



**Semana temática:** Agua y Servicios de Abastecimiento y Saneamiento

**Eje temático:** 4. Capacidad Tecnológica, Condicionantes y Soluciones

**Título de la ponencia:** Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

**Autores:** Perales Momparler, Sara <sup>1</sup>

<sup>1</sup> PMEngineering, Av. Aragón, 18, CP-46021 – Valencia, Spain. Correo electrónico: [sperales@pmengineering.com](mailto:sperales@pmengineering.com), Teléfono: 963 698 354

**Resumen:**

Instituciones de algunos de los países más avanzados del mundo vienen reconociendo en los últimos años los múltiples beneficios derivados de afrontar la gestión del agua de lluvia desde una perspectiva alternativa a la convencional, tendiendo hacia un desarrollo sostenible y en concordancia con el medio ambiente. De este modo emergen con fuerza los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), cuyo objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales de las actuaciones programadas.

Esta comunicación describe las principales técnicas englobadas dentro de esta innovadora manera de realizar una gestión más eficiente del agua de lluvia (un recurso natural nada despreciable en los tiempos de escasez que afrontamos), y sus ventajas respecto de los sistemas tradicionales. Adicionalmente, se da una visión de conjunto del proceso de implantación de SUDS en el mundo y los retos que presenta el impulsar un cambio generalizado de tendencias en la gestión hídrica. Se presentan asimismo actuaciones concretas ya realizadas (o en curso) a nivel de investigación, planificación y proyectos de construcción de SUDS en España.

**Palabras clave:** Agua de lluvia, contaminación, escorrentía urbana, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), Best Management Practices (BMPs).

## 1. Introducción

El creciente desarrollo urbano que han ido experimentando nuestros pueblos y ciudades en las últimas décadas, ha dado lugar a la paulatina impermeabilización del suelo, sustituyendo por asfalto y hormigón lo que habían sido terrenos agrícolas y superficies forestales.

Estos cambios han alterado el ciclo hidrológico natural, produciendo un aumento de volúmenes de escorrentía (al disminuir la intercepción natural y la evapotranspiración) y una disminución de la infiltración, impidiendo así la recarga natural de los acuíferos. Para evitar la acumulación de agua en estas superficies impermeables, se han construido en el subsuelo grandes infraestructuras de drenaje convencional que evacúan rápidamente la escorrentía generada, haciéndola desaparecer de las zonas urbanas, pero trasladando el problema aguas abajo, causando inundaciones y la erosión de los cauces naturales. Con la intención de solucionar los problemas generados, se realizan costosas intervenciones de encauzamiento y protección contra inundación de zonas urbanas situadas aguas abajo, que en su mayoría continúan la cadena de destrucción del hábitat natural, y que quedarán pronto obsoletas si el proceso urbanizador sigue el patrón actual.

Con la ampliación de los núcleos urbanos, aparece además el problema de la incapacidad de las redes existentes de evacuar el incremento de escorrentía generado, lo que obliga bien a realizar grandes inversiones para aumentar la capacidad de evacuación, o bien a asumir inundaciones más frecuentes. En este último caso, se producen reboses y descargas incontroladas que vierten al medio natural grandes cantidades de contaminación (problema que se acentúa en el caso de las redes de saneamiento unitarias).

Durante años se han discutido las ventajas y los inconvenientes de proseguir con el drenaje unitario o dar un paso hacia el drenaje separativo, pero sigue sin haber un consenso sobre el tema, y es entendible, ya que con el drenaje separativo convencional no desaparecen los problemas ni de cantidad ni de calidad de las escorrentías.

La escorrentía urbana, lejos de ser agua limpia, arrastra grandes cantidades de contaminantes (sedimentos, metales pesados, grasas y aceites, nutrientes, etc.), procedentes de diversas y amplias zonas, y por tanto de difícil acotación (contaminación difusa). Con los requerimientos legales actuales para la protección de las aguas receptoras, entre ellos los exigidos en la Directiva Marco del Agua (2000), se hace muy complicada la depuración de estas aguas (captadas y transportadas mediante imbornales y colectores convencionales), al final de la línea.



**Figuras 1 y 2.** Problemas de inundaciones y contaminación asociados al drenaje convencional.

Ya está ampliamente reconocido a nivel mundial que se necesita un cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos. No es suficiente con proteger la ciudad contra inundaciones, sino que se ha de tener en cuenta el efecto que la escorrentía generada y transportada aguas abajo produce en el medioambiente, junto con los múltiples efectos colaterales que conlleva, y que afectan incluso a lugares situados a grandes distancias del punto de origen.

Por otro lado, y más que nunca ahora que comienzan a ser notables las consecuencias de la sequía y del cambio climático, no podemos permitirnos el lujo de desperdiciar el agua de lluvia, y es imprescindible contabilizar este recurso natural como un elemento más a tener en cuenta dentro de la gestión hídrica. Integrando además la reutilización de agua para segundos usos que no requieren la calidad del agua potable, podemos realizar una gestión más eficiente del agua en su conjunto.

La necesidad de que nuestro desarrollo sea verdaderamente sostenible y respetuoso con el medio ambiente, ha hecho que en multitud de países emerja con fuerza el empleo de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), también conocidos como *Best Management Practices (BMPs)* or *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, entre otras acepciones. Su objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales de las actuaciones programadas.

A lo largo de este artículo se describen los objetivos perseguidos y las principales técnicas SUDS empleadas para alcanzarlos, y se enfatizan los beneficios más destacables del empleo de este enfoque innovador y alternativo de la gestión del agua de lluvia en entornos urbanos. Por otra parte, se presentan experiencias de diversos países, se da una visión de conjunto de los retos que supone el apostar por impulsar el cambio necesario para la implementación generalizada de los SUDS y los entes implicados en el proceso, y se repasa la situación actual española, presentando actuaciones concretas ya realizadas a nivel de investigación, planificación y proyectos de construcción de SUDS en España.

## 2. Objetivos, Tipologías y Beneficios de los SUDS

Los SUDS pueden definirse como elementos integrantes de la infraestructura (urbano-hidráulico-paisajística) cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa. Todo ello tratando de reproducir, de la manera más fielmente posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación del hombre.

Los principios de los SUDS se centran en conseguir soluciones de gestión integrada del ciclo del agua, directamente ligadas a la protección medioambiental de las aguas receptoras. Los objetivos de los SUDS incluyen:

- Preservar la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas;
- Respetar el régimen hidrológico natural de las cuencas, reduciendo volúmenes de escorrentía y caudales punta procedentes de zonas urbanizadas, con la ayuda de elementos de retención en origen y minimizando áreas impermeables;
- Integrar la gestión y el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje, minimizando el coste de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno;
- Reducir la demanda de agua potable, realizando una gestión integral de los recursos hídricos al fomentar la reutilización en origen tanto de aguas pluviales como grises.

Algunas de las técnicas que se describen a continuación son conocidas en mayor o menor medida, pero es necesario ponerles nombre y apellido y englobarlas dentro de un mismo concepto, de modo que se establezcan las bases para su correcta aplicación, ya que con ello podríamos solucionar, de una manera eficaz y relativamente sencilla, muchos de los problemas que afrontamos día a día en la gestión hídrica en entornos urbanos.

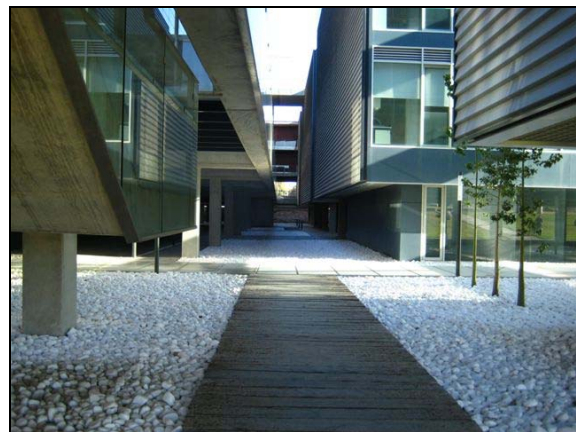
Una de las clasificaciones más recurrentes en la literatura existente sobre las diferentes tipologías de SUDS es la que diferencia entre medidas estructurales y no estructurales. Las medidas y técnicas englobadas en cada una de estas categorías se describen brevemente a continuación (Perales, S. y Andrés-Domenech, I., 2007).

Las medidas no estructurales previenen por una parte la contaminación del agua, reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes, y por otra, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes. Abarcan temas como la educación y programas de participación ciudadana, el control de la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines, la limpieza frecuente de superficies para reducir la acumulación de contaminantes, el cuidado en las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos, el control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje y la recogida y reutilización de pluviales, entre otros.

Por su parte, se consideran medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan, en mayor o menor grado, algún elemento constructivo, o supongan la adopción de criterios urbanísticos *ad hoc*. Las medidas estructurales más utilizadas son: Cubiertas Ecológicas (*Green Roofs*), Superficies Permeables (*Porous/Permeable Paving*), Franjas Filtrantes (*Filter Strips*), Pozos y Zanjas de Infiltración (*Soakaways & Infiltration Trenches*), Drenes Filtrantes (*Filter Drains*), Cunetas Verdes (*Swales*), Depósitos de Infiltración (*Infiltration Basins*), Depósitos de Detención (*Detention Basins*), Estanques de Retención (*Retention Ponds*) y Humedales (*Wetlands*).



**Figura 3.** Cubierta Ecológica. Consell Comarcal. Barcelona. (Fuente: Renolit).



**Figura 4.** Pavimentos Permeables. Universidad Politécnica de Valencia.

Los SUDS están concebidos para sustituir a los colectores enterrados convencionales, o en su caso utilizarse en combinación con ellos, sin que ello vaya en detrimento del nivel de seguridad frente a inundaciones exigible a las infraestructuras de drenaje de la ciudad. Su aplicabilidad es evidente para nuevos desarrollos urbanos, pero no debe descartarse en zonas ya consolidadas, donde pequeñas actuaciones puntuales pueden traer consigo beneficios nada desdeñables. La conveniencia de aplicar unas u otras técnicas dependerá de los condicionantes particulares de cada actuación, siendo la climatología y la geología factores importantes a considerar.



**Figura 5.** Cuneta verde. Dundee. Escocia.



**Figura 6.** Depósito de Detención-Infiltración. París.

Contemplar el agua de lluvia como un recurso natural, permite realizar una gestión hídrica más eficiente, contando con el aprovechamiento de las aguas pluviales, bien para su reutilización o para su infiltración al subsuelo.

Es más, los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales pueden ser implementados con la integración de instalaciones de tratamiento y reutilización de aguas grises (provenientes de lavabo, ducha y bañera), que proporcionan un caudal de suministro continuo e independiente de las condiciones climatológicas. El proceso de depuración de estas aguas debe permitir que la calidad de las mismas cumpla con el recientemente publicado Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, en el que se establecen los criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos.

La utilización de las nuevas tecnologías y sistemas ya disponibles en el mercado (de diseño compacto y poco voluminoso, fácil mantenimiento con mínimo gasto y seguridad funcional), abren la puerta a la reutilización del agua en origen en el ámbito urbano, para su uso como agua de riego, limpieza y de descarga de aparatos sanitarios, entre otros, tanto en parcelas privadas como públicas. Su uso en viviendas, residencias, hoteles, instalaciones deportivas, centros comerciales, etc. supone un gran ahorro de agua potable con ventajas tanto económicas como medioambientales. Excedentes de aguas grises ya tratadas y no utilizadas en origen, pueden incorporarse al sistema de gestión de aguas pluviales (SUDS) municipal, ofreciendo la posibilidad de su aprovechamiento en otras zonas (por ejemplo, para riego de zonas ajardinadas de gran extensión sin edificaciones anexas).

En cuanto a su aprovechamiento como agua que se infiltra al terreno, cabe destacar la posibilidad de utilización del subsuelo en la gestión de los recursos hídricos, con ventajas económicas y de gran efectividad con respecto a las grandes obras hidráulicas. En esta línea se engloban tanto la Gestión de la Recarga Artificial de Acuíferos (*Managed Aquifer Recharge-MAR*), como las técnicas de Almacenamiento Subterráneo con Recuperación (*Aquifer Storage Recovery-ASR*). Además de proporcionar un recurso apto para ser utilizado por el hombre, la recarga de acuíferos puede solucionar problemas medioambientales como los de intrusión marina, subsidencia, degradación de humedales y disminución de caudales base de cauces fluviales, entre otros.

La adopción de este enfoque innovador y alternativo de la gestión del agua de lluvia en entornos urbanos, reporta una serie de beneficios añadidos entre los que cabe citar los siguientes:

- Reducción del riesgo de inundación aguas abajo derivado de la disminución de volúmenes y caudales punta de escorrentía;

- Menor interferencia en los regímenes naturales de las masas de aguas receptoras, tanto en calidad como en cantidad;
- Mejor funcionamiento de las estaciones depuradoras, al reducirse el influente en las mismas y tener éste un patrón de contaminantes más constante;
- Reducción de las demandas de agua potable y de los volúmenes de aguas contaminadas generados;
- Reducción del efecto “isla de calor” en las ciudades, contrarrestando el aumento de temperatura provocado por superficies asfaltadas y hormigonadas;
- Disminución del consumo de energía, tanto en refrigeración y calefacción de instalaciones como por la disminución del volumen de agua a tratar en los procesos de depuración tradicionales;
- Incremento del valor añadido de las urbanizaciones, debido a la calidad paisajística del entorno y la dotación de zonas recreacionales adicionales;

Queda con esto patente que el empleo de técnicas SUDS permite dar un giro al enfoque tradicional, transformando los problemas en oportunidades. En lugar de considerar el agua de lluvia como un elemento que molesta y del que hay que deshacerse rápidamente, los SUDS contemplan realizar una gestión más eficiente del agua de lluvia, al considerarla como un recurso hídrico disponible para ser reutilizado.

### 3. Implantación y Experiencias a Nivel Mundial

El uso de técnicas SUDS está cada vez más extendido en el mundo (Australia, Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Alemania, Holanda, Francia, Sudáfrica, Nueva Zelanda...). Se han realizado multitud de proyectos, y las experiencias recogidas han dado lugar a la aparición de numerosos manuales de diseño, guías, normativa, legislación y documentación de todo tipo, que en muchos casos está disponible en la red para facilitar su divulgación, por el bien común.

Ya en la década de los 70 en los Estados Unidos se reconoció el problema de la contaminación difusa, y en la actualidad es necesario la elaboración de Planes de Gestión de Pluviales, que consideren el empleo de estrategias y técnicas SUDS o BMPs, para el cumplimiento de programas tanto federales, estatales como locales (Nisenson, L., 2006). Un proceso similar es el que se produjo en Australia a finales de la década de los 90, contando en la actualidad con normativa, legislación y manuales de diseño sobre SUDS o *WSUD*, donde cabe destacar el proceso de transición del área metropolitana de Melbourne, generalmente reconocida en el ámbito internacional como pionera en el área de gestión de la calidad del agua de lluvia en entornos urbanos.

En nuestro continente, el informe 5.1 del programa Daywater (Revitt, D.M. et al, 2003) recoge el estado de implantación de los SUDS en Europa hasta ese momento (Tabla 1), destacando los múltiples beneficios de los SUDS en comparación con el sistema convencional de drenaje, pero haciendo hincapié en la necesidad de avanzar en las bases para su desarrollo. El uso de las diferentes técnicas SUDS está más extendido en los países del centro y norte de Europa que en la zona sur, donde países como España, Italia, Grecia y Portugal cuentan todavía con escasas experiencias. Por otra parte, las tipologías de SUDS empleadas varían entre países.

En España, la inercia de siglos de evacuar las aguas pluviales mediante colectores enterrados, sin ni siquiera plantear otras posibilidades, sigue siendo la práctica habitual. Gran parte de las administraciones responsables y competentes de autorizaciones de vertido apenas son conscientes de la contaminación producida por el agua de lluvia en los episodios de precipitación, y existe una

gran disparidad de criterios de cálculo y caracterización de los fenómenos de precipitación, incluso en ámbitos climáticos similares. En contraposición, en países como el Reino Unido o los Estados Unidos existen normativas que fijan los períodos de retorno y las duraciones de las lluvias a emplear en los cálculos, permitiendo un diseño integral desde el punto de vista de la calidad y la cantidad, al trabajar con todo el espectro de eventos de lluvia, desde los eventos frecuentes y de pequeña entidad hasta los eventos raros y de gran magnitud.

	SISTEMA CONVENCIONAL COLECTORES	SISTEMA ALTERNATIVO SUDS
Coste de construcción	Pueden ser equivalentes, aunque los usos indirectos de los SUDS reducen su coste real	
Costes de operación y mantenimiento	Establecido	No establecido: falta experiencia
Control de inundaciones en la propia cuenca	Si	Si
Control de inundaciones aguas abajo	No	Si
Reutilización	No	Si
Recarga / Infiltración	No	Si
Eliminación de contaminantes	Baja	Alta
Beneficios en servicios al ciudadano	No	Si
Beneficios educacionales	No	Si
Vida útil	Establecida	No establecida: falta experiencia
Requerimientos de espacio	Insignificantes	Dependiendo del sistema, pueden ser importantes
Criterios de diseño	Establecidos	No establecidos: falta experiencia

**Tabla 1.** Comparación entre el sistema de drenaje convencional y el sistema alternativo SUDS (Revitt, D.M. et al, 2003).



**Figura 7.** Implicaciones del Urbanismo y la Ordenación del Territorio en la Gestión de Aguas Pluviales Urbanas (Valls, G. y Perales, S., 2008).

Como se ha visto, ya está ampliamente reconocido a nivel mundial que se necesita un cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos. Para que España pase a formar parte del grupo de países que están convencidos de que el camino a seguir es la implantación de la filosofía de los SUDS, se precisa un esfuerzo coordinado de todos los entes implicados (ciudadanía, administraciones, universidades, empresas, etc.).

Diversos estudios y publicaciones analizan el gran reto que supone la rápida y generalizada implementación de formas de gestión hídrica más sostenibles, dada su amplia interrelación con multitud de aspectos, por ejemplo, los relacionados con el urbanismo y la ordenación territorial (Figura 7). Los obstáculos más comúnmente destacados son la fragmentación institucional, la dilución de responsabilidades, la falta de incentivos, el poco compromiso con las organizaciones, la dependencia del desarrollo tecnológico, una capacidad limitada de la sociedad para participar de forma efectiva y sobre todo la falta de experiencia y conocimiento de la manera de llevarlo a cabo (Engineers Australia, 2006).

El aprender de las experiencias de los múltiples países que nos aventajan en este aspecto debe facilitar la labor de implantación de los SUDS en España. Aunque queda mucho camino por recorrer, en los últimos años se han dado pasos importantes en esta dirección. La gestión del agua de lluvia mediante técnicas SUDS está completamente alineada con recomendaciones expuestas en diversas publicaciones españolas sobre desarrollo sostenible. En el libro recientemente publicado "La Sequía en España: Directrices para minimizar su impacto" (Comité de Expertos en Sequía del MMA, 2007), se plantea la Captación, Drenaje y Gestión de aguas pluviales como una estrategia a desarrollar desde la planificación hidrológica, proponiendo la introducción del drenaje separativo, la permeabilización de superficies urbanas y la captación de agua de lluvia en cisternas y aljibes, por normativa municipal, en todo nuevo desarrollo urbanístico, así como el fomento de estas medidas de forma descentralizadas en zonas ya urbanizadas, mediante adecuados incentivos económicos a los vecinos y empresas que las adopte.

En esta línea, la *Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid* (Ayto. de Madrid, 2006) expone que el modelo de gestión de los recursos hídricos debe tomar como base el ciclo natural del agua, y recoge una serie de medidas susceptibles de regulación, en el ámbito de su competencia, que permitan avanzar en un uso más sostenible del agua en la ciudad. Por ejemplo, en su artículo 8, establece que en las actuaciones de urbanización debe minimizarse la proporción de pavimentos impermeables, con objeto de favorecer la infiltración, estableciendo unos mínimos de permeabilidad en aceras, bulevares, medianas, plazas y zonas verdes urbanas.

En cuanto a la labor investigadora, cabe destacar el trabajo realizado por el Grupo de Investigación GITECO de la Universidad de Cantabria, con la realización, entre otros, del proyecto de “Desarrollo de nuevas estructuras de firmes filtrantes biodegradantes de hidrocarburos (FIDICA)” y el impulso de la creación para mediados de 2008 de la RedSUDS, proyecto financiado por la Sociedad Regional Cantabria I+D+i (IDICAN), que pretende sentar las bases para el contacto e intercambio de información entre todos los entes interesados en el desarrollo de los SUDS en España: administraciones, universidades y empresas. También resaltar el proyecto de I+D+i “DINA-MAR, gestión de la recarga de acuíferos en el marco de desarrollo sostenible” que lleva a cabo el Grupo Tragsa.

En el campo de las aplicaciones concretas, PMEnginyeria (consultoría de ingeniería civil especializada en la gestión eficiente del agua) ha realizado diversos estudios de implantación de SUDS, entre los que cabe destacar el de “*Posibilidades de Mejora en el Ciclo del Agua en Plata y Castañar en Villaverde, Madrid*”, por encargo de la Subdirección General del Plan General del Ayuntamiento de Madrid, y el de “*Aprovechamiento de las Agua Pluviales en el Ámbito de la Marina de la Zona Franca*”, realizado para BAGURSA (Ayuntamiento de Barcelona). También ha realizado proyectos para diversas aplicaciones puntuales, como el de la “*Cuneta Nivelad Drenante en la CV-50 en el T.M. de Alzira, Valencia*”, por encargo de la Conselleria d’Infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana.

Así mismo, empiezan a aparecer desarrollos urbanísticos que contemplan estrategias de gestión integral y eficiente de los recursos hídricos. Se exponen a continuación dos casos de estudio en los que PMEnginyeria ha aplicado la filosofía y técnicas de SUDS para la resolución de los problemas planteados y la consecución de los objetivos perseguidos.

#### CASO 1: Depósito de laminación-reutilización-infiltración en Villanueva de Gállego (Zaragoza)

La construcción por GSE de un gran centro de distribución para una filial de ARC Internacional en Villanueva de Gállego (Zaragoza), promovido por ProLogis, presentaba el problema de que el colector existente en la urbanización era de capacidad insuficiente para evacuar las aguas pluviales de la cubierta de la nave (de 4 ha. de superficie), además de encontrarse situado a una cota superior al punto de vertido del sistema de evacuación de dicha cubierta.

Como solución al problema, PMEnginyeria propone, proyecta y proporciona asistencia técnica en la construcción de un depósito semienterrado de laminación-infiltración, situado en la zona reservada para ajardinamiento en el frontal de la nave, con capacidad para gestionar la tormenta de diseño, que permite la infiltración del agua de lluvia al terreno, reproduciendo de este modo el ciclo hidrológico existente previamente a la construcción de la nave.

Adicionalmente, se construye un depósito impermeable asociado al anterior, para el almacenamiento y posterior reutilización del agua de lluvia, tanto para el riego de las zonas ajardinadas de la parcela como para su uso como agua sanitaria (recarga de inodoros y agua para limpieza). Sólo cuando este depósito de reutilización está lleno, el agua de lluvia captada en la cubierta rebosa al depósito anexo de laminación-infiltración.



La construcción se realiza utilizando nuevos materiales que se adaptan a las necesidades particulares del proyecto: se emplean estructuras modulares reticulares de polipropileno (reciclables) que envueltas con una lámina impermeable conforman el depósito de reutilización, y ruedas de neumáticos usados (reciclados) que envueltas en geotextil crean el espacio necesario para la retención temporal del agua y permiten la infiltración del agua en el terreno. De este modo, se rellena la zanja excavada hasta la cota del pavimento adyacente, y sobre un geocompuesto de refuerzo se vierte una capa de gravas como acabado superficial, que además permite el paso del agua a su través y no genera escorrentía.



**Figura 8.** Depósito de Reutilización de pluviales formado por elementos reticulares. Zaragoza.



**Figura 9.** Depósito de Laminación-Infiltración de pluviales relleno con neumáticos usados. Zaragoza.

En síntesis, se implanta una alternativa innovadora y medioambientalmente viable a la gestión tradicional del agua de lluvia, convirtiendo lo que inicialmente era un problema en una oportunidad de realizar una Gestión Eficiente del Agua, y convirtiendo un desecho a tratar, en un recurso natural que proporciona ahorros en el consumo de agua potable y energía.

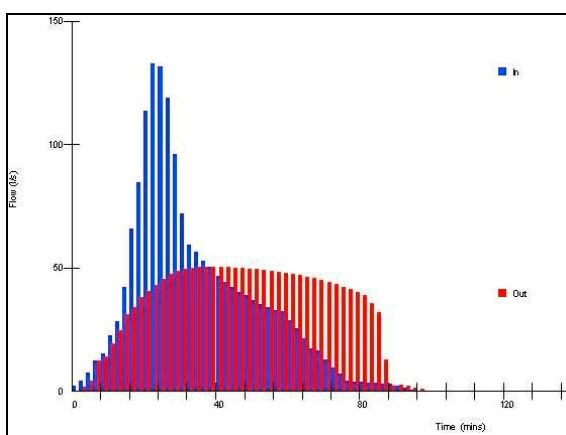
## CASO 2: Red de Drenaje Sostenible y Reutilización de Pluviales en Torre Baró, Barcelona

Ante el propósito de BAGURSA (Ayto. de Barcelona) de enfocar de una manera más sostenible y racional el diseño urbano y arquitectónico, y con el objetivo de que las actuaciones urbanísticas sean complementarias, en lugar de antagónicas, respecto al ciclo natural del agua, PMEnginyeria presentó, con fecha abril de 2006, el diseño de la instalación de SUDS para la urbanización de Torre Baró. El objetivo marcado es el de captar y transportar las escorrentías generadas tanto en el viario como en las cubiertas de los edificios previstos en el ámbito de dicho proyecto, con el objetivo de conducir las hacia el punto más bajo de la actuación, la Plaza de los Eucaliptus, para su posterior reutilización en tareas municipales de riego y limpieza viaria.

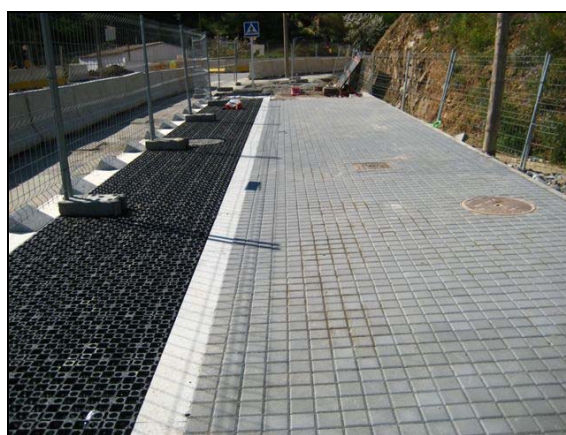
Las pendientes de calzadas y aceras dirigen la escorrentía generada en las mismas hacia una franja de arbolado y farolas con pavimento drenante (celdas de polipropileno que dan estabilidad a las gravillas de relleno) que capta, filtra y conduce el agua hacia una serie de depósitos subyacentes intermitentes. Estos minidepósitos están compuestos por estructuras modulares reticulares de polipropileno, que permiten el paso del agua a su través, recibiendo la escorrentía captada por su parte superior (en contacto directo, mediante una capa de gravas, con las franjas filtrantes. Están conectados entre sí tan entre sí por tuberías que, al ser de pequeño diámetro, favorecen la retención temporal del agua en cada uno de los depósitos, produciendo una laminación de los caudales a lo largo de todo el recorrido por la red de drenaje sostenible. A su vez, el agua recogida en las cubiertas de los edificios colindantes vierte a una serie de arquetas, que conectan con los minidepósitos previamente descritos.

En estos momentos la construcción de esta primera fase de actuación está concluida, y se ha redactado ya el proyecto constructivo de la segunda fase, que contempla la ampliación de la recogida de pluviales a las zonas verdes del ámbito, incluyendo la Plaza de los Eucaliptos (punto más bajo donde vierte la instalación de SUDS) y el depósito de reutilización situado en la misma.

Para la segunda fase, PMEngineering ha proyectado una serie de depósitos de detención en los puntos bajos de las zonas verdes, que captan el agua mediante filtración y la dirigen a través de la red de drenaje sostenible de la urbanización, hasta el depósito de reutilización proyectado. En las zonas en las que ha sido posible, estos depósitos se han diseñado deprimidos con respecto al área circundante, con el fin de aprovechar el volumen de almacenamiento temporal en superficie. En todos los casos, el agua pasa a través de capas de gravas y geotextiles hasta los minidepósitos subyacentes (compuestos por estructuras modulares reticulares de polipropileno), y éstos se conectan mediante tubos a la red de SUDS de la urbanización. La laminación de las aguas pluviales en cabecera disminuye los diámetros de las conducciones al depósito de almacenamiento.



**Figura 10.** Hidrogramas de entrada y salida y efecto de laminación en un depósito de la Urb. Torre Baró.



**Figura 11.** Franja de captación y transporte de las escorrentías en la Urb. Torre Baró, Barcelona.

Con la introducción de la red de SUDS en el ámbito de proyecto se cumple el objetivo principal de aprovechamiento de las aguas pluviales para riego y/o limpieza viaria, reduciendo de este modo tanto el consumo de agua potable en la ciudad como el volumen de agua a transportar y depurar por el sistema unitario municipal.

#### 4. Conclusiones

La necesidad de introducir un cambio en la manera convencional de gestionar el agua de lluvia, pasando a considerar este recurso natural dentro de las estrategias de gestión hídrica para crear entornos urbanos más sostenibles, encuentra en estos momentos un merecido reconocimiento mundial. Con un buen planeamiento, diseño, construcción y mantenimiento, tal y como queda reflejado en los casos de estudio seleccionados, los SUDS pueden mitigar muchos de los efectos adversos que la escorrentía urbana provoca al medio ambiente, y aportar al mismo tiempo un recurso hídrico apto para ser reutilizado, cumpliendo así con los objetivos fijados por la legislación española y europea en materia de aguas.

La implantación de manera generalizada y estandarizada de los SUDS pasa por salvar obstáculos como el desconocimiento y la falta de coordinación entre los organismos y entes implicados, pero hay que hacer un esfuerzo común, ya que de todos es la responsabilidad de luchar por el Desarrollo Sostenible de nuestros pueblos y ciudades.

## 5. Bibliografía

Ayuntamiento de Madrid (2006). *Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid*. Madrid.

Comité de Expertos en Sequía del MMA (2007). *La Sequía en España: Directrices para minimizar su impacto*. Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente. 2007.

*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.

Engineers Australia (2006). *Australian Runoff Quality*. THF Wong. Australia.

Nisenson, L. (2006). Using Smart Growth Techniques as Stormwater Best Management Practices. United States Environmental Protection Agency. EPA 231-B-05-002..

Perales, S. y Andrés-Doménech, I. (2007). *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*. V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Sevilla. Noviembre 2007.

*Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*. BOE n° 294. 8 Diciembre 2007.

Revitt, D.M.; Ellis, J.B. y Scholes, L. (2003) *Review of the Use of Stormwater BMPs in Europe*. Report 5.1. EU 5<sup>th</sup> Framework DayWater Project. [Accesible: <http://daywater.enpc.fr/www.daywater.org/>] [Acceso: 12/05/2008].

Valls, G y Perales, S. (2008). *Integración de las Aguas Pluviales en el Paisaje Urbano: un Valor Social a Fomentar*. I Congreso Nacional de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Bilbao. Mayo 2008.