario, durante la fase de proyecto, el estudio pormenorizado de la fisuración de todas las estructuras del mismo. La limitación impuesta a la abertura máxima de fisura, menor de 0,2 mm como corresponde a un ambiente IV+Qb, obligó en muchas ocasiones a complejas y cuantiosas disposiciones de armaduras que requerían de una esmerada puesta en obra del hormigón que obligó a adoptar las siguientes medidas para garantizar la correcta ejecución de los elementos:

- Estudio detallado de la relación entre las fisuras generadas por retracción y la longitud y volumen de los paños hormigonados, a fin de encontrar una relación óptima entre ambos valores que permitiese minimizar el riesgo de fugas.
- Minuciosa colocación de las juntas Water-Stop en aquellos puntos en los que se hacía necesaria la disposición de una junta de hormigonado.
- Análisis de la consistencia óptima y la velocidad de vertido del hormigón para la correcta puesta en obra de cada elemento.
- Búsqueda de acabados de gran calidad en todas las superficies hormigonadas, buscando siempre texturas lisas que facilitasen la evacuación de las aguas residuales al tiempo que minimizasen la acumulación de residuos en las paredes y losas de los elementos.
- Optimización de las formas, disposición y accesibilidad a los distintos elementos presentes dentro de pozos y tanques de tormenta para facilitar la futura explotación de las instalaciones.

5. **Ejecución de los edificios de explotación de los tanques de tormenta.** Como ya hemos mencionado en el presente documento, la mayor parte de las obras de saneamiento suele discurrir bajo tierra, lo que hace cobrar más importancia si cabe a aquellos elementos que afloran en superficie. En el caso de la obra de los *Colectores Generales del río Miño*, esta responsabilidad recae sobre los edificios de explotación de los aliviaderos o tanques de tormenta, y para su diseño se potenciaron los siguientes aspectos:

- *Integración paisajística en el medio que los rodea mediante la adopción de volúmenes y formas acordes a la topografía de la zona en que se ubican.*
- *Empleo de materiales propios del entorno que armonizasen en colores y texturas con el medio que les rodea.*
- *Los edificios, como parte visible de la obra de saneamiento, debían transmitir una sensación de pulcritud y modernidad que invitase al ciudadano a hacerse partícipe de una mayor conciencia ecológica y a ver el proceso de depuración de residuos como una responsabilidad colectiva.*

### ***El saneamiento de Lugo cómo una ciudad recupera su río: calidad territorial***

Una de las consecuencias palpables de las carencias que presentaba la ciudad de Lugo en materia de saneamiento antes del desarrollo de las obras de los *Colectores generales del río Miño* era la terrible degradación que sufría el entorno fluvial del río a su paso por la ciudad. Era relativamente sencillo observar cómo la incapacidad hidráulica de la red existente generaba alivios a las riberas del río que las cubrían de todo tipo de desechos, o cómo se podían localizar sin mucho esfuerzo numerosos vertidos incontrolados al cauce en zonas que tradicionalmente habían estado destinadas al baño y a la pesca. Esta situación generaba que los habitantes de la ciudad de Lugo viviesen de espaldas al río, percibiéndolo como un elemento de borde que marcaba la frontera entre la ciudad y su periferia.

Fue esta realidad la que obligó a la Confederación Hidrográfica del Norte a **proyectar dentro de las propias obras de saneamiento una actuación de regeneración del medio fluvial que permitiera recuperar un entorno profundamente degradado en una zona de gran valor medioambiental, como es el paso del río Miño por la ciudad de Lugo**, a través de las siguientes actuaciones:

- La eliminación de gran cantidad de vertidos incontrolados al cauce mediante su incorporación a la nueva red de colectores.
- La construcción de una red de colectores estanca e hidráulicamente bien dimensionada que evitase la llegada al río de aguas residuales procedentes de infiltraciones al terreno o reboses de los pozos de registro.

- Creación y restauración de una red de senderos de más de 6 Km de longitud, que permitió **crear un verdadero cinturón verde para la ciudad**, añadido al desarrollado en las anteriores obras realizadas en la cuenca del río Rato y Fervedoira, y que se ha convertido en la zona de esparcimiento preferida por muchos ciudadanos.
- Regeneración de las riberas mediante la plantación de gran cantidad de especies autóctonas que, una vez arraigadas, han contribuido a la recuperación ambiental del entorno fluvial.
- Creación de lagunas y espacios de refugio que han ayudado a la recuperación de la fauna propia del río.
- Integración paisajística de los edificios de explotación de los tanques de tormenta mediante el empleo de formas y materiales acordes al entorno que los rodea.

*Todas estas actuaciones han contribuido a poner en valor uno de los activos socioeconómicos más importantes de la ciudad de Lugo: el entorno del río Miño. De este modo, la ciudad y sus habitantes han recuperado el río para uso y disfrute, se han vuelto a acercar a sus márgenes y han desterrado de un modo definitivo la imagen insalubre que transmitía el cauce antes de su regeneración. Sin duda alguna, si se le preguntase a los lucenses por el aspecto que más valoran de todas cuantas actuaciones se han desarrollado en la ciudad de Lugo en los últimos años, la recuperación de las márgenes del río Miño ocuparía un lugar de honor dentro de sus preferencias, porque supone el reestablecimiento de una situación de simbiosis entre la ciudad y el río que se había dado desde la fundación de la misma.*

Los argumentos anteriormente expuestos no hacen sino refrendar el valor territorial inherente las obras de los *Colectores generales del río Miño*.

### **Conclusión**

Tal y como hemos defendido a lo largo del presente documento, y dado el carácter innovador de la obra en el ámbito de los sistemas integrales de saneamiento, **su inestimable contribución a la regeneración de las márgenes de río Miño a su paso por la ciudad y los altos estándares de calidad alcanzados durante su ejecución, que han sido avalados por todos cuantos profesionales del sector la han visitado**, consideramos que la obra de los *Colectores generales del río Miño* en Lugo se halla en condiciones de optar al prestigioso Premio San Telmo 2009 y de competir en igualdad de condiciones con las magníficas obras realizadas por otros compañeros del Ilustre Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.