

Título

GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA DE LLUVIA COMO MOTOR DE RENOVACIÓN URBANA: LA EXPERIENCIA DEL MUNICIPIO DE BENICÀSSIM (CASTELLÓN)

Autores

Jesica Castillo-Rodríguez¹, Ignacio Andrés-Doménech¹, Javier Mira Peidro², Jorge Corrales García², Sara Perales-Momparler³

¹ Universitat Politècnica de València, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Valencia, España

² Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE), Castellón, España

³ Green Blue Management, Valencia, España

Contacto: Jesica Castillo-Rodríguez, jecasrod@upv.es

Resumen

La asociación CIRIA (Construction Industry Research and Information Association) de Reino Unido define los Sustainable urban Drainage Systems (SuDS, o también Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible - SUDS), como “sistemas de drenaje que contribuyen al desarrollo sostenible y a la mejora del diseño urbano, equilibrando los diferentes intereses que influyen en el desarrollo de la comunidad. Enfocan la gestión del agua superficial considerando la cantidad de agua, la calidad y el uso público que se le puede dar a esa agua superficial.”

Los SUDS imitan los procesos naturales de gestión de escorrentías y son diseñados para atenuar los caudales que llegan al medio receptor, proporcionar espacios para el almacenamiento de agua, así como favorecer la infiltración y la reutilización. Los SUDS son uno de los ejemplos de las denominadas Nature Based Solutions (NBS), o soluciones basadas en la naturaleza, para la adaptación de las ciudades frente al Cambio Climático y la mitigación de sus consecuencias potenciales.

En este contexto, en los últimos años se ha producido un cambio de paradigma hacia una gestión más eficiente del agua de lluvia en las ciudades. Existen ejemplos de SUDS implementados en distintas ciudades de España (Barcelona, Madrid, Alicante, Valencia, Sevilla, Vitoria, etc.) y el mundo (en países como Reino Unido, Estados Unidos o Nueva Zelanda, entre otros).

El proyecto LIFE CERSUDS, financiado por el Programa LIFE 2014-2020 de Medio Ambiente y Acción por el Clima de la Unión Europea con referencia LIFE15 CCA/ES/000091, tiene como objetivo principal mejorar la capacidad de adaptación de las ciudades al Cambio Climático y promover el uso de infraestructuras verdes en las acciones de desarrollo y renovación urbana. El proyecto ha incluido el desarrollo de un demostrador en el municipio de Benicàssim (Castellón), consistente en un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) que incorpora el uso de un pavimento permeable conformado por un innovador sistema, creado a partir de baldosas cerámicas en stock, favoreciendo la reutilización de dicho material.

El SUDS reducirá el agua de escorrentía a gestionar por el sistema de drenaje existente aguas abajo y permitirá mejorar la calidad del agua efluente. Además, cuenta con un depósito que permitirá reutilizar el agua de lluvia para el riego de zonas verdes.

El demostrador, finalizado en el mes de julio de 2018, representa un innovador caso de renovación urbana, mejorando la gestión de las escorrentías y, a su vez, dando visibilidad a un sector clave en la industria regional.

Palabras clave:

Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible; pavimentos permeables; cerámica; renovación urbana

1. Introducción

En los últimos años, y más concretamente tras la publicación de la Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua, DMA), la Unión Europea organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, aguas costeras y subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías (EC, 2000). Esta Directiva identifica como una de las presiones a que están sometidas las masas de agua los vertidos de aguas residuales o aguas contaminadas, tanto puntuales como difusas (Perales-Momparler y Andrés-Doménech, 2008).

Las nuevas exigencias normativas, y la creciente demanda de la sociedad por un desarrollo urbano sostenible, hacen necesario un nuevo enfoque para la gestión de las escorrentías, lo cual ha llevado al interés creciente por el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y la implementación de soluciones para resolver los problemas actuales y futuros en materia de drenaje urbano.

La asociación CIRIA (Construction Industry Research and Information Association) de Reino Unido define los **Sustainable urban Drainage Systems** (SuDS, o también Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible - **SUDS**), como “sistemas de drenaje que contribuyen al desarrollo sostenible y a la mejora del diseño urbano, equilibrando los diferentes intereses que influyen en el desarrollo de la comunidad. Enfocan la gestión del agua superficial considerando la cantidad de agua, la calidad y el uso público que se le puede dar a esa agua superficial.”

Los SUDS imitan los procesos naturales de gestión de escorrentías y son diseñados para atenuar los caudales que llegan al medio receptor, proporcionar espacios para el almacenamiento de agua, así como favorecer la infiltración y la reutilización. Los SUDS son uno de los ejemplos de las denominadas Nature Based Solutions (NBS), o soluciones basadas en la naturaleza, para la adaptación de las ciudades frente al Cambio Climático y la mitigación de sus consecuencias potenciales.

Los SUDS pueden utilizarse como alternativa a los sistemas de drenaje convencional o en combinación con ellos. La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización, minimizando los impactos del desarrollo urbano en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía, así como maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de las actuaciones realizadas para el ciudadano y los ecosistemas urbanos.

2. Los SUDS como elemento impulsor de una renovación urbana sostenible

En este contexto, en los últimos años se ha producido un **cambio de paradigma** hacia una gestión más eficiente del agua de lluvia en las ciudades. Existen ejemplos de SUDS implementados en distintas ciudades de España (Barcelona, Madrid, Alicante, Valencia, Sevilla, Vitoria, etc.) y el mundo (en países como Reino Unido, Estados Unidos o Nueva Zelanda, entre otros).

Son muchas las diferentes tipologías de SUDS que pueden encontrarse. En general, pueden clasificarse en función de la naturaleza de la intervención realizada (estructural o no estructural), y el proceso o etapa del ciclo del agua sobre el que actúan (infiltración, captación y transporte o tratamiento).

En lo referente a las **medidas no estructurales**, estas 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 (Perales-Momparler y Andrés-Doménech, 2008).

De entre las medidas no estructurales más habituales, cabe destacar las actuaciones vinculadas a cambios en el marco regulatorio, impulsando la implantación de soluciones sostenibles, la inversión en mejora y mantenimiento de la red de drenaje, medidas de planeamiento urbano para minimizar la impermeabilización y favorecer la implantación de zonas que permitan la gestión del agua de escorrentía, así como acciones de formación y educación y concienciación ciudadana, y acciones de mantenimiento y limpieza de calles que permiten reducir la concentración de contaminantes y el uso de sustancias que puedan aumentar la presencia de los mismos.

Por otra parte, las **medidas estructurales** son aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contienen en mayor o menor grado algún elemento constructivo que permite la gestión de las escorrentías antes de su llegada a la red o al medio receptor.

La combinación de una o más tipologías SUDS permite el planteamiento de actuaciones de renovación urbana más sostenibles y eficientes en lo referente a la gestión del agua de lluvia en las ciudades.

Más concretamente, los **pavimentos permeables** surgen como una alternativa a los pavimentos tradicionales, proporcionando un suelo adecuado para peatones y vehículos, a la vez que permiten una rápida filtración del agua hacia una capa inferior de material granular.

Los pavimentos permeables, además, proporcionan un almacenamiento temporal al filtrarse la escorrentía hacia el sustrato. Son varias las tipologías de pavimento permeable que pueden encontrarse, tales como bloques con zonas permeables o juntas, adoquines u hormigón permeable.

Son muchas las ventajas asociadas al uso de los pavimentos permeables (Rodríguez Hernández, 2008), desde ventajas de carácter técnico, como económico, social y medioambiental (Figura 1).

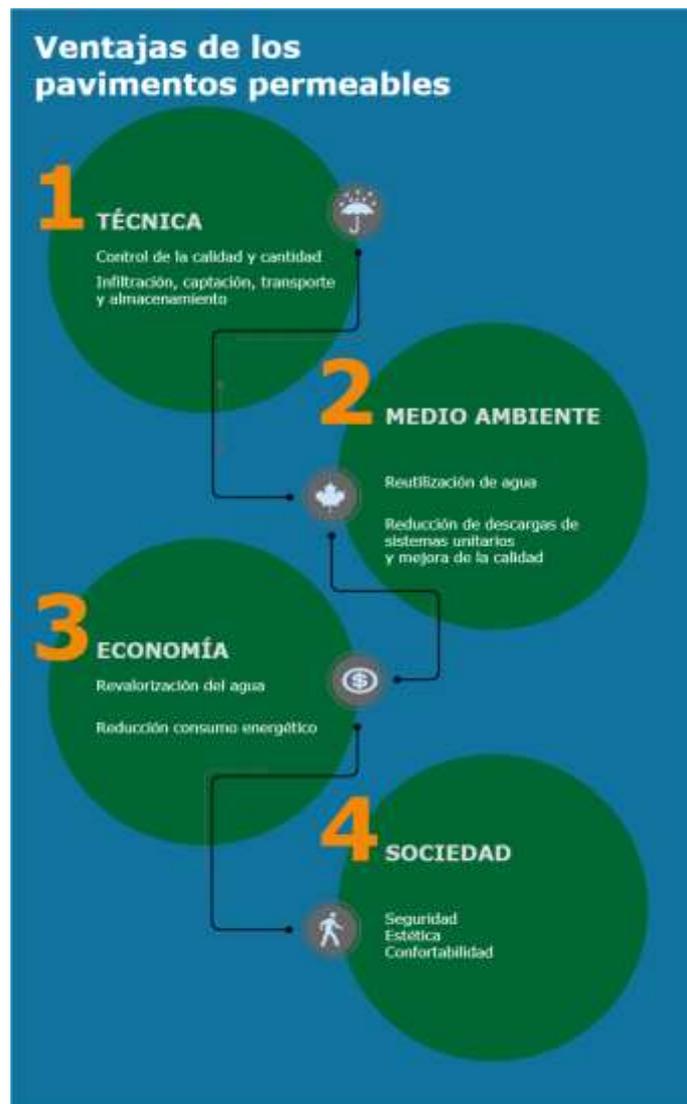


Figura 1. Ventajas de los pavimentos permeables. Fuente: Elaboración propia.

La incorporación de SUDS en actuaciones de renovación urbana permite no solamente mejorar la gestión del agua de lluvia en las ciudades, sino que, además, proporciona beneficios adicionales vinculados a la mejora del entorno urbano, fomento de la biodiversidad, la creación de espacios para el ciudadano, entre otros.

Por tanto, el cambio de paradigma hacia una gestión más sostenible del agua de lluvia en entornos urbanos representa un eje fundamental de actuación para el planteamiento de renovaciones urbanas sostenibles y compatibles con los retos actuales de nuestras ciudades, incluyendo la adaptación al cambio climático.

El presente artículo describe el **caso práctico** llevado a cabo en el municipio de Benicàssim (Castellón) en el marco del proyecto LIFE CERSUDS, como ejemplo de renovación urbana motivada por una mejor gestión del agua de lluvia, junto con la necesidad de potenciar el uso de materiales sostenibles.

3. Sistema cerámico permeable como solución de drenaje urbano: el caso de Benicàssim (Castellón, España)

3.1. El sistema cerámico de pavimentación permeable LIFE CERSUDS

El **Proyecto LIFE CERSUDS**, Ceramic Sustainable Urban Drainage System, es un proyecto europeo actualmente en desarrollo, durante el periodo 2016-2019, y que ha contado con financiación de la Comisión Europea a través del Programa LIFE 2014-2020 de Medio Ambiente y Acción por el Clima de la Unión Europea con referencia LIFE15 CCA/ES/000091.

El proyecto LIFE CERSUDS cuenta con la participación de un consorcio liderado por el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE), y que incluye al Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València, el Ayuntamiento de Benicàssim, CHM Infraestructuras, Trencadis de Sempre, y por último el Centro Cerámico Bologna (Italia) y el Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro de Coimbra (Portugal).

El proyecto ha desarrollado un demostrador en el municipio de **Benicàssim** que consiste en un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) que utiliza material cerámico de bajo valor comercial como sistema filtrante de pavimentación.

El demostrador representa un innovador caso de renovación urbana, mejorando la gestión de las escorrentías de la zona de actuación y, a su vez, dando visibilidad a un sector clave en la industria regional, como es el sector de la **industria cerámica** en la provincia de Castellón.

En base a un estudio de KPMG basado en balances y cuentas de resultados de 21 empresas del sector cerámico, se determinó que el nivel de stock del sector español en 2014 (año de referencia del estudio) fue de un 30,44%. Considerando un 25% como el nivel máximo de stock necesario en el sector para una normal rotación se obtuvo un 5,44% del stock generado por el sector español en ese año y que sería un sobrestock no justificado por una normal rotación.

Por tanto, se identificó la oportunidad de transformar dicho stock en un material a emplear para la fabricación de un pavimento urbano permeable.

Por ello, el proyecto LIFE CERSUDS propone el uso de un **pavimento cerámico permeable innovador** que tiene sus orígenes en el marco de un proyecto de I+D anterior (IMIDIC, 2010).

Los resultados de este proyecto se presentaron en Qualicer 2012 (Mira et al. 2012) como un prototipo de pavimento urbano permeable formado por piezas cerámicas con bajo valor comercial existentes en stock. Estas piezas cerámicas se cortaron en cintas de diferentes anchos aumentando con ello, de canto, su resistencia a la flexión.

El sistema cerámico LIFE CERSUDS consiste en un pavimento permeable formado por baldosas cerámicas de bajo valor comercial existentes en stock. El módulo está formado por siete cintas obtenidas a partir del corte de baldosas cerámicas (Figura 2).

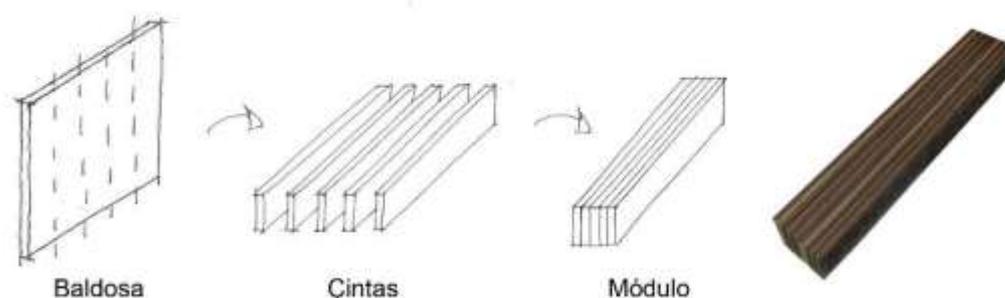


Figura 2. Esquema del módulo cerámico. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS.

3.2. El demostrador

El demostrador consiste en la reurbanización del tramo de la calle Torre de Sant Vicent, comprendido entre las calles Mossén Elíes y Tramontana, en un área de intervención que ocupa 3.000 m².

El demostrador ejecutado constituye un caso práctico de aplicación del sistema LIFE CERSUDS en intervenciones de regeneración urbana llevadas a cabo conforme a los criterios recogidos en la nueva Agenda Urbana Española (FEMP, 2018) para un desarrollo sostenible.

En concreto la intervención atiende a los siguientes objetivos estratégicos y específicos de la citada agenda:

Tabla 1. Objetivos específicos de desarrollo sostenible ligados al proyecto.

Objetivo estratégico	Objetivo específico
1. Uso racional del suelo	1.3 Mejorar las Infraestructuras Verdes Urbanas (GVA, 204) y vincularlas con el contexto natural
2. Revitalizar la ciudad existente	2.3 Mejorar la calidad y la accesibilidad de los espacios públicos
	2.4 Mejorar el medio ambiente urbano y reducir la contaminación
3. Reducir los impactos del cambio climático	3.1 Adaptar el modelo urbano a los efectos del cambio climático y avanzar en su prevención
	3.2 Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero
4. Hacer una gestión sostenible de los recursos y favorecer la economía circular	4.1 Optimizar y reducir el consumo de energía
	4.2 Optimizar y reducir el consumo de agua
	4.3 Fomentar el ciclo de los materiales
	4.4 Reducir los residuos y favorecer su reciclaje
5. Favorecer la movilidad sostenible	5.2 Potenciar la movilidad y los modos de transporte sostenibles

La calle Torre de Sant Vicent en Benicàssim representa un itinerario histórico que conecta el centro de la localidad con la playa, definiendo un recorrido peatonal noroeste-sureste que atraviesa perpendicularmente la antigua infraestructura ferroviaria sobre la que se desarrollará su futuro Parque Central. Este hecho hace de Torre Sant Vicent uno de los dos ejes principales sobre los que se articulará la futura Infraestructura Verde

Urbana que enlazará entre sí los espacios de mayor valor ambiental, paisajístico, cultural y social recuperando su relación con el territorio.

El demostrador, ejecutado entre febrero y julio de 2018, se ha centrado en el primer tramo de esta calle, con un desarrollo longitudinal de unos 200 metros, un ancho variable entre 10 y 27 metros, y una pendiente longitudinal descendente hacia el mar del 1.5%.

Dicho ámbito se encuentra ubicado en una zona residencial de baja densidad caracterizada por la presencia de varios equipamientos deportivos municipales y de un pequeño espacio destinado al juego infantil, por lo que actualmente la calle no solo funciona como punto de paso habitual en el recorrido entre la playa y el centro, sino como antesala de los equipamientos públicos existentes.



Figura 3. Vista del tramo de calle desde aguas abajo, antes de la intervención. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS.

La sección viaria, previa a la intervención, estaba formada por una calzada central de sentido único destinada al tránsito motorizado, con un carril delimitado para bicicletas y dos aceras peatonales elevadas mediante bordillos. Mientras que los espacios donde la sección se ensancha, frente al polideportivo y la piscina municipal, aparecían ocupados por las rampas y escaleras necesarias para el acceso a los equipamientos y por una pequeña área ajardinada, única zona de estancia de este ámbito dotada de sombra en el recorrido hacia la playa.

Las soluciones de urbanización utilizadas, asfalto en calzada y carril bici y baldosa hidráulica en las aceras, provocaban el sellado del suelo en prácticamente la totalidad de su extensión, evacuándose las aguas de lluvia mediante sumideros puntuales dispuestos a lo largo de la calle conectados a la red de pluviales.

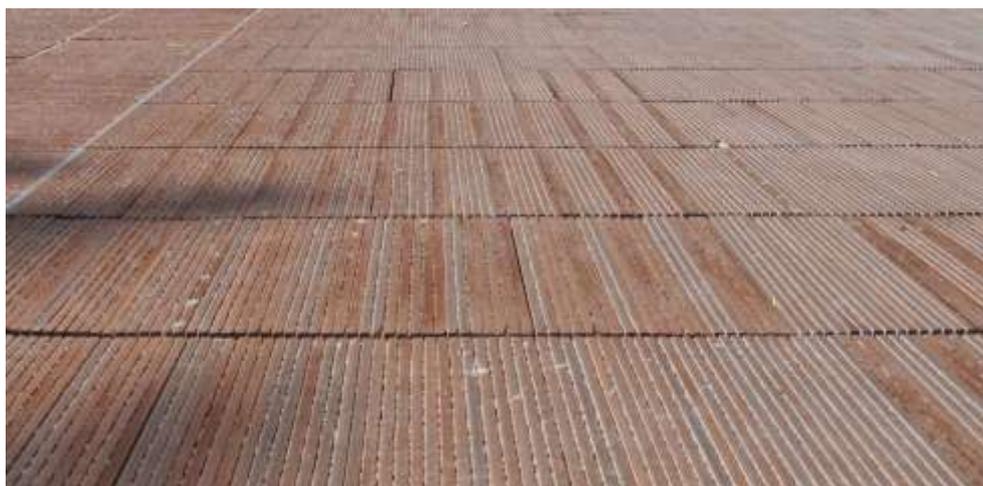


Figura 4. Pavimento cerámico permeable dispuesto en el demostrador. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS.



Figura 5. Vista del tramo de calle renovado tras la intervención. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS.

El proyecto demostrador cuenta con capacidad de almacenamiento de agua de lluvia, que después permitirá su reutilización como agua de riego para el mantenimiento del espacio público.

El SUDS ejecutado reducirá el agua de escorrentía a gestionar por el sistema de drenaje existente aguas abajo y permitirá mejorar la calidad del agua efluente.

El diseño hidráulico del demostrador ha considerado los siguientes objetivos específicos:

- Reducción de la escorrentía generada, aumentando la proporción de superficies permeables.
- Captación y filtrado de la escorrentía generada, a través del pavimento permeable.

- Aprovechamiento del agua de lluvia captada para riego de la vegetación de la calle.
- Fomento de la infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo, reduciendo los volúmenes evacuados.
- Reducción de los caudales pico que llegan al colector de pluviales de la calle, aguas abajo de la actuación.

La Figura 6 muestra el esquema del funcionamiento hidráulico del demostrador, donde pueden distinguirse las siguientes zonas:

- Superficie drenante en acera izquierda.
- Superficie impermeable en calzada, drenante hacia el carril bici.
- Superficie drenante en carril bici y canal compuesto por un primer nivel de celdas de drenaje, representando el canal de drenaje principal del sistema y favoreciendo la infiltración.
- Segundo nivel de cajas, en un tramo de 17 m, constituyendo un depósito para el agua de lluvia.
- Superficie permeable en acera derecha y zonas verdes.

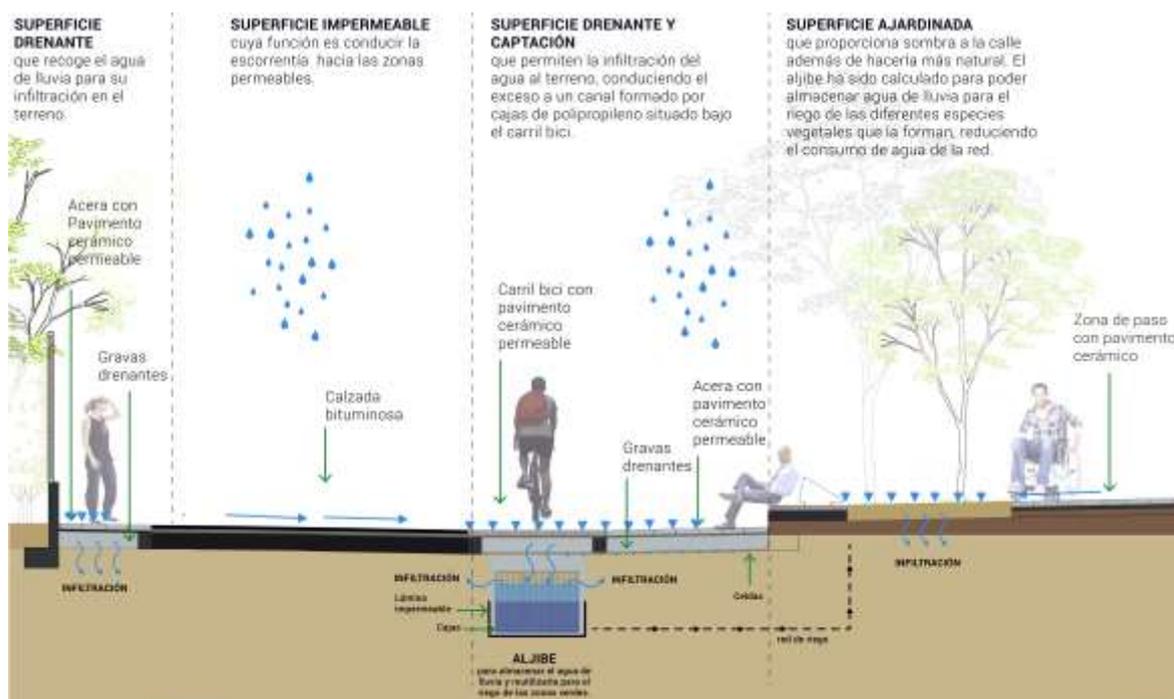


Figura 6. Esquema del funcionamiento hidráulico del demostrador. Fuente: Proyecto LIFE CERSUDS.

De entre los resultados de la modelización inicial realizada en fase de diseño, se destacan los siguientes puntos:

- Reducción potencial de los caudales pico hasta en un 68%, no superando en ninguno de los eventos de 15 años de periodo de retorno estudiados un valor de caudal de 47,5 l/s (siendo de 96,1 l/s para la situación convencional).

- Reducción de los volúmenes vertidos al alcantarillado hasta en un 42%, no superando en ninguno de los eventos de 15 años de periodo de retorno estudiados los 118,2 m³ (situación convencional 166,5 m³).
- Reducción de los volúmenes vertidos al alcantarillado en un 52% para el año tipo 2015, que podría alcanzar el 60% al considerar el aprovechamiento de las aguas almacenadas en el aljibe para riego.
- Estimación de una cobertura del 97% de las necesidades de riego de la zona para el año tipo.

En la actualidad se está llevando a cabo la monitorización del demostrador, prevista en el periodo de septiembre de 2018 a julio de 2019 y cuyo objetivo es analizar la respuesta del mismo ante eventos de lluvia. Para ello, se estudiarán los siguientes indicadores:

- Indicadores de **cantidad** de agua de escorrentía gestionada por el demostrador.
 - Caudal en distintos puntos del área de estudio.
 - Reducción del volumen de escorrentía.
 - Reducción de caudales pico.
 - Reducción de consumos de agua potable para riego.
 - Indicadores de **calidad** del agua de escorrentía gestionada por el demostrador, tales como conductividad, oxígeno disuelto, DBO₅, DBO₂₀, DQO, NT, PT, turbidez, Escherichi coli, huevos de Helminto, y metales pesados, entre otros.

4. Conclusiones

La percepción de los SUDS ha evolucionado en los últimos años y hoy se ven como una tecnología innovadora en materia de gestión de escorrentías urbanas. En la actualidad, nos encontramos ante un proceso de transición desde un enfoque convencional del drenaje urbano hacia una nueva perspectiva que integra un enfoque multicriterio, que incluye aspectos como la técnica, la economía, los servicios para el ciudadano y para la naturaleza, entre otros.

Las actuaciones de renovación urbana deben estar motivadas por el cumplimiento de una serie de objetivos de sostenibilidad, entre los cuales se incluye una gestión más eficiente del agua de lluvia.

Los SUDS, en combinación con los sistemas convencionales de drenaje, permiten la gestión integrada y descentralizada del agua de escorrentía, la mejora en la eficiencia energética del ciclo urbano del agua, la creación de oportunidades para la regeneración urbana ligadas a soluciones basadas en la naturaleza, así como oportunidades para el desarrollo de espacios urbanos más agradables y habitables.

El caso de Benicàssim es un ejemplo de cómo los pavimentos permeables representan probablemente una de las técnicas SUDS más completas, puesto que permiten tanto el control de las escorrentías en origen, su laminación, así como el tratamiento de la calidad de las mismas.

Los pavimentos permeables permiten recuperar la permeabilidad en los entornos urbanos, renaturalizando la gestión del agua de escorrentía y mejorando la capacidad de infiltración. Además, en combinación con otras técnicas SUDS, permiten la reutilización del agua de lluvia y su revalorización.

Por tanto, casos como el presentado en este artículo representan un ejemplo de referencia de cómo las actuaciones de renovación urbana pueden y deben plantearse desde un enfoque combinado que permita mejorar los entornos urbanos desde un punto de vista estético, funcional, ambiental y social.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a todos aquellos que hacen posible el proyecto LIFE CERSUDS, financiado por el Programa LIFE 2014-2020 de Medio Ambiente y Acción por el Clima de la Unión Europea con referencia LIFE15 CCA/ES/000091.

Referencias

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 nº L 327 de 22/12/2000 p. 0001-0073.

FEMP (2018): Marco estratégico para orientar las políticas urbanas. Federación Española de Municipios y Provincias, <http://femp.femp.es/files/566-2313-archivo/Presentacio%CC%81n%20Agenda%20Urbana.pdf>

IMIDIC (2010): “Reutilización y reciclado de productos obsoletos o deshechos de fabricación para la generación de nuevos productos” Proyecto financiado por el Gobierno Regional de la Comunidad Valenciana en 2010. Ref. IMIDIC/2010/73.

Mira, j., Bartolomé, M., Corrales, J., Llorens, M., Ramón, J. (2012). Prospectiva y diseño de nuevos productos basados en la reutilización y reciclaje de subproductos cerámicos. Qualicer 12: XII Congreso Mundial del Azulejo y del pavimento Cerámico. Castellón: Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación.

Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Revista Técnica de Medio Ambiente (ISSN 1130 – 9881), C&M Publicaciones, 124 (Enero – Febrero 2008), p. 92–104.

Rodríguez Hernández, Jorge (2008): Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros, DOI: 10.13140/RG.2.1.1015.5366