

Otra Buena Práctica es la presentada por ACUAES consistente La Depuración de Vertidos en la Ciudad de Toledo. Colector para la EDAR de Estiviel

El incremento de los desarrollos urbanos e industriales acaecidos en la ciudad de Toledo durante los últimos años y los previstos, según el nuevo Plan de Ordenación Municipal, ha provocado que las Infraestructuras a nivel de Saneamiento y Depuración de los vertidos estén cerca de llegar a su capacidad máxima de tratamiento, ya en los tiempos actuales.

Por otra parte, la declaración de zonas sensibles en la cuenca del río Tajo afecta de lleno a la depuración de vertidos de la ciudad de Toledo al imponer la obligación de reducir la contaminación derivada del contenido de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) que, en la situación actual, no es posible conseguir en todas las plantas.

Por ello resulta necesaria la construcción de nuevas infraestructuras que garanticen la adecuación de los vertidos a las exigencias normativas resolviendo el problema de la forma más inmediata posible y contemplando las necesidades de depuración en el futuro para el mismo horizonte temporal contemplado en el P.O.M.

El objetivo principal de la actuación es dotar a la ciudad de Toledo de las infraestructuras adicionales de depuración necesarias para resolver los problemas reseñados. Por una parte aumentando la capacidad de transporte de aguas residuales y su depuración y, por otra, mejorando el tratamiento, para lograr el cumplimiento de los objetivos de calidad.

Bajo estas premisas, la sociedad estatal Aguas de las Cuencas de España, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, ejecutó la actuación DEPURACION DE VERTIDOS EN LA CIUDAD DE TOLEDO, que se ha dividido en tres proyectos:

- Colector para la EDAR de Estiviel (Toledo) que integra la obra de alivio de pluviales y el emisario por gravedad.
- Estación Depuradora de Aguas Residuales para la Ciudad de Toledo (E.D.A.R. de Estiviel), actualmente en redacción por el adjudicatario de un contrato de redacción de proyecto y ejecución de las obras.
- Estanque de Tormentas en Lavaderos.

Las obras se ubican en completamente en el término municipal de Toledo.

El proyecto del Colector ha contemplado la ampliación de la conducción municipal, que llegaba a la antigua EDAR de Lavaderos.

La conducción consiste tiene una longitud total de 5,7 km, con pendientes entre 1,3 y 1,5 por mil, en sección de galería visitable con cuna para aguas negras de altura total 2,40m en elementos prefabricados de hormigón armado. En los

tramos de cruces en hinca, el paso elevado sobre el arroyo de Valdelobos y las conexiones con la EDAR, la sección es circular de 2.000mm de diámetro, también en tubos de hormigón armado.

A lo largo del trazado, para salvar la orografía abrupta que presenta el terreno, ha sido necesario el contemplar la ejecución de hinca de gran parte del trazado (924 metros), así como para cruzar la Ronda Suroeste de Toledo (255 metros).

Po otra parte, dentro del proyecto también se ha ejecutado, en el inicio del colector, una arqueta aliviadero para la derivación de las aguas de lluvia durante los episodios de avenidas, hacia el Tanque de Tormentas a construir, así como hacia el río en caso de llenado de este último.

La inversión de este proyecto ha sido de 11 millones de euros.

La financiación del proyecto ha corrido a cargo del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a través de fondos propios de Acuaes y el Fondo de COHESIÓN de la Unión Europea, y el Ayuntamiento de Toledo.

- Coste elegible 9.909.014 €
- Tasa de cofinanciación 75%

Esta actuación se considera **Buena Práctica**:

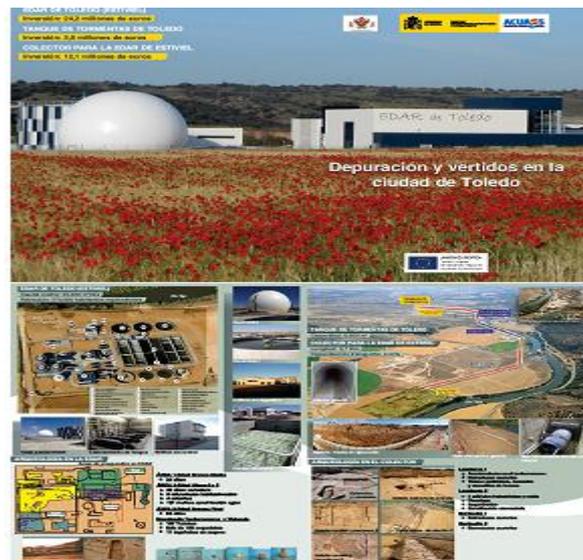
La actuación ha sido convenientemente difundida entre los beneficiarios, beneficiarios potenciales y el público en general

La sociedad estatal ha llevado a cabo distintas actuaciones en materia de comunicación con el objetivo fundamental de informar a los ciudadanos de los beneficios alcanzados con la ejecución de las obras.

Hay que destacar el acto de inauguración de la actuación, que estuvo presidido por el secretario de Estado de Medio Ambiente, Federico Ramos.



En dicho acto, se hizo entrega de un folleto explicativo de las obras.



Para la inauguración se realizaron paneles explicativos, utilizados para la explicación de la actuación a los asistentes.



Al comenzar la actuación se colocaron carteles de obra y al finalizar, una placa informativa.



La Actuación incorpora elementos innovadores

Dentro de lo convencional que resulta una actuación de un colector de aguas residuales por gravedad, la singularidad en esta ocasión la encontramos en la forma de haber ejecutado el mismo en los 924 metros necesarios para salvar las elevaciones del terreno, casi en vertical en la misma orilla del río Tajo y con alturas de hasta 40 metros.

Dada la presencia, según los ensayos realizados, de una mezcla de terrenos muy heterogéneos, alternando gravas arenosas, con arcillas arenosas y posibles apariciones de estratos de arenas, junto con la posibilidad de aparición de niveles freáticos colgados, y los niveles muy variables de enterramiento de la conducción a lo largo del trazado de la hincas, se optó por el empleo de una microtuneladora con escudo cerrado.

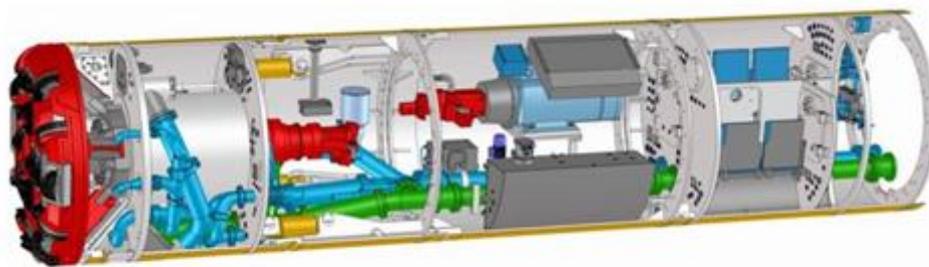
Esta tipología de maquinaria aporta la seguridad frente a hundimientos del terreno, minimiza el riesgo de atrapamiento de la cabeza, así como previene ante la aparición de las previsibles bolsas colgadas de agua.



Proceso constructivo

Como se ha indicado, el túnel se ejecuta con una microtuneladora y la instalación simultanea del revestimiento del túnel con tubería de hormigón armado de DN 2.000mm. Los tubos, que se sitúan inmediatamente detrás de la microtuneladora, son empujados a través del terreno por los cilindros hidráulicos de la estación principal de empuje.

La maquinaria empleada fue una microtuneladora de escudo cerrado AVND2000AB, de la marca Herrenknecht. La microtuneladora consiste esencialmente en un resistente tubo de acero, de varios módulos.



Esquema microtuneladora AVN2000D

Dispone de una corona de corte, montada sobre un rodamiento principal formando el escudo. Este a su vez está unido a través de cuatro cilindros de control, que permiten el control de la dirección de avance, al tubo de la máquina formando el primer módulo de la máquina.



1er modulo microtuneladora AVN2000D



Corona de corte de roca

La corona de corte presenta un diámetro superior al tubo y a la máquina, provocando un sobrecorte, a través del cual se inyecta bentonita para facilitar el avance de los tubos en el terreno.

Además, el primer módulo contiene la tarjeta electrónica de recepción de la señal láser. Sus sensores captan la posición del rayo *láser* y emiten los valores de posición al ordenador del contenedor de mando, de este modo puede controlarse en todo momento la *posición exacta* de la máquina.



Diana electrónica donde apunta el láser



Unidad hidráulica

En el segundo módulo de la microtuneladora está instalada la unidad hidráulica para el accionamiento de la cabeza de corte, para el funcionamiento de los cilindros de mando y del bypass de fluidos con las respectivas instalaciones eléctricas.



2º módulo AVN2000D 3er módulo AVN2000D, cámara hiperbárica

El tercer módulo de la microtuneladora es la cámara hiperbárica que se incorpora a la microtuneladora en hincas submarinas. Por las características de la hinca del Emisario Estiviel de Toledo no ha sido necesario su utilización en la obra. La cámara hiperbárica se utiliza para realizar trabajos bajo presión en la zona de trituración de la cabeza de corte.

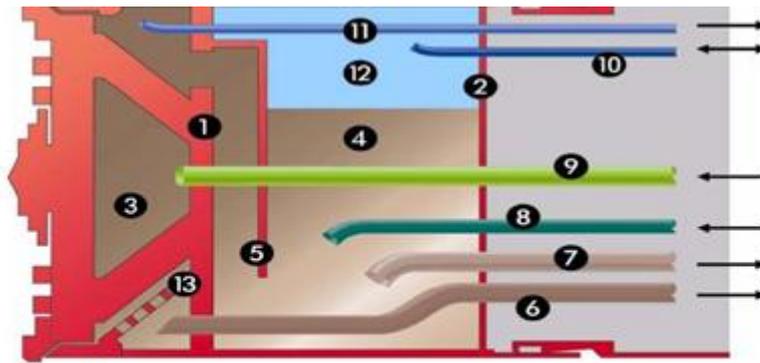
El movimiento relativo entre una y otra sección del escudo de corte se obtiene mediante cuatro cilindros hidráulicos situados en dos planos ortogonales. Dichos cilindros se controlan desde el panel de mandos de forma que puedan actuar individualmente o por parejas, produciendo un movimiento de rótula que permite corregir la dirección de avance en un campo de 360°.

El ataque al terreno se realiza mediante una corona de corte provista de elementos de corte y rascadores. El sostenimiento del frente de excavación se realiza mediante la presión del propio escudo contra el terreno y de los lodos. La extracción del material excavado es controlada a través de unas válvulas de apertura regulable del circuito de lodos.

Las microtuneladoras del tipo AVND disponen de dos modos operativos:

- *Hidroescudo con refuerzo de aire comprimido*

En este modo operativo el recinto de desprendimiento está completamente lleno con bentonita. La cámara de presión situada en la parte posterior de la pared de inmersión se encuentra llena de bentonita. Además existe un pulmón de aire comprimido que mantiene el medio de transporte en la cámara de presión y en el recinto de extracción bajo presión constante y por consiguiente se garantiza un apoyo seguro del frente y no provocar afecciones en superficie en terrenos sueltos.



- | | |
|--|---|
| 1- Pared de inmersión | 8- Tubería de alimentación |
| 2- Pared de presión | 9- Tubería de presión |
| 3- Recinto de desprendimiento | 10- Tubería aire comprimido |
| 4- Cámara de presión desprendimiento | 11- Tubería purgado recinto desprendimiento |
| 5- Tubos comunicantes cámara | 12- Colchón aire comprimido, de presión |
| 6- Conducto de transporte recinto de desprendimiento | 13- Triturador cónico con aperturas de transporte |
| 7- Conducto de transporte recinto de presión. | |

Slurry

Es el modo tradicional de trabajo. Menos seguro a la hora de no provocar afecciones en superficie en terrenos sueltos.

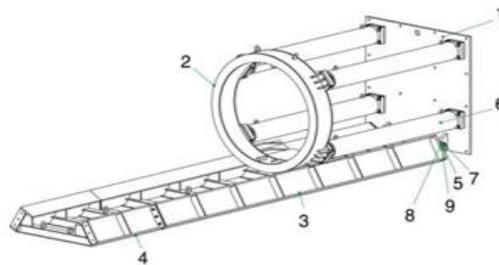
El empuje se efectúa desde el pozo de ataque. Deberá tener las dimensiones suficientes para alojar los útiles de la hinc y proteger la zona de trabajo.

En el pozo de ataque se instala un chapón con las juntas de estanqueidad ensambladas, cuya misión es garantizar la mayor estanqueidad posible al pozo de ataque, evitando el acceso del agua proveniente del sobrecorte de la perforación.



Chapón con juntas de estanqueidad Estación principal de empuje AVN2000D

Para hincar los tubos se utiliza la estación principal de empuje, formada por cuatro cilindros hidráulicos, placa de apoyo de los cilindros, anillo de empuje y bastidor base. La placa de apoyo de los cilindros ira atornillada al muro de reacción. Este deberá soportar mínimo 1.000 Tn. El anillo de empuje (2) transmite uniformemente al tubo de hormigón la presión generada por los cilindros hidráulicos.



Placa de apoyo atornillada a muro de reacción Dibujo estación principal de empuje AVN2000D

- | | | |
|-------------------------------|---------------------|------------------------|
| 1- Placa de presión | 2- Anillo de empuje | 3- Bastidor base |
| 4- Prolongación bastidor base | 5- Perno | 6- Cilindros de empuje |
| 7- Chapa | 8- Arandela | 9- Tornillo |

Simultáneamente a la operación de excavar se realiza el empuje de los tubos de hormigón.

El generador hidráulico que acciona los cilindros de empuje está dotado de elementos que permiten controlar tanto la velocidad de apertura de los mismos (control de caudal) como de la capacidad de empuje (control de presión).

La microtuneladora está provista de un sistema de extracción hidráulico. El circuito de extracción se compone de las bombas de extracción y alimentación, estación separadora y de las tuberías y mangueras necesarias.



Emboquilla 1er modulo microtuneladora AVN2000D Bomba de extraccion

La bomba de alimentación suministra a través de la tubería de alimentación agua limpia al espacio de excavación. Esta agua se mezcla con el material excavado, y las bombas de extracción bombean la mezcla a través de la tubería de extracción directamente a la estación separadora. Aquí se separa el agua del material y se conduce otra vez al circuito de extracción.

Todo el control de la microtuneladora se realiza desde el contenedor de mando, situado al pie del pozo de ataque, desde el cual se controlan todos los parámetros de la excavación así como la dirección de la hinca, posibilitando la corrección inmediata de la misma para mantenerla dentro de los márgenes exigidos.



Estación separadora Schauenburg MAB400 Ordenador de control del contenedor de mando

El ataque frontal sobre el terreno puede producir un movimiento de rotación de la tubería, movimiento que debe ser contrarrestado para que todo el equipo funcione en condiciones adecuadas de trabajo. Para evitar esta tendencia al giro, la corona puede girar en ambas direcciones, por lo que cambiando periódicamente el sentido de rotación puede mantener estable la posición del escudo.

Durante todo el proceso de empuje de tubería se deben controlar las direcciones que se siguen y corregir las mismas en caso necesario. Este control se realiza mediante un *sistema de guiado* que utiliza un *láser* colocado en el pozo de ataque. Mediante el nivelado del láser se ajustara su inclinación

para que trace un haz de luz paralelo al eje de la tubería. Dicho haz debe alcanzar la tarjeta electrónica situada en el primer módulo de la microtuneladora, marcando continuamente la posición de la misma.

En la cabina de control, la señal del láser se recibe en un monitor donde se compara constantemente con la posición teórica del eje de la tubería. El monitor del ordenador también recoge la posición virtual de la cabeza de corte, es decir, la dirección hacia donde se orientan los cilindros hidráulicos de la cabeza.

A partir de 500-550 m., dependiendo de las características del láser, se deberá considerar que cuando el rayo láser llega a la diana, este llega disperso y puede conducir a errores, de ahí que se deban utilizar dispositivos especiales como láseres teodolitos, que permiten ejecutar hincas de larga longitud con extremada precisión.



Sistema de guiado LASER Láser teodolito instalado en hinca en curva

Además los láseres teodolitos permiten ejecutar hincas en curva con total garantía y precisión.

Cuando el rozamiento lateral entre terreno y tubería de hormigón se incrementa, es preciso inyectar bentonita para reducir dicha fricción. La inyección de bentonita se realiza desde los inyectores de bentonita de 1" montados en los tubos de hinca. Generalmente están en uno de cada tres tubos de hinca, aunque sería recomendable que todos los tubos dispusieran de inyectores de bentonita. Es necesario que los inyectores de bentonita dispongan de válvulas antirretorno, que evitan la entrada al túnel de materiales procedentes del exterior.

Para la hinca fue necesaria la utilización de 11 estaciones intermedias. Estas van intercaladas entre los tubos y su misión es reducir las presiones de empuje.

En hincas largas o terrenos duros, las fuerzas aplicadas por los cilindros hidráulicos pueden ser enormes, ya que la fricción sobre el tubo aumenta con la longitud de este, y por tanto, las fuerzas que se aplican directamente sobre la

tubería más cercana al pozo de empuje, pueden hacer que se superen sus límites de presión y producir la rotura de los tubos o el pandeo de la traza.

Se puede decir, por lo tanto, que la longitud máxima de empuje está limitada fundamentalmente por la resistencia de los tubos a las fuerzas aplicadas, lo cual depende de su sección.

Las estaciones intermedias se componen de una envolvente exterior de acero del mismo diámetro que los tubos y con cilindros hidráulicos acoplados a un bastidor que se instalan dentro de la camisa de acero.

El proceso que se sigue consiste en colocar la estación intermedia entre los tubos, moviendo a continuación todo el conjunto con la fuerza ejercida por los cilindros principales. Cuando se activa la estación intermedia, los cilindros de esta, empujan el tramo de hinca por delante de esta.

Al completarse el recorrido de los cilindros de la estación intermedia, se pone en funcionamiento los cilindros de la estación principal empujando la parte trasera de la tubería y cerrando los cilindros de la estación intermedia.

Esta secuencia se va repitiendo sucesivamente, y al terminar la hinca los gatos se extraen; cerrando a continuación la estación, que queda como un tubo más de la hinca.

Para la realización de este proyecto recomendamos la utilización de estaciones intermedias de “*diseño innovador*”, compuestas por dos piezas denominadas “macho-escudo (con virola metálica embebida en el hormigón)” y “macho rebajado”, que aportan mucha más seguridad en la ejecución de la hinca que el diseño tradicional.



Bastidor con cilindros estación intermedia Estación intermedia de “diseño innovador”

Durante la ejecución de la hinca, dependiendo de las condiciones geológicas, puede ser necesario el cambio de los discos de corte.

Los resultados obtenidos con la misma se adaptan a los objetivos establecidos

Los objetivos principales establecidos para esta actuación están encaminados a resolver los problemas de saneamiento y depuración de la ciudad de Toledo. Por una parte aumentando la capacidad de transporte de aguas residuales y su depuración y, por otra, mejorando el tratamiento, para lograr el cumplimiento de los objetivos de calidad.

La capacidad de depuración de aguas urbanas, hasta el momento, para la ciudad de Toledo era proporcionada por la antigua EDAR de Lavaderos, con un caudal medio de tratamiento de 20.000 m³/día.

La nueva capacidad proporcionada por la EDAR de Estiviel eleva este caudal hasta los 36.000 m³/día. Además se ha de considerar que el pretratamiento y la decantación primaria están dimensionados para un caudal máximo de hasta 180.000 m³/día.

Por otra parte, el nivel de depuración que proporcionaba la planta hasta ahora en servicio no eliminaba la contaminación aportada por los nutrientes contenidos en las aguas residuales urbanas, vertiendo al río Tajo sin cumplir lo establecido por la directiva europea para cauces en zonas sensibles.

El sistema avanzado de tratamiento biológico diseñado para la EDAR de Estiviel garantiza el vertido por debajo de 10 mg/l en Nitrógeno, así como inferior a 1 mg/l en Fósforo.

En cuanto al proyecto del colector de esta actuación, proporciona una conducción con capacidad superior a los 400.000 m³/sg., lo que garantiza los objetivos establecidos para la ciudad de Toledo para el año horizonte.

Contribuye a la resolución de un problema o debilidad regional

Se puede afirmar que la actuación contribuye de forma efectiva al desarrollo local y regional de Toledo y de Castilla-La Mancha puesto que la mejora de calidad de aguas no sólo contribuye a la resolución local de un problema, sino que al tratarse de la mejora de una cuestión medioambiental global, en la medida en que mejora la calidad de un recurso necesario y escaso, como es el agua, contribuye directamente al incremento de la disponibilidad y regulación de los recursos hídricos disponibles para toda la región.

Además, también en el aspecto económico se mejora la situación de la zona ya que, al disponer de una mejor calidad en los recursos existentes, el coste de disponibilidad para su reutilización o incluso su potabilización y abastecimiento se ve claramente reducido.

Por otra parte, es importante también el beneficio directo generado por el cumplimiento de los objetivos marcados por las directivas europeas en cuanto a calidad de vertidos y niveles de depuración.

Tiene un alto grado de cobertura sobre la población a la que va dirigida

La actuación es fundamental para garantizar los parámetros de calidad de aguas del río Tajo, minimizar la contaminación aportada por la población de Toledo y de parte de otros municipios colindantes (Bargas, Olías del Rey), así como la aportación nueva prevista que generarán los nuevos desarrollos planificados para estos núcleos urbanos.

Con el desarrollo de las infraestructuras de esta actuación se cumplirán asimismo las exigencias de la Directiva 91/271 de la Comunidad Económica Europea, para los vertidos a cauces dentro de las zonas declaradas como sensibles.

Claramente el grado de cobertura sobre la población a la que va dirigida esta actuación es TOTAL. (100%).

Incluso, dada la mejora de calidad de un recurso natural como es el agua del río Tajo, de manera indirecta, se verán beneficiadas numerosas poblaciones afectadas aguas abajo del río.

Se han tenido en cuenta los criterios horizontales de igualdad de oportunidades y de sostenibilidad ambiental

El proyecto ha pasado los trámites ambientales y ha obtenido todas las aprobaciones necesarias por parte de las administraciones competentes.

Desde el punto de vista ambiental, tras la adjudicación del concurso de redacción de proyecto de construcción y ejecución de las obras, se han recogido en el proyecto de construcción aprobado las indicaciones, acciones correctoras y medidas de mitigación del impacto ambiental contempladas por la Declaración de Impacto Ambiental (publicada en el BOE de 7 de diciembre de 2010).

Sinergias con otras políticas o instrumentos de intervención pública

La actuación refuerza la inversión llevada a cabo en años anteriores por el Gobierno, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y el propio Ayuntamiento de Toledo.

Las actuaciones presentan una coherencia total con la normativa sobre la materia tanto a nivel comunitario (Directiva 91/271/CEE y Directiva 2000/60/CE).

La Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas define los parámetros generales de la recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas, así como al tratamiento y vertido de las aguas residuales de algunos sectores industriales.

La finalidad de la Directiva es proteger el medio ambiente contra todo deterioro debido al vertido de esas aguas. Por su parte, la Directiva 2000/60/CE tiene como objetivo establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas.