



Elementos y problemática en el diseño de un sistema de riego de zonas verdes urbanas con agua regenerada

Autor: Vicente Herranz Bernet

Institución: Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (Tecniberia)

Otros autores: Caballero Jiménez, F. J. (ALATEC S.A. - miembro de Tecniberia); Heredero Rodríguez, R. (Canal de Isabel II Gestión, División Proyectos Reutilización); Herrero de Andrés, G. (Canal de Isabel II Gestión, División Proyectos Reutilización); Portero de la Torre, D. (Canal de Isabel II Gestión, División Proyectos Reutilización); López Rolandi, R. (Canal de Isabel II Gestión, División Proyectos Reutilización).

Resumen

Entre los años 2008 y 2012 el Departamento de Obras Hidráulicas de ALATEC Ingenieros Consultores y Arquitectos S.A. ha redactado para el Canal de Isabel II múltiples Proyectos de construcción para suministro de agua de riego con agua regenerada a las zonas verdes urbanas de diferentes municipios de la Comunidad de Madrid.

A partir del análisis del trabajo de redacción de proyectos llevado a cabo en este periodo, el presente documento describe los principales elementos de la infraestructura y la problemática específica de su diseño, plantea posibles mejoras a realizar y puntos de futura investigación.

Los principales elementos de la infraestructura de riego son:

- Depósito de almacenamiento y regulación de agua regenerada.
- Conexión del edificio de Tratamiento Terciario de EDAR con depósito de almacenamiento.
- Redes de riego.
- Sistema de medición de calidad y tratamiento del agua.
- Sistema de suministro de agua para baldeo.
- Sistema de comunicaciones.

El diseño de estas infraestructuras cuenta con problemática específica que se puede resumir en:

- Zonas verdes dispersas y de pequeña superficie.
- Desconocimiento de las necesidades reales de caudal y presión en los hidrantes.
- Trazado urbano de las redes con gran número de servicios afectados.
- Cruces con grandes infraestructuras como líneas férreas y autovías.
- Ubicación de elementos restringida por criterios no técnicos.

Las posibles mejoras se dirigen, fundamentalmente, a la búsqueda de una optimización energética y una reducción de los costes de inversión, a partir de una localización más adecuada de los elementos, unos diseños más racionales y un mejor conocimiento de los requerimientos hídricos de las zonas verdes.

Palabras claves: Agua Regenerada, Sostenibilidad Ambiental, Depuración, Reutilización, calidad del agua, tratamiento del agua, riego, EDAR, Zonas Verdes, Zonas Urbanas

1.- Introducción y objetivos

En el año 2006 ALATEC Ingenieros Consultores y Arquitectos S.A. resultó adjudicataria por parte del Canal de Isabel II de la Asistencia Técnica para la Redacción de Proyectos de Ejecución de Abastecimientos y Conducciones de Saneamiento. En 2008 comienza la redacción de proyectos de construcción para suministro de agua de riego con agua regenerada a diferentes municipios de la Comunidad de Madrid.

Los proyectos se incluyen dentro del Plan Madrid Dpura, el plan de depuración y reutilización del agua que la Comunidad de Madrid desarrolla desde 2005, con el objetivo de preservar los recursos hídricos y la vocación de gestionarlos en consonancia con la sostenibilidad medioambiental. Este plan de depuración y reutilización de agua beneficiará a 2.500.000 de habitantes y dotará a 30 estaciones depuradoras de aguas residuales del Canal de Isabel II de las instalaciones necesarias para permitir la reutilización de sus efluente, con el objetivo de disponer de 30 a 40 hectómetros cúbicos anuales para su reutilización, lo que permitirá el riego de 6.000 hectáreas de zonas verdes de uso público.

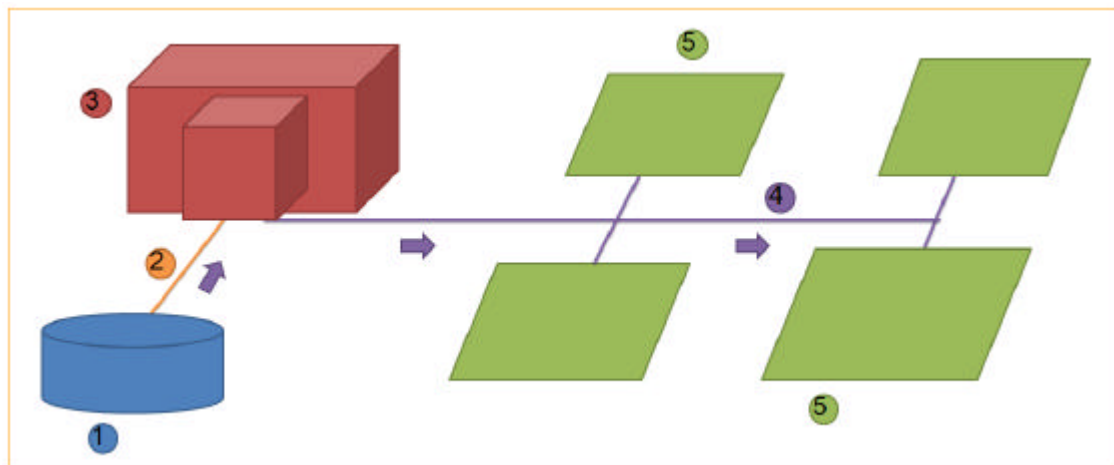
El objetivo del documento es describir los principales elementos de la infraestructura de riego urbano con agua regenerada, plantear la problemática específica de su diseño y posibles mejoras a introducir, así como puntos de futura investigación.

2.- Materiales y métodos

2.1- Elementos de la infraestructura de riego

Las infraestructuras de riego con agua regenerada incluyen los siguientes elementos:

- Depósito de almacenamiento y regulación de agua regenerada.
- Conexión con el edificio de Tratamiento Terciario de EDAR con depósito.
- Redes de riego.
- Sistema de medición de calidad y tratamiento del agua.
- Sistema de suministro de agua para baldeo.
- Sistema de comunicaciones.



- | | |
|---|---|
| 1 | Captación en edificio de tratamiento terciario de EDAR |
| 2 | Aducción a depósito de regulación |
| 3 | Depósito regulador, estación de bombeo, control de calidad y cloración, toma de agua para baldeo. |
| 4 | Redes de riego |
| 5 | Área regable |

Figura 1. Esquema de infraestructura de riego urbano con agua regenerada.

Depósito de agua regenerada:

El depósito se dimensiona con el volumen necesario para el abastecimiento diario de toda la superficie regable. Consta de una cámara de válvulas y de 1-2 vasos donde se almacena el agua regenerada. Dentro de la cámara se instalan los elementos de control de las conducciones de llenado y salida del depósito, los equipos de impulsión a la red, los elementos de medición y tratamiento del agua, los equipos de comunicación y de abastecimiento de agua para baldeo. El depósito se proyecta con el fin de mantener la estanquidad y cumpliendo con los parámetros de seguridad.



Figura 2. Depósito de agua regenerada semienterrado.



Figura 3. Interior de cámara de válvulas de depósito de agua regenerada.

Conexión Edificio de Tratamiento Terciario de EDAR con depósito:

El llenado del depósito se realiza desde la EDAR correspondiente, incluyendo una conducción de aducción con sus elementos de control y una estación de bombeo que permite elevar el caudal necesario para el llenado completo del depósito en un tiempo determinado, normalmente de 12 horas.

Los materiales empleados usualmente para esta conducción son PVC-O y Fundición Dúctil.

Redes de riego:

Las redes de riego tienen su inicio en el depósito y llegan hasta las proximidades de las zonas verdes, conectándose mediante una o varias acometidas a los puntos de suministro.

Las redes están formadas por las conducciones, piezas especiales y elementos de corte, aireación y desagüe necesarios.

El área de riego a abastecer desde el depósito suele incluir un gran número de zonas verdes, empleándose el riego "a la demanda" y calculando los caudales de diseño mediante el método estadístico de Clément. En algunos casos de municipios con poca superficie y gestión centralizada se emplea el riego por sectores.

El diámetro y material de las conducciones de la red de riego, se establece a partir de los caudales de diseño calculados y de los criterios de diseño del Canal de Isabel II en cuanto a redes de reutilización, siendo el material más empleado en las conducciones PVC-O.

Sistema de medición de calidad y tratamiento del agua:

Se proyecta la instalación necesaria para permitir durante la explotación de la infraestructura el control de la calidad del agua reutilizada, tanto en el depósito como en la red de riego, en cumplimiento de la normativa sanitaria vigente, y siguiendo los criterios establecidos en los Anexos IA, IB y IC del Real Decreto 1620/2007 de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

En la cámara de válvulas adosada al depósito se instala además un sistema de dosificación de hipoclorito sódico, mediante unas bombas dosificadoras y un tanque de reactivo que realiza una reclusión del agua. La mezcla se consigue unificar en todo el volumen de agua con la ayuda de unos agitadores instalados en el interior de los vasos y el recorrido efectuado en el interior de los vasos hasta las conducciones de salida.



Figura 4. Interior de sala de cloración.

Sistema de suministro de agua para baldeo:

El depósito incluye un equipo de suministro y control de agua regenerada para el llenado de camiones de baldeo. El punto de suministro está equipado con los elementos que permitan proporcionar cargas de agua desde hidrante de forma selectiva a determinados usuarios autorizados, contabilizando de forma diferenciada las distintas entregas para su posterior facturación.



Figura 5. Toma de agua regenerada para baldeo.

Sistema de comunicaciones:

Se incluye la infraestructura necesaria para incorporar la información que genera la instrumentación asociada a la Red de Reutilización con el Sistema General de Telecontrol del Canal de Isabel II, partiendo de una instalación en configuración de red Ethernet formada por el PLC de proceso del tratamiento terciario y el PLC de proceso instalado en el depósito.

La red estará soportada por fibras ópticas del tipo monomodo alojadas en tritubo con los elementos necesarios para su funcionamiento.

2.2.- Problemática en el diseño

Origen del agua:

El origen del agua de estos proyectos es la EDAR del municipio a regar, situada habitualmente en la zona de menor cota del mismo y fuera del núcleo urbano, con lo que los desniveles a superar son considerables, así como las longitudes de las aducciones hasta el depósito, en caso de situarse éste en zonas elevadas.

Tabla 1. Ejemplos de longitudes de aducción y desniveles entre EDAR, depósito y zonas verdes.

Municipio	Longitud aducción EDAR-Depósito (m)	Desnivel EDAR-Depósito (m)	Desnivel EDAR-Zonas verdes de mayor cota (m)
Arganda del Rey	6.535	138	175
El Escorial	3.908	96	116
San Agustín de Guadalix	5.763	74	71
Torrejón de Ardoz	1.590	6	35
Villalbilla - Los Almendros	6.538	90	95
Villalbilla - El Robledal	16.703	251	250

Ubicación del depósito regulador:

Las parcelas donde se ubican los depósitos son de propiedad municipal y por tanto deben ser cedidas por los ayuntamientos, esto se realiza después de un proceso administrativo en el que puede no disponerse de todos los datos técnicos necesarios, o pueden producirse cambios durante el mismo (por ejemplo construcción de nuevas zonas verdes o modificaciones en el planeamiento urbanístico original).

En ocasiones la ubicación de los depósitos reguladores no es la técnicamente óptima, esto puede deberse a que los ayuntamientos no disponen de dichas parcelas o a que se han seleccionado a partir de datos insuficientes o incorrectos y la poca flexibilidad del proceso administrativo no permite su modificación. Esto puede afectar gravemente a la eficiencia económica y energética del conjunto.

Cuando los depósitos reguladores se construyen dentro de núcleos urbanos pueden requerir de medidas para evitar afecciones por ruidos y/o por impacto visual, incluso pueden necesitar una integración paisajística cuando el municipio cuenta de una normativa específica a este respecto. Esto puede aumentar en gran medida el coste de construcción de los depósitos.

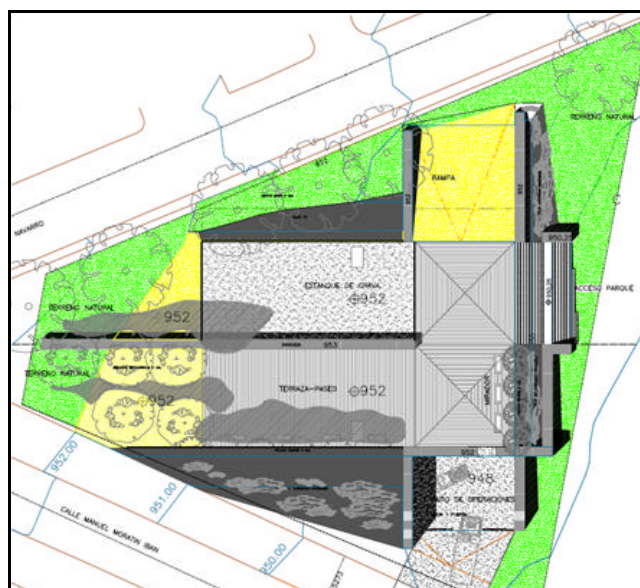


Figura 6. Integración paisajística de depósito de agua regenerada de El Escorial (Madrid).

Es conveniente que los depósitos de agua regenerada cuenten con una toma desde la red de abastecimiento, esto permite el riego de las zonas verdes en caso de problemas en el suministro de agua regenerada y el llenado de las redes con agua potable, fuera de la temporada de riegos. En ocasiones la ubicación del depósito se encuentra muy alejada de los posibles puntos de enganche con la red de abastecimiento, con lo que los costes de la conexión pueden ser muy elevados.

Otra problemática que se plantea en la ubicación del depósito es disponer cerca una red de saneamiento donde evacuar el agua almacenada en el interior de los vasos en caso de necesitar limpieza o labores de mantenimiento o bien para aliviar el exceso de agua acumulada debido a averías

En ocasiones la red de saneamiento existente no está dimensionada para el nuevo caudal añadido a la misma. También puede ocurrir que la cota de salida del desagüe del depósito se encuentre más baja que la cota de la red de saneamiento local por lo que es necesario un bombeo adicional, con el coste energético y de mantenimiento que esto requiere.

En algunos proyectos se han reutilizado depósitos existentes, que han debido rehabilitarse, lo que reduce los costes de inversión pero limita la posible optimización técnica de su ubicación.



Figura 7. Depósito de agua potable en desuso, reutilizado como depósito de agua regenerada en San Agustín de Guadalix (Madrid).

Redes de distribución:

En el diseño de las redes de riego con agua regenerada el principal problema es la falta de información respecto a las necesidades hídricas de las superficies a regar, las dotaciones necesarias e incluso el punto de inicio de las redes de riego interiores, donde ubicar los hidrantes en la red. Pese al esfuerzo realizado por parte de los técnicos del Canal de Isabel II, es muy complicado conseguir datos reales de consumos anuales y

caudales empleados, muchas veces no existen o no se encuentran accesibles en ayuntamientos, empresas encargadas del servicio o de la gestión del mismo. Sin estos datos es imposible realizar una optimización y un adecuado diseño de las redes, ajustado a las necesidades reales, tanto actuales como futuras.

Las necesidades hídricas se calculan según las Normas para Redes de Reutilización del Canal de Isabel II (Versión 2007), siendo de 2250 m³/ha/año, correspondientes a aplicar unas necesidades brutas de 1,5 l/m²/día durante 150 días de riego al año. La determinación del caudal diario estacional y del volumen anual suministrado se basa en la determinación sobre zonas verdes y dotaciones establecidas por la Comunidad de Madrid durante la sequía de 1991-1993. Estas necesidades están calculadas a partir de una distribución de suelo tipo, la cual no siempre se ajusta a la realidad, tanto en las zonas verdes existentes como en las de nueva construcción. Las desviaciones más importantes se producen fundamentalmente cuando el porcentaje de césped es mayor al 10% estimado en la distribución tipo, con lo que las necesidades hídricas aumentan considerablemente, debiéndose hacer ajustes, sobre todo cuando las zonas verdes tienen superficies elevadas (por ejemplo, el municipio de Torrejón de Ardoz con una superficie de riego de 163 ha presenta un porcentaje de césped del 21,5%).

Tabla 2. Necesidades medias en distribución de suelo tipo.

Zonificación	Suelo (%)	Necesidades (l/m ² /día)	Acumulado (l/m ² /día)
Arbustos y tapizantes	20	3,00	0,60
Árboles	50	0,50	0,25
Césped	10	6,00	0,60
Tratamientos duros	20	0,25	0,05
Total	100		1,50

En la mayoría de las ocasiones se desconoce el caudal necesario en cada zona verde para hacer funcionar correctamente la red interior de riego, en estos casos a cada hidrante se le asigna una dotación de riego según la superficie, tal y como se describe en la Tabla 3, realizada a partir de la experiencia en otras zonas verdes del Canal de Isabel II.

Tabla 3. Dotaciones asignadas en función de la superficie de la zona verde.

Superficie zona verde (ha)	Caudal (l/s)
0,0 - 0,5	2,0
0,5 - 1,5	3,5
1,5 - 2,5	6,0
2,5 - 5,0	8,5
> 5,0	11,0

Las zonas verdes a regar dentro de un municipio suelen ser mayoritariamente de pequeño tamaño y estar muy dispersas en toda su superficie, lo que produce unas redes de distribución muy ramificadas y con unas longitudes elevadas respecto a la superficie regada.

Tabla 4. Ejemplos de superficie regable y longitudes de distribución.

Municipio	Superficie zonas verdes a regar (ha)	Longitud red de distribución (m)
Arganda del Rey	150	6.535
El Escorial	54	5.585
Fuente El Saz	77	7.720
Humanes	16	6.594
San Agustín de Guadalix	19	10.680
Torrejón de Ardoz	163	24.798
Villalbilla	139	19.444

Los trazados de las redes son en su mayor parte urbanos, lo que produce un gran número de afecciones en calzadas, aceras y otros elementos. Se producen además un elevado número de cruces con otros servicios (agua potable, saneamiento, electricidad, gas, telefonía, etc.) e incluso con grandes infraestructuras que requieren de costosas obras de cruce. Los cruces deben cumplir la normativa existente al respecto, lo que puede complicar mucho el diseño en planta y alzado de los trazados, elevar las inversiones necesarias y dificultar enormemente su ejecución.

Tabla 5. Separaciones mínimas de redes de agua regeneradas con otros servicios, normativa del CYII.

Servicio	Separación en planta (cm)	Separación en alzado (cm)
Abastecimiento	150	30
Saneamiento	100	20
Gas	50	50
Electricidad-baja	30	30
Electricidad-alta	20	20
Comunicaciones	30	30



Figura 8. Ejecución de las obras de la red de riego con agua regenerada dentro del núcleo de Miraflores de la Sierra (Madrid).

3.- Resultados y discusión

Tras analizar la problemática planteada se puede dividir ésta en dos grupos, por una parte estarían las dificultades propias e inevitables de estas actuaciones y por otra la problemática solucionable.

La problemática inevitable puede ser mejorada o reducida en gran medida, tomando las consideraciones pertinentes. Dentro de este grupo se pueden incluir:

- Afecciones por ruido y/o por impacto visual. Con medidas de aislamiento acústico y de integración paisajística, se pueden solventar estas afecciones, acompañadas del inevitable incremento de costes.
- Zonas verdes de pequeño tamaño y muy dispersas en el municipio. Este factor es inevitable, si bien, para evitar instalar un número elevado de hidrantes y aplicar dotaciones demasiado elevadas respecto a la superficie (la dotación mínima empleada es de 2 l/s) es aconsejable unificar las zonas verdes cercanas cuando son de tamaño reducido.
- Redes con grandes longitudes respecto a la superficie regada. Una vez definida la red principal, es interesante realizar un análisis más detallado sobre la necesidad y coste de proyectar ramales específicos para el abastecimiento de las zonas verdes más alejadas.
- Trazados con un gran número de cruces y afecciones con otros servicios. Este factor es inevitable en redes urbanas, para reducirlo en lo posible, se deben estudiar en profundidad los distintos trazados posibles y la información de servicios disponible.

Dentro de la problemática solucionable en mayor o menor parte se incluye:

- Grandes desniveles y distancias entre EDAR y depósito o zonas verdes a regar. Este problema podría solucionarse en algunos casos empleando las aguas de la EDAR de un municipio para regar las zonas verdes del municipio contiguo situado a menor cota. Esto permitiría reducir en gran medida los costes energéticos del riego, aprovechando la diferencia de cotas existente, en lugar de volver a elevar las aguas regeneradas a las zonas altas de un mismo municipio.
Sería también muy conveniente estudiar en profundidad la ubicación óptima de los depósitos de almacenamiento con el fin de evitar bombeos innecesarios tanto para distribución como para evacuación

Estas propuestas, técnicamente factibles en muchos casos, son complejas a nivel administrativo y requerirían de una revisión de los convenios y planes de actuación.

- Falta de información respecto a las necesidades hídricas de las superficies a regar y las dotaciones necesarias. En este punto se plantean dos posibilidades, diseñar cada instalación “a la medida” de cada municipio o implantar unas normas a seguir en todos los municipios. Existen estudios de necesidades hídricas más o menos adaptables (como el empleado por el Canal de Isabel II), pero no ocurre lo mismo con los caudales necesarios para el funcionamiento de las redes interiores de las zonas verdes, estos valores se desconocen en la mayoría de los casos o no son accesibles, por lo que podría ser interesante una investigación en este punto, con el objetivo de obtener unos caudales medios empleados por superficie de zona verde, estos valores podrían servir para diseñar las redes e incluso para implantar una normativa a la que debieran adaptarse los diseños de las zonas verdes.

4.- Conclusiones y recomendaciones

El diseño de las redes de riego urbano con agua regenerada cuenta con una problemática específica, debida en parte a la tipología de la infraestructura y en parte a las limitaciones provocadas por las dificultades en la gestión administrativa y a la ausencia de datos disponibles.

Las infraestructuras pueden optimizarse, tanto en costes energéticos como en costes de inversión, a través de las medidas pertinentes en el diseño técnico, la flexibilización y ajuste de la gestión administrativa y la implantación de unos criterios de necesidades hídricas y dotaciones ajustados, basados en valores contrastados.

Podría ser de gran interés realizar una investigación sobre las necesidades y dotaciones requeridas por las zonas verdes urbanas, a partir de la cual se podrían establecer valores de referencia, tanto para el diseño de las redes de distribución como para el de las zonas verdes.

Las mejoras se dirigen, fundamentalmente, a la búsqueda de una optimización energética y una reducción de los costes de inversión, a partir de una localización más adecuada de los elementos, unos diseños más racionales y un mejor conocimiento de los requerimientos hídricos de las zonas verdes.

5.- Bibliografía

Normas para Redes de Reutilización. Versión 2007. Canal de Isabel II.