

CENTRO POLIVALENTE DE LA JUVENTUD

El Centro polivalente para la Juventud es uno de los lugares de paso en los paseos que a diario llevan al tío Vuiso a encontrarse a sus viejos amigos de años mozos, y a algún adherido, también entrado en años, pero que refresca con nuevas opiniones la monotonía de algunos de los temas de comentario. Nuestro añoso protagonista conoce bien el edificio y sus detalles. Está ubicado en la zona alta de la Avenida de Montiel y alrededor del edificio su terreno está completamente pavimentado, aunque desde su terraza puede contemplarse el parque que lo une con la zona estancial de la avenida.

En este caso el objetivo es recuperar una práctica ancestral: la de almacenar agua de lluvia en aljibes para su aprovechamiento en usos que no requieren la calidad del agua potable. Se ha elegido esta localización para potenciar el carácter educativo de la actuación, cuidando los acabados para que pueda observarse cómo el agua es conducida desde las bajantes de la cubierta hacia el depósito enterrado. El agua almacenada se aprovecha para el riego de los jardines públicos que están en cotas inferiores y la limpieza de la plaza, ahorrándose unos 43 m³ de agua potable anuales y suponiendo la autosuficiencia hídrica del entorno.



Diferentes momentos de visitas divulgativas de grupos de interés.

BENAGUASIL



- 1.- Este aljibe está ubicado en la plaza de acceso al Centro y recoge las aguas pluviales que caen en parte de la cubierta de este edificio.
- 2.- Un canal de 40x40 cm cubierto por un cristal pisable, conduce al agua desde la bajante hasta el aljibe. El fondo y los laterales del canal son de mármol, armonizando con la estética del edificio.
- 3.- El aljibe es de hormigón armado, con un volumen de almacenamiento de agua de 11 m³.
- 4.- Cuenta con una toma para aprovechamiento del agua de lluvia en riego y limpieza de la plaza, lo que supone un ahorro municipal en el consumo de agua potable.

POLÍGONO INDUSTRIAL LES ERES

El viejo paraje de Les Eres trae para Vuiso muchos recuerdos de niñez y juventud. Hoy, la fisonomía del lugar está desconocida con la construcción hace unos años de un complejo industrial. Ahora es uno de los objetivos de las caminatas del tío Vuiso y los más ligeros de sus contertulios, ya que desde el principio de las obras llamó la atención de los inquietos ancianos el propósito de la intervención, que era otra de las obras que codirigía la joven ingeniera de Caminos que tan didácticamente le había explicado cuáles eran las finalidades de los SuDS.

En la zona industrial de Les Eres el tío Vuiso siguió de cerca cómo se realizaba la intervención para establecer un punto de demostración donde se visualice la reducción en la generación de escorrentía que se puede conseguir en instalaciones industriales y comerciales, cuyas superficies –cubiertas,

calzadas y otras superficies exteriores pavimentadas- son impermeables casi en su totalidad. En este caso se ha aprovechado la existencia de un jardín público adyacente a una nave industrial para desconectar de la red de alcantarillado parte de la cubierta y del pavimento impermeable de la nave, dirigiendo la escorrentía que generan estas zonas hacia un cuenco vegetado construido en dicho jardín, que la retiene y la filtra. El agua se acumula tanto en superficie como en la capa inferior de gravas, y se evapotranspira o se infiltra en pocas horas, recargando el acuífero, en lugar de introducirse rápidamente en el sistema de saneamiento unitario, provocando sobresaturación de la red y de la depuradora, inundaciones y contaminación de acequias y ríos por sobrevertidos del alcantarillado unitario. Se calcula que retendrá toda la escorrentía generada en su cuenca de aportación, unos 300 m³ anuales de agua, que no tendrán que ser tratados en la depuradora, contribuyendo así al consecuente ahorro energético y económico que se conseguirá con una práctica decidida de este tipo de actuaciones. Esta actuación servirá de ejemplo a los futuros desarrollos industriales de la población.



Proceso de obra, estado actual y visita divulgativa a grupos de interés.

BENAGUASIL



1.- Captación de agua de parte de la cubierta y pavimento de la nave hacia el cuenco vegetado.

2.- Retención temporal del agua captada, tanto en superficie como en la capa subsuperficial de gravas. El volumen de almacenamiento total es de unos 115 m³.

3.- Se produce la infiltración del agua en el terreno bajo la capa de gravas, recargando el acuífero subyacente.

4.- Ante eventos de lluvia muy intensos, el rebose de agua es conducido hacia la red de saneamiento municipal. La retención previa en el cuencos retrasa la entrada de agua en la red, lo que mejora su capacidad de transporte.

APARCAMIENTO PERMEABLE

Aprovechando los conocimientos adquiridos durante el inicio del proyecto Aqua-val, el Ayuntamiento decidió cambiar la tipología del aparcamiento impermeable convencional previsto para la nueva piscina cubierta municipal, por un pavimento permeable, con el objetivo de que el agua de lluvia que caiga en su superficie sea filtrada y tratada por el material poroso para que posteriormente se infiltre al terreno natural. Con ello, y manteniendo el presupuesto ya establecido para su construcción, se consigue no incrementar la cantidad de agua de lluvia que llega al sistema de alcantarillado y mantener la hidrología previa de cuando esta zona estaba cultivada.

El aparcamiento, de unos 800 m², está formado por una capa de 12 cm de hormigón poroso sobre una base de gravas compactadas de 25 cm de espesor, que le dan la capacidad portante necesaria para que no

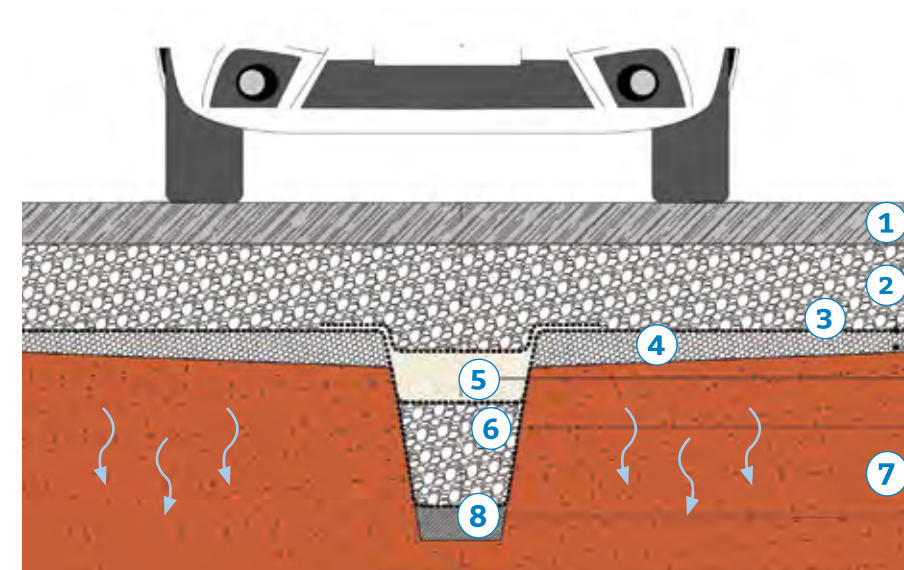
se deforme con el paso y estacionamiento de vehículos a la vez que sirve como almacenamiento subsuperficial de la escorrentía mientras ésta se va infiltrando.

El tío Vuiso no se perdió la inauguración del aparcamiento, que tuvo lugar el 21 de junio de 2011 y que causó sensación entre los asistentes, al ver como el agua vertida desde un volquete desaparecía instantáneamente entre los huecos del hormigón poroso de la superficie, sin producir charcos. Dada su relevancia por ser pionero en la Comunidad Valenciana por su técnica y materiales de construcción, la cadena regional de televisión Canal 9 retransmitió la noticia en su telediario ese mismo día.



Momento de la inauguración con presencia de la Televisión Autonómica (Benaguasil Junio 2013).

BENAGUASIL



- 1.- Pavimento drenante de hormigón poroso.
- 2.- Sub-base de gravas.
- 3.- Geotéxtil filtrante.
- 4.- Gravas compactadas.
- 5.- Arena de sílice.
- 6.- Relleno de gravas en canal de recogida.
- 7.- Terreno natural.
- 8.- Solera de hormigón en canal de recogida.

CIUDAD DEL DEPORTE, RONDA NORTE Y COLEGIO PÚBLICO

Xàtiva es la capital de la comarca de La Costera, situada al sur de la provincia de Valencia. Posee una población cercana a los 30.000 habitantes y se extiende a lo largo de una superficie de 76 km². En la misma línea de lo desarrollado en Benaguasil, se seleccionaron en dicha población tres ubicaciones con capacidad divulgativo-expositiva donde establecer instalaciones de SuDS como actuaciones de demostración y proyectos pilotos de gestión de aguas pluviales.

Ciudad del Deporte.

En este caso se ha construido una cuneta vegetada que recoge el agua de escorrentía del sector noreste de la Ciudad del Deporte, así como de la calle adyacente, y la conduce hacia una balsa que la retiene y la filtra, como paso previo a su infiltración al terreno (en pocas horas). Cuenta con una arqueta de rebose, situada por debajo del nivel de la calle, que actúa como elemento de evacuación para eventos extremos de lluvia. De este modo se dota al viario de un drenaje adecuado que antes no tenía (eliminando la creación de charcos), y se disminuye el caudal pico que ha de ser evacuado por la red de alcantarillado (con problemas de capacidad hidráulica), mejorando además considerablemente la calidad del agua que

finalmente llega al medio receptor, en este caso el río Albaida.

Ronda Norte.

En una franja de terreno situada en los márgenes de la ronda norte de la ciudad colindante con la zona residencial denominada Pereres, se ha construido una amplia cuneta vegetada que recoge el agua de lluvia proveniente de los viarios adyacentes. La sucesión de pequeños muros transversales de distinto tipo, junto con la suave pendiente y la existencia de vegetación, favorecen la retención del agua, su filtrado y la deposición de sedimentos. La escorrentía que queda retenida en la cuneta se infiltra al terreno en pocas horas, y sólo en caso de



Ronda Norte de Xàtiva.



Cuenca de retención-infiltración en La Ciudad del Deporte de Xàtiva.

XÀTIVA



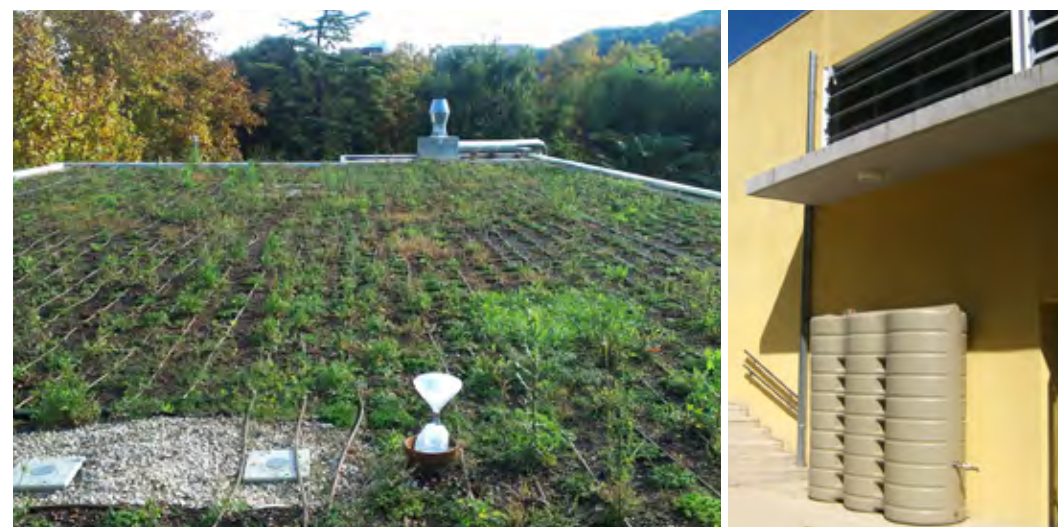
Cuneta vegetada en la Ronda Norte de Xàtiva (Valencia).

fuertes eventos de precipitación el agua rebosa por la rejilla del aliviadero. Con esta actuación se dota al viario de un drenaje adecuado que no tenía, y se disminuye el caudal pico y el volumen de escorrentía que ha de ser evacuado a la red de alcantarillado y tratado en la depuradora del municipio.

Colegio Público Gozalbes Vera.

Situado en el centro del casco urbano, en este colegio se realizaron tres actuaciones: se sustituyeron 475 m² de cubierta convencional (invertida) por una cubierta vegetada, se pavimentó una sección del patio con

pavimento permeable y se colocó un aljibe para aprovechar el agua de escorrentía de una cubierta para regar las plantas del colegio y utilizarla en las labores de limpieza. Estas actuaciones tienen un marcado carácter educativo, por lo que se habilitó un acceso seguro para los escolares y visitantes, así como para el personal de mantenimiento. Con estas actuaciones se consigue que el agua de lluvia sea retenida y aprovechada, y no contribuya a la saturación de la red de alcantarillado (evitando inundaciones en el casco urbano y sobrevertidos de agua contaminada desde la depuradora al río Albaida).



Cubierta vegetada (izq.) y aljibe (dcha.) en el colegio público Gozalbes Vera de Xàtiva.

Los SuDS construidos y monitorizados demuestran que es posible realizar una gestión del agua de lluvia urbana bajo el enfoque de reproducir el ciclo natural del agua, evitando, reduciendo o retrasando el vertido de las escorrentías generadas en el ámbito a la red de colectores, permitiendo que estos funcionen adecuadamente e impidiendo inundaciones y vertidos de agua sucia a los medios receptores (acequias, río, mar), y facilitando su adaptación a los efectos del cambio climático (se esperan lluvias más intensas y menos precipitación anual).

Asimismo, se fomenta la captación del agua de lluvia para su aprovechamiento, retomando una práctica centenaria habitual en la Comunidad Valenciana en otros tiempos pero actualmente en desuso, y la recarga de acuíferos. Por tanto los SuDS aportan mejoras para afrontar tanto inundaciones como periodos de sequía.

Además el proyecto [Aquaval](#) ha favorecido la creación de nuevos nichos de empleo,

con el empleo de pavimento permeable (no empleado habitualmente) y la contratación de empresas especialistas en cubiertas vegetadas y drenaje urbano sostenible.

Tanto las infraestructuras SuDS como los otros resultados obtenidos (planes y ordenanzas) sirven de referente tanto en la Comunidad Valenciana como en España y en el sur de Europa para el desarrollo de este nuevo enfoque de gestión de las aguas pluviales. Este enfoque es aplicable en todas las urbes, y se prevé que tanto técnicos, políticos como público en general sigan visitando estas instalaciones (y la información que sobre ellas se encuentra en la web y revistas especializadas, que seguirá ampliándose). El interés ya mostrado por diversos ayuntamientos, por la FVMP, por universidades extranjeras, etc., y el que haya servido de referencia para la puesta en marcha de otro proyecto ([E²STORMED](#)), demuestra la transferibilidad de los resultados obtenidos en el [Aquaval](#).



Entre las muchas visitas que se han venido organizando a los SuDS de Benaguasil, cabe destacar la del pasado **17 de abril de 2015**, enmarcada en la “*Jornada de gestión innovadora del agua de lluvia y mejora de la eficiencia energética en el ciclo del agua*”, organizada por la Universitat Politècnica de València y el Ayto. de Benaguasil como evento de difusión a nivel nacional del proyecto [E²STORMED](#). En ella un grupo de unos 50 profesionales procedentes de diferentes entidades públicas y privadas de toda España visitaron los 5 lugares del municipio que se han regenerado con la construcción de SuDS, quedando muy satisfechos e interesados en seguir los resultados del seguimiento del comportamiento de los SuDS que se está llevando a cabo.





EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GESTIÓN DE LAS AGUAS DE BENAGUASIL

CAPÍTULO 13

La gestión del agua en los municipios es una de las actividades gestionadas por los gobiernos locales que requiere un mayor consumo energético, pudiendo representar en torno al 35% del consumo municipal. Por ejemplo, en la ciudad de Valencia el consumo energético de los sistemas de abastecimiento y saneamiento supone el 26% del consumo energético de esta administración local. Por ello las mejoras en la eficiencia energética de la gestión del ciclo urbano del agua pueden traducirse en una reducción importante del consumo energético municipal. En ese sentido, los SuDS pueden suponer una mejora en el balance energético del ciclo integral del agua.

La utilización de SuDS puede reducir el consumo energético de las siguientes formas:

- a) Reduciendo el uso de agua potable, por lo que se reduce la energía consumida en los procesos de captación, transporte y tratamiento. Esta energía es especialmente significativa cuando el agua potable proviene de la desalación.
- b) Reduciendo el volumen de escorrentía que entra en la red de alcantarillado y mejorando la calidad de la misma, por lo que la energía consumida en la planta de tratamiento de aguas residuales es menor.
- c) Reduciendo el efecto “isla de calor” en la zona urbana al aumentar las zonas verdes y mejorando el aislamiento de los edificios a través de cubiertas vegetadas. Por ello estos sistemas reducen el consumo energético necesario para la climatización de edificios.
- d) Para un mismo volumen de retención, la utilización de un sistema de drenaje convencional requiere el tratamiento y en algunos casos bombeo del agua almacenada, mientras que los SuDS permiten la infiltración y el vertido al cauce, lo que reduce el volumen tratado y bombeado, produciendo un ahorro energético.

En este sentido, cabe destacar que la gestión sostenible de las escorrentías urbanas es una de las actuaciones propuestas por el nuevo Real Decreto 233/2013 (Gobierno de España. 2013)¹ para el desarrollo de ciuda-

des más sostenibles y que subvenciona todas aquellas otras destinadas a reducir la demanda energética y reducir las emisiones de gases contaminantes.

En general, existe una clara disposición europea (CE, 2012)² e internacional (USEPA, 2008)³ para utilizar sistemas de drenaje que estén probados como más respetuosos con el medio ambiente y que sean flexibles y eficientes energéticamente. Por su parte, España también ha contemplado la importancia de la gestión sostenible de las escorrentías urbanas y en consecuencia la ha incluido como una de las actuaciones propuestas por el nuevo Real Decreto 233/2013, antes citado, a través de intervenciones como cubiertas verdes, reducción del uso de agua potable y riego o la gestión sostenible de las escorrentías urbanas, entre otras. Efectivamente, se está produciendo un nuevo enfoque a nivel nacional para promover una gestión sostenible del agua de lluvia a través de diversas recomendaciones y legislación concreta sobre las medidas que deben plantear los proyectos para limitar la aportación de aguas de lluvia urbana a los colectores y a los medios naturales receptores.

En este marco, se hace necesario el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones que permitan introducir en el análisis el ahorro energético en el ciclo del agua urbano, con el uso de tecnologías innovadoras de gestión del agua de lluvia tales como los SuDS. Esta es la génesis y uno de los objetivos del proyecto **E²STORMED**.

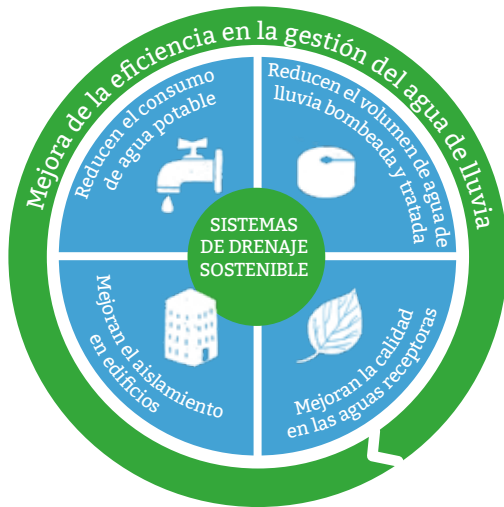
Esta iniciativa está subvencionada por el programa MED de la Unión Europea; el Proyecto está liderado por la Universitat Politècnica de València (Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente) e involucra a

que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016”. Boletín Oficial del Estado. 10/4/2013.

2 Comisión Europea. 2012. “Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo.” Documento de trabajo de los servicios de la Comisión. Comisión Europea.

3 Managing wet weather with green infrastructure”. Action Strategy 2008. United States Environmental Protection Agency. USA.

¹ “Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el



Los SuDS y la mejora de la eficiencia energética en la gestión del agua de lluvia.

nueve socios. Además de contar con la participación del Ayuntamiento de Benaguasil, son también socios del proyecto Grana and Maira Valleys Mountain Community (Italia), el Ayuntamiento de Pisa (Italia), la entidad Local Councils Association (Malta), el Ayuntamiento de Hersonissos (Grecia), la Universidad de Abertay (Escocia), el Ayuntamiento de Cetinje (Montenegro) y el Ayuntamiento de Zagreb (Croacia). Además cuenta con la participación, como miembro externo, de la asociación ICLEI Local Governments for Sustainability (Alemania).

E²STORMED ha desarrollado diversas líneas de investigación durante treinta meses, desde enero de 2013 hasta junio de 2015. El proyecto está basado en dos proyectos previos, el proyecto **Aquaval**, promotor de la utilización de SuDS en la provincia de Valencia, y el proyecto europeo **SWITCH**, que promueve la gestión integrada del ciclo urbano del agua. **E²STORMED** pretende incorporar al análisis la componente energética, con la finalidad de promover sistemas de drenaje urbano que mejoren sustancialmente el consumo energético en el ciclo integral del agua.

El proyecto ha cuantificado los beneficios que los SuDS pueden suponer en la gestión urbana del agua mediante el desarrollo de herramientas de apoyo a la decisión, sencillas y al alcance de los municipios. La implantación de SuDS en ciudades de la cuenca del Mediterráneo es todavía muy incipiente; su uso está poco extendido a dife-

rencia de lo que ocurre en los países anglosajones y nórdicos. Este hecho ha obligado a que las herramientas de gestión integrada desarrolladas en **E²STORMED** hayan sido adaptadas a las circunstancias específicas de las ciudades mediterráneas.

Además, con el fin de mejorar y evaluar la aplicación de las herramientas desarrolladas, se han creado grupos de trabajo regionales en eficiencia energética para cada una de las seis ciudades mediterráneas donde se ha puesto a punto la herramienta: Benaguasil, Pisa (Italia), Hersonissos (Grecia), Cetinje (Montenegro), Zagreb (Croacia) y Zabbar (Malta). Estos grupos de trabajo han permitido crear las opiniones y la experiencia de los diferentes agentes involucrados en la gestión del agua y la energía en los municipios y las regiones.

Dentro del proyecto **E²STORMED** es de gran consideración el papel de los mencionados Grupos de Trabajo Regional en Eficiencia Energética en el Ciclo del Agua (GTREECA), capaces de involucrar en el proyecto a los principales agentes regionales y municipales de la gestión urbana del agua y la energía, facilitando el intercambio de información sobre cada caso de estudio y mejorando la difusión de las conclusiones alcanzadas. Sus principales tareas son compartir conocimientos e identificar nuevas oportunidades de mejora, recopilar datos de las respectivas poblaciones y su región y, al mismo tiempo, evaluar y comentar la aplicación de la herramienta de apoyo a la decisión desarrollada en el proyecto. Además, juegan un papel muy importante en la comunicación y divulgación de las conclusiones de este proyecto.

UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL CICLO URBANO DEL AGUA

Para el tío Vuiso son claros los beneficios de los SuDS en materia de eficiencia energética, pero ha oído decir a los técnicos del Ayuntamiento que existen muy pocos estudios a este respecto ya que, en general, hay muy pocos datos disponibles respecto al consumo energético en la gestión de los sistemas de drenaje y saneamiento. Además, un folleto que le dieron los profesores de la Universitat Politècnica que visitaron las obras de Les Eres dice que las herramientas

informáticas para la gestión, el diseño y la toma de decisiones en sistemas de drenaje, no suelen incluir criterios de eficiencia energética para la toma de decisiones ni una cuantificación del ahorro energético que los SuDS pueden llegar a suponer. Por estos motivos, dentro del proyecto **E²STORMED** se ha desarrollado esta herramienta

decisiones de cara a implantar distintas soluciones de gestión del agua de lluvia. Para desarrollarla y probarla, se ha elegido un grupo heterogéneo de ciudades que sea lo suficientemente flexible para tener aplicación en una amplia gama de poblaciones mediterráneas. Consecuentemente, en cada ciudad, determinadas instituciones,



Los socios del proyecto **E²STORMED**.

para poder incorporar las mejoras en la eficiencia energética que producen los SuDS en la toma de decisiones.

Está bien, piensa Vuiso, que se desarrolle un medio de decisión con el fin de ayudar a las autoridades locales a complementar los análisis financieros de los proyectos de gestión de las aguas pluviales mediante criterios energéticos, para lo cual, según dice el folleto técnico, deben contemplarse además otros criterios como los medioambientales, hidrológicos, económicos... para que la gestión del agua urbana sea más sostenible. Vuiso se alegró de saber que a tal efecto y en colaboración con las seis ciudades mediterráneas socias del proyecto se ha desarrollado una herramienta metodológica con la cual se pueden tomar mejores

organismos y asociaciones locales y regionales se han involucrado en este proceso a través de la creación de los grupos de trabajo regionales.

La herramienta de apoyo a la decisión **E²STORMED** se puede utilizar para comparar el consumo energético, las emisiones y los costes económicos de las diferentes opciones de drenaje. Incluye un catálogo de 20 tipos de infraestructuras de drenaje, tanto de tipo convencional como sostenible. Se trata de un instrumento flexible para diferentes niveles de detalle y está disponible para las administraciones locales y regionales. La estructura de esta herramienta se muestra en la figura que sigue a estos párrafos, en la cual el lector puede distinguir dos partes diferenciadas.

La primera parte consiste en la obtención de datos acerca de los beneficios, costes y consumo energético de las diferentes infraestructuras que componen cada una de las posibles estrategias de drenaje planteadas, no solo en lo concerniente a la gestión del agua, sino también en los aspectos medioambientales, en la protección frente a inundaciones y en el aislamiento de edificios. El procedimiento conlleva el estudio de los costes y el consumo energético ocasionados durante la construcción y también en el mantenimiento de las instalaciones, su operación y la gestión del agua que conllevan las infraestructuras a lo largo de toda su vida útil. Se tienen en cuenta además los ahorros que los SuDS puedan producir en el abastecimiento y en el tratamiento de las aguas de lluvia.

La segunda parte consiste en utilizar los resultados anteriores como criterios económicos, energéticos y medioambientales, complementados con otros de tipo social, político y paisajístico, para el desarrollo de un análisis multicriterio aplicado a las di-

ferentes opciones planteadas, con objeto de obtener elementos que apoyen la toma de decisiones para la gestión del agua de lluvia, no sólo en función de los costes de construcción y mantenimiento de cada estrategia, sino también teniendo en cuenta los beneficios y costes ambientales y energéticos, entre otros.

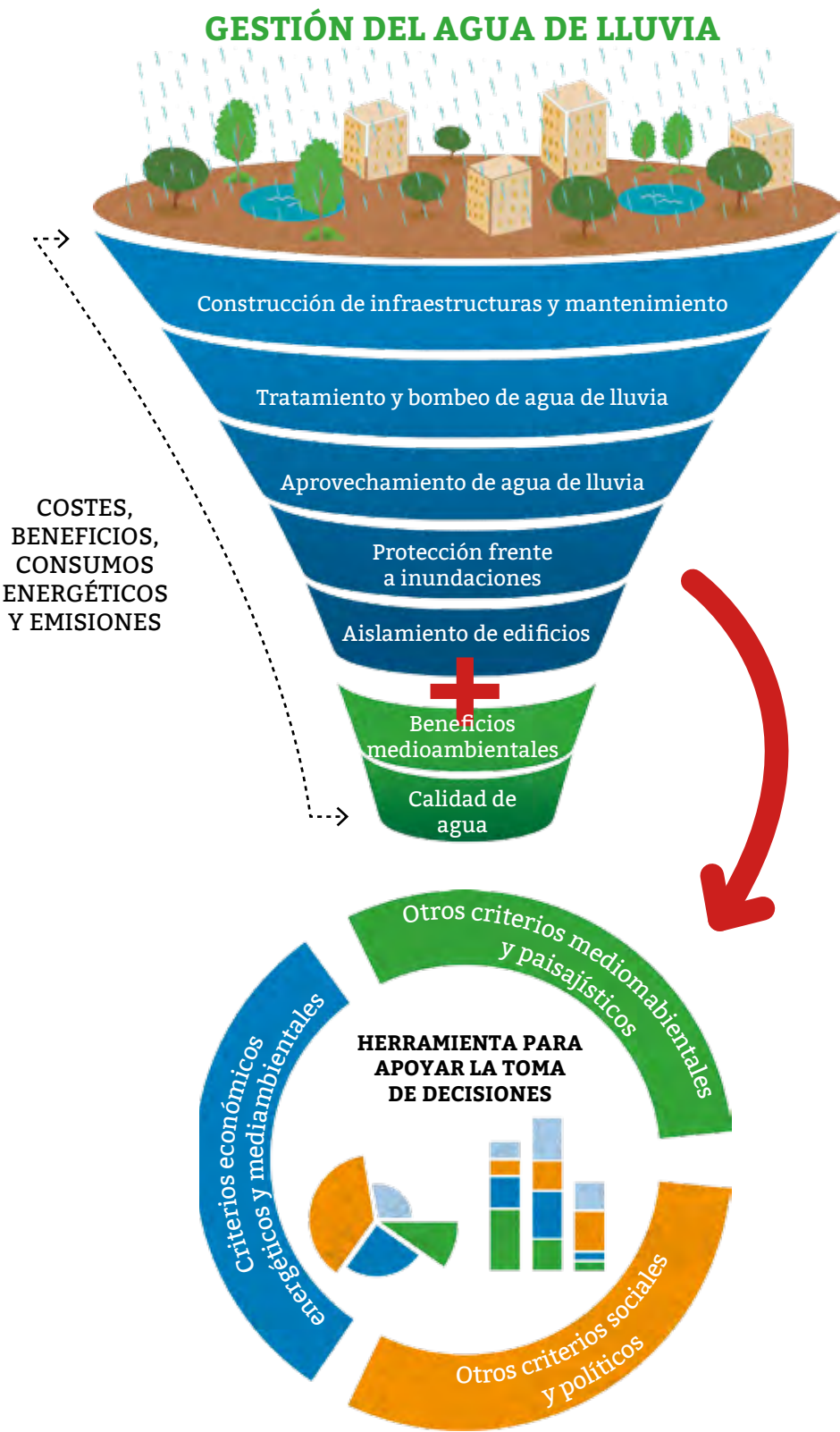
Con el fin de que la herramienta desarrollada a nivel teórico sea verdaderamente de utilidad a las administraciones locales y asegurar así que pueda ser utilizada de forma clara y sencilla, se aplicó, probó y mejoró en los ámbitos experimentales de las seis ciudades mediterráneas en las que se establecieron los puntos piloto de estudio previstos en el proyecto E²STORMED. Con todo ello se ha logrado comparar económica, energética y medioambientalmente en esos seis casos reales las ventajas e inconvenientes de desarrollar un sistema de drenaje convencional frente a uno con el empleo de SuDS, a la vez que se introducían mejoras y adecuaciones de esta metodología a la realidad de los países mediterráneos.

CRITERIOS DE DECISIÓN DISPONIBLES

Económicos	Energéticos	Emisiones CO ₂
Coste de gestión del agua de lluvia.	Consumo de gestión del agua de lluvia.	Emisiones por gestión del agua de lluvia.
Coste de construcción y mantenimiento.	Consumo de construcción y mant.	Emisiones de construcción y mant.
Coste de tratamiento y transporte.	Consumo de tratamiento y transp.	Emisiones de tratamiento y trans.
Beneficios de reutilización	Ahorros por reutilización.	Emisiones evitadas por reutilización.
Beneficios de mejora de aislamiento.	Ahorros por mejora de aislamiento.	Emisiones evitadas por mejora de aislamiento.
Protección frente a inundaciones.		

Otros cuantitativos	Cualitativos
Volumen de agua reutilizado.	Calidad de agua global.
Escurrentía producida.	Capacidad de eliminación de sólidos suspendidos.
Volumen de vertidos de red unitaria.	Capacidad de eliminación de nutrientes.
Número de vertidos anuales.	Capacidad de eliminación de metales pesados.
	Evaluación de servicios medioambientales.

Criterios de decisión de la herramienta E²STORMED.



Estructura de la herramienta para apoyar la toma de decisiones desarrollada en el proyecto E²STORMED.

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA E²STORMED EN BENAGUASIL

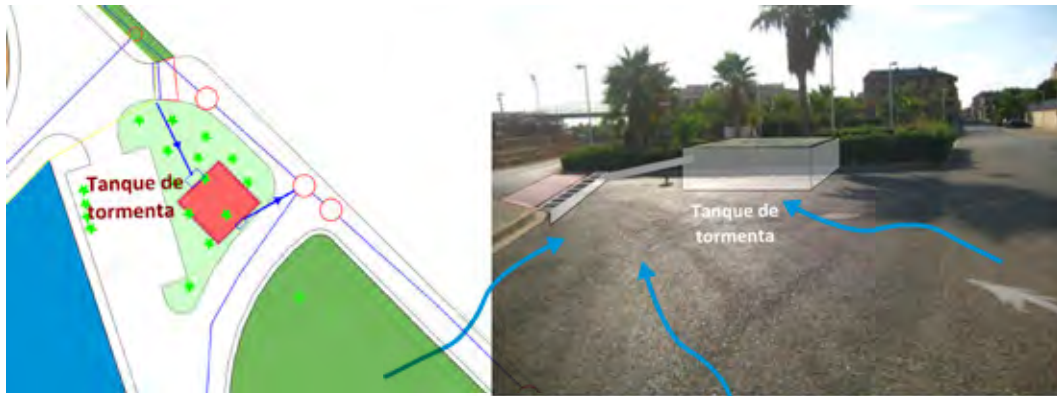
La herramienta de apoyo a la decisión se ha aplicado en Benaguasil. Se pretenden comparar soluciones convencionales y soluciones basadas en SuDS para resolver las inundaciones que se producen en la calle Lliria frente al aparcamiento del nuevo centro hidrotermal.

La solución convencional consiste en un pequeño tanque de tormentas en la isleta de tráfico existente. Su objetivo es retener las aguas de lluvia para devolverlas a la red de colectores poco a poco conforme pase el chaparrón, y que de este modo lleguen a la depuradora donde puedan ser tratadas.

La solución basada en SuDS pretende aprovechar las oportunidades que brindan tanto la isleta de tráfico como el parque cercano para conseguir ese volumen de retención. En la isleta se construiría una pequeña balsa de detención e infiltración que servi-

ría además como elemento de sedimentación. En segundo lugar, se aprovecharía el anfiteatro existente en el parque como una segunda zona de detención e infiltración.

Para comparar las dos soluciones propuestas, se han tenido en cuenta los costes de cada una de ellas, consumos de energía, emisiones de carbono, todo ello durante la construcción y el mantenimiento. Con la colaboración del grupo de trabajo regional, el Ayuntamiento ha decidido los distintos criterios para seleccionar la mejor opción. Estos criterios han sido: el coste de la gestión del agua de lluvia, la energía consumida en esa gestión, las emisiones de carbono, los beneficios paisajísticos aportados por la solución y el potencial de éstas para promover la recarga del acuífero. Los resultados de aplicación de la herramienta son concluyentes: la opción convencional obtiene una puntuación de 43 sobre 100, mientras que la solución basada en SuDS obtiene 81 puntos.



Solución convencional de drenaje.



Solución basada en Drenaje con los sistemas SuDS.

CONSTRUCCIÓN Y MONITORIZACIÓN DE UNA CUBIERTA VEGETADA.

Otra actividad importante desarrollada en Benaguasil dentro del proyecto E²STORMED ha sido la construcción de una cubierta vegetada en el Centro de Día del Ayuntamiento. Se han transformado 315 m² de la cubierta de este edificio público en una cubierta vegetada.

El suelo es una mezcla ligera que incluye sustrato orgánico así como grava volcánica y arena silíceá para asegurar la capacidad de drenaje del suelo. Una barrera impermeable y una capa antirraíces protegen la

estructura del forjado de la humedad y de las raíces de la vegetación. Esta vegetación consiste en una mezcla de especies vegetales resistentes a la sequía, rústicas, de vegetación perenne, con mínimos requisitos de mantenimiento e irrigación y resistentes a un amplio rango de temperaturas, sobre todo a valores termométricos altos.

Una vez construida la cubierta vegetada de Benaguasil comenzó su monitorización térmica e hidráulica, y los primeros resultados muestran que en los días más calurosos del verano hay ahorros en el consumo eléctrico por la climatización del edificio del 15-20%.



Construcción de la cubierta vegetada.



Cubierta vegetada con la vegetación completamente arraigada en septiembre de 2014.

BENEFICIOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN DE LAS AGUAS DE BENAGUASIL

CAPÍTULO 14

Después de recorrer a diario las obras que el Ayuntamiento de Benaguasil estaba desarrollando para evitar que el agua de lluvia se perdiera y contaminara el río, el tío Vuiso se preguntaba acerca de cuál sería el mejor método para conseguir que el agua no llegara a colapsar la red de alcantarillado, que no inundara las partes bajas de la población y que no arrastrara toda la suciedad hasta el río.

Fue una joven ingeniera que estaba trabajando en aquellas obras de SuDS experimentales de Benaguasil, quien explicó al anciano cómo podía saberse cuáles eran los mejores SuDS para un determinado lugar. En ese sentido, la herramienta desarrollada en el proyecto **E²STORMED** era de gran ayuda, y a los beneficios hidrológicos, económicos y energéticos, había que sumar los beneficios de tipo ecológico que aportaba cada sistema SuDS.

Este concepto, recientemente establecido, es un parámetro medioambiental que cuantifica de manera integradora una importante parte del conjunto de ventajas que se desprenden del empleo de los SuDS. Se llama a esta nueva magnitud servicios o beneficios del ecosistema y alude a un conjunto de beneficios materiales y acciones positivas, tanto de naturaleza física como de orden psicológico, que los seres humanos reciben del entorno natural, e incluyen también productos a los que dan lugar los SuDS, como agua limpia y procesos de índole varia, tales como la eliminación de residuos. Su definición fue formalizada en 2005 tras un estudio de cuatro años titulado “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM)” organizado por las Naciones Unidas y que involucró a más de 1.300 científicos de todo el mundo. Así, los beneficios o servicios del ecosistema son los productos materiales o inmateriales procedentes de los ecosistemas y de los cuales el ser humano obtiene beneficios. Estos beneficios incluyen:

1. Los recursos para la supervivencia básica, aire limpio y agua.

2. La contribución a la buena salud física y mental de las personas, el acceso a los espacios verdes, tanto urbanos como rurales, y los recursos genéticos.

3. La regulación de los ciclos climático e hídrico.

4. El soporte para una economía fuerte y saludable, la generación de materias primas para la industria y la agricultura y los medios para el turismo y la recreación.

5. Los beneficios sociales, culturales y educativos, así como el bienestar y la inspiración obtenidas de la interacción con la naturaleza.

Los servicios ambientales se clasifican en los siguientes epígrafes: soporte vital, regulación, provisión y servicios culturales (UK NEA, 2011)¹

Soporte vital

Los beneficios de soporte vital proporcionan la infraestructura básica de la vida e incluyen los elementos de producción primaria como son: la captura de la energía del sol para producir compuestos orgánicos complejos, la formación del suelo y el ciclo del agua y nutrientes en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Estos beneficios están fuertemente interrelacionados entre sí y generalmente se hallan basados en una amplia gama de interacciones biológicas, físicas y químicas. De este grupo de beneficios dependen en última instancia todos los demás servicios del ecosistema. Sus impactos benéficos sobre el bienestar humano son indirectos y sobre la naturaleza lo son a largo plazo ya que, por ejemplo, la formación de suelos tiene lugar en plazos de décadas o siglos.

Servicios de regulación

Estos beneficios proporcionados por los ecosistemas son muy diversos e incluyen los correspondientes al clima, a los riesgos y a la cantidad y calidad del agua dulce disponible, así como los impactos de la polinización y la regulación de plagas y enfermedades en las acciones proveedoras de bienes por parte del ecosistema como son la generación de alimentos, combustible y fibras.

Servicios de provisión

Son un conjunto de productos y bienes necesarios para la alimentación y para la

¹ *Synthesis of the Key Findings, Cambridge: UNEP-WCMC.*

vida humana, que pueden ser proporcionados por los ecosistemas fuertemente administrados, como son la agricultura, la explotación forestal y la acuícola, o por los ecosistemas naturales o semi-naturales, por ejemplo en forma de pesca de captura y la recolección de alimentos o productos silvestres. Históricamente, los servicios de provisión han sido un foco importante de la actividad humana, por lo que están estrechamente vinculados a los servicios o beneficios culturales que generan los ecosistemas.

Servicios culturales

Los servicios y beneficios culturales se producen en aquellos lugares donde los humanos interactúan o han interactuado entre sí y con la naturaleza. De estas interacciones se derivan los resultados de la acción mutua a través de milenios entre las sociedades, culturas y tecnologías con los ecosistemas.

Estos fenómenos dan lugar en sentido amplio a una gama enorme de espacios en la costa, el campo (paisajes agrícolas y áreas silvestres), los ríos y los lagos, y en la ciudad, de lo que son ejemplos los jardines y parques. La exposición a ellos puede traer beneficios que incluyen la satisfacción estética, mejoras en la salud y en el estado físico, y un mayor bienestar psíquico.

La joven ingeniera explicaba al tío Vuiso que en el futuro Benaguasil iba a seguir el ejemplo de otras ciudades de distintos países en los que se había cambiado la óptica con que se contemplaba la gestión del agua de lluvia. El Ayuntamiento iba a incluir en sus proyectos y normativas una clara tendencia hacia la protección y mejora del medio ambiente urbano. Esta nueva conducta, decía la ingeniera, había surgido en Benaguasil, como en muchos otros países, de la necesidad de conservar y reutilizar el agua, y de la necesidad de incorporar todos los aspectos relacionados con el agua, el planeamiento y desarrollo urbanos desde las fases planificadoras más tempranas. Además, los proyectos de gestión de aguas urbanas han partido del deseo de mejorar el medio ambiente de las poblaciones protegiendo las áreas inundables, y administrar mejor los espacios abiertos urbanos en lo que concierne al agua. Se trata, en suma, explicaba la técnica al tío Vuiso, de que en Benaguasil

como en cualquier otra población se consiga mejorar al máximo la gestión del ciclo del agua desde todos los puntos de vista, incluyendo todos los beneficios ambientales derivados de estas nuevas prácticas de gestión. No le fue difícil al perspicaz anciano entender cómo, tanto el Ayuntamiento de su pueblo y otros consistorios, como la Universidad y cuerpos científicos de numerosos lugares en todo el mundo estaban haciendo esfuerzos para promover unas mejores prácticas de gestión del agua mediante la implantación de esos sistemas de drenaje urbano sostenible que la ingeniera llamaba SuDS.

El tío Vuiso está oyendo con frecuencia creciente que Benaguasil ha de ser una ciudad “más verde y más azul” y esto tiene que ver con el cada vez más exquisito cuidado por espacios vegetados o por las zonas con presencia de agua natural en el medio urbano, y el establecimiento de planes que numerosos autores llaman “verde y azul” y que ofrecen muchos beneficios ambientales.

El veterano labrador sacó en conclusión, y así lo trataba de hacer comprender a sus contertulios de la partida de “xamelo”, que quizá ellos todavía llegaran a disfrutar de esos efectos positivos, de esos servicios del ecosistema, que se podrán obtener del medio urbano de Benaguasil cuando se materialicen los proyectos que se han inspirado en unos criterios ecológico-urbanísticos más sostenibles. El grupo de jubilados coincidía en pensar en sus nietos y en que serían los beneficios culturales los que destacarían, los destinados a una mejor salud física y mental del ciudadano, a su recreo, a su expansión y al encuentro; y que estos servicios culturales serían particularmente importantes en las zonas donde la densidad de población es más alta.

Veían lógico, porque eran buenos y cotidianos usuarios de las zonas verdes de Benaguasil, que serían especialmente importantes los beneficios que se obtendrían en los barrios con trazado bien diseñado y dotados de un equipamiento verde adecuadamente dispuesto, y también coincidían el tío Vuiso y sus amigos, que desde niños habían gozado del agua rumorosa de las acequias y de la corriente del río Turia, en las ventajas físicas y psíquicas que para ellos,

sus hijos, nietos y biznietos tendría la utilización estancial, deambulatoria y de otros usos de los entornos urbanos con paisajes en los que el agua tuviera protagonismo.

El tío Vuiso conocía bien la Serra Calderona y había pasado con su padre primero, con amigos más tarde y también a solas, muchos días con sus noches. Conocía veredas, collados, fuentes y arroyuelos de pinares de solanas y alcornoques de umbrías, choperas y olmedas de las barrancadas frescas, y había cazado en los encinares y coscojares: conocía los boscajes y los sotobosques, sabía distinguir innumerables especies de matas y hierbas y sabía que esa diversidad de plantas y la infinitud del número de animales que lo habitaban era lo que mantenía vivo aquel conjunto natural que la gente llamaba la Sierra o, simplemente, el Monte. El sabio Vuiso entendía desde siempre que aquella diversidad vegetal y animal que los expertos llaman biodiversidad es el soporte de todos los servicios del ecosistema que proporcionan el medio natural o el medio urbano, ya que el papel de la biodiversidad es esencial en los conjuntos vegetales esparcidos por la ciudad con una tasa mínima en términos de superficie verde por habitante, además de contribuir al valor espiritual, estético y cultural de las zonas urbanas.

EL CICLO URBANO DEL AGUA Y LOS BENEFICIOS DEL ECOSISTEMA

No es la primera vez que el tío Vuiso escucha que se está produciendo un cambio climático a nivel mundial y que existe la previsión de que este proceso tenga una futura influencia en los patrones de precipitación lluviosa, y en concreto en la distribución de las lluvias, el calendario de las mismas y sus intensidades. Las cadenas de televisión anuncian que en algunos países puede que no tenga influencia en la cantidad de precipitación anual, pero sí que podrían darse cortos episodios de lluvia de mayor intensidad que los usuales.

Empapado en mil tormentas a lo largo de sus ocho décadas, el tío Vuiso, que ha visto perderse cosechas enteras “por una nube” teme sin exteriorizarlo que sean de prever cambios que lleven a un aumento de la intensidad puntual de las lluvias, “i que plo-ga pitjor encara”. Él piensa en qué pasaría en el campo, pero también dirige su pensa-

miento hacia el Benaguasil urbano, y recordando las explicaciones de la ingeniera de Caminos, entiende que se hace necesaria la implementación de sistemas capaces de evacuar el agua de las áreas urbanas, pero en condiciones que no colapsen el sistema de alcantarillado ni que provoquen escorrentías que arrastren agentes químicos y biológicos que contaminen finalmente las aguas del río Turia. Habrá que disponer sistemas para que las aguas superficiales procedentes de las lluvias recarguen los acuíferos y desde la superficie, ríos, lagos y mares devuelvan el agua a la atmósfera directamente por evaporación e indirectamente mediante la evapotranspiración.

El tío Vuiso, que desde que se jubiló ha acostumbrado a pasar largos ratos “raonant” con sus amigos bajo el sol roto de los mediodías de invierno o de las sombras de los días de buena temperatura, en los parques o retazos verdes benaguacileros, le gustaría unas ciudades más ajardinadas y ve necesario –y así lo dice y repite-, que el hombre y el planeta necesitan que el monte llegue al cemento y que, dados los riesgos que se nos están anunciando, cada vez es más conveniente que las ciudades aumenten las superficies vegetadas –que, como dicen los técnicos, creen nuevos hàbitats, nuevos ecosistemas-; que se establezca una conexión entre ellas, dando lugar a verdaderas mallas verdes urbanas, y que se introduzcan en los parques elementos paisajísticos con componentes acuáticos. En ese sentido, los SuDS pueden constituir una aportación de gran importancia al conjunto hídrico urbano y a su vegetación asociada, por ser capaces de promover hàbitats soporte de toda una variedad de flora y fauna.

EL CAMINO HACIA EL FUTURO DESEADO POR EL TÍO VUIISO

CAPÍTULO 15

Es frecuente que los gobiernos locales tengan compartimentados los centros de decisión (planeamiento urbano, suministro de agua, aguas residuales, otros residuos, energía, etc.), con planeamientos paralelos y procesos de implementación que no siempre están en la misma línea que las estrategias de nivel regional, nacional o europeo. Además, los resultados de la investigación y la innovación pocas veces se consolidan en forma de aplicaciones políticas y prácticas. El camino que lleve a soluciones sostenibles de tipo económico, medioambiental, social o institucional requiere un nuevo modelo con un cambio radical en la cultura de la sostenibilidad urbana que conduzca a las instituciones hacia la consecución de medioambientes urbanizados más sostenibles.

Merecería el tío Vuiso llegar a ver los resultados que muy pronto traerá consigo el denominado proceso de transición, un proceso que ha emergido en forma de potente enfoque capaz de acelerar los procesos que propicien la aplicación de las tecnologías y prácticas innovadoras que se han explicado en este libro y que van dirigidas a una gestión del drenaje urbano más eficiente y a una mayor eficiencia energética en el ciclo del agua. Además, este proceso de transición crea una oportunidad de lograr la vinculación de los sectores implicados y concitar así las diversas ópticas acerca de un determinado problema, para establecer soluciones potenciales y establecer nuevas vías de trabajo.

Los socios participantes en el proyecto **E²STORMED** elaboraron un Manual de Transición en el que se presenta una metodología coherente y holística que sea la guía para un conveniente cambio de orientación desde la óptica convencional del drenaje urbano hacia un nuevo enfoque basado en SuDS.

El documento contiene tres secciones principales: un resumen conceptual de la gestión sostenible de las aguas pluviales, una explicación del proceso de transición en el marco de **E²STORMED** y la descripción de las actividades clave para una fructífera gestión de un cambio de modelo. El manual finaliza haciendo referencia al caso concreto de Benaguasil, que ilustra cómo progresó durante el desarrollo del proyecto **E²STOR-**

MED e informa acerca de los actuales progresos que se siguen desarrollando en dicha población hacia un futuro más sostenible.

El proceso de transición se sintetiza en la denominada “**rueda de gestión del proceso de transición**” en **E²STORMED**. Se trata de una sencilla hoja de ruta (*ver en pág. siguiente*) con formato cíclico que ilustra las vías y herramientas disponibles para gestionar el cambio de los tipos tradicionales de infraestructura de drenaje, como son el alcantarillado de aguas pluviales, a prácticas más sostenibles, como pueden ser las cubiertas verdes y los humedales artificiales, aportando una visión integral focalizada hacia la situación local, de acuerdo con la conocido eslogan “*pensar globalmente y actuar localmente*”.

La transición se plantea como un proceso cíclico y son esperables múltiples ciclos que repitan el grupo de tareas, como vueltas de una rueda¹ que se compone de diez actividades que se desarrollan en tres niveles de gestión sin ningún tipo de jerarquía entre ellos y que tienen diferentes tipos de actores:

Nivel Estratégico. Con la atención puesta en metas a largo plazo sobre entornos urbanos sostenibles, lo que requiere estrategias abiertas a la innovación y sin miedo al cambio.

Nivel Táctico. La atención se centra en el desarrollo de estrategias, redes y equipos de trabajo internacionales e interdisciplinares que atraigan la atención hacia los objetivos de sostenibilidad, y en lograr el apoyo de la sociedad para lograr metas a corto y medio plazo, superando las barreras socio-institucionales que obstaculizan la innovación y el cambio.

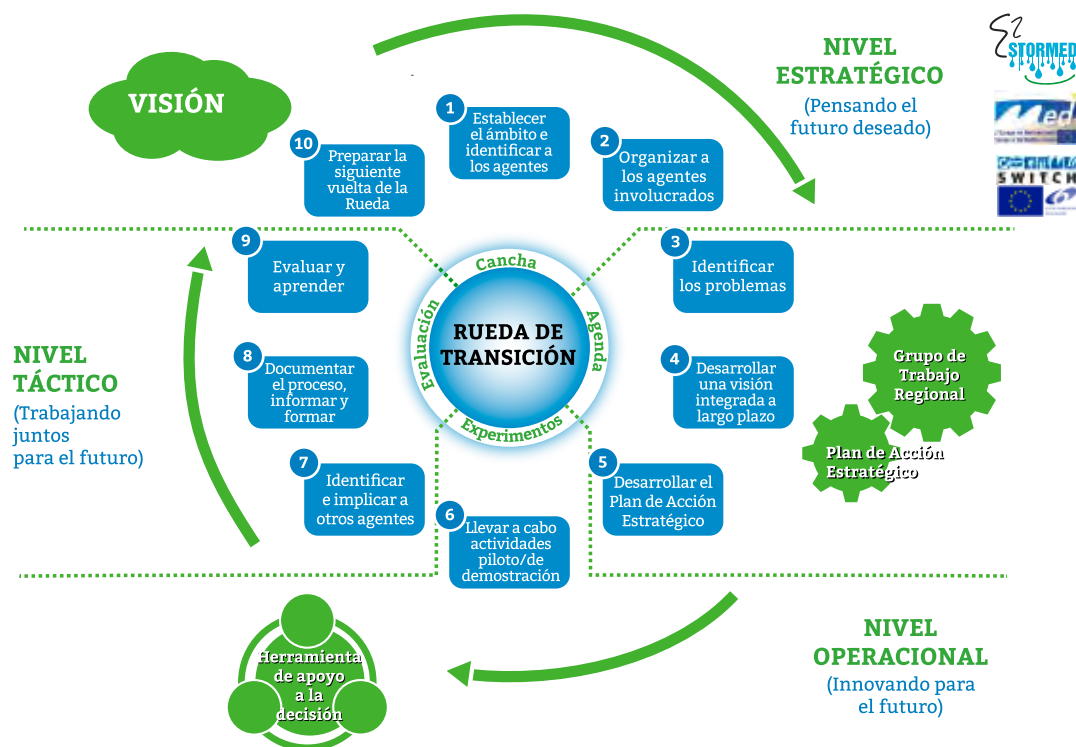
Nivel Operativo. Centrado en acciones a corto plazo, experimentando con innovaciones que tengan capacidad de substantiarse pronto en objetivos concretos.

Cada municipio, en el contexto de **E²STORMED**, inicia la rotación de la rueda en el marco del Grupo de Trabajo Regional en Eficiencia Energética en el Ciclo del Agua (GTREECA), donde participan personas que

¹ La finalización de cada ciclo se denomina en este documento “vuelta” de la rueda.

RUEDA DE TRANSICIÓN DEL PROYECTO E²STORMED

(Basada en el Marco de Transición del proyecto SWITCH)



Rueda de gestión de la transición E²STORMED. Adaptado de Duffy and Jefferies, 2011 (SWITCH Deliverable D1.1.1.; www.switchurbanwater.eu)

pueden influir en las actividades de gobierno y que son capaces de mantener y desarrollar el proceso en un plazo considerable. Las diez actividades se agrupan en cuatro grupos en el círculo interior (Arena, Agenda, Experimentos y Evaluación), mientras que en los iconos en el círculo exterior destacan las actividades centrales de la rueda, que se pueden personalizar para cada ciudad.

Como uno de los seis socios piloto E²STORMED, el Ayuntamiento de Benaguasil ha intentado llevar a cabo todas las actividades de transición con el fin de avanzar hacia un futuro más sostenible en la gestión de sus recursos. Esto ha supuesto la aplicación de metodologías innovadoras, tales como la aplicación de la herramienta de apoyo a la decisión presentada anteriormente, sin perder de vista los valores y la preservación de las tradiciones locales. Las actividades de gestión del proceso de transición se han desarrollado en el marco de E²STORMED desde enero de 2013 hasta junio de 2015.

LA TRANSICIÓN EN BENAGUASIL

Benaguasil está en un proceso de continua evolución que le ha llevado a adaptarse a los cambios medioambientales mediante constantes y sucesivas mejoras de su infraestructura y del equipamiento público y social, con el objetivo de proporcionar una mejor calidad de vida a sus vecinos.

En Benaguasil, la demanda de agua urbana está completamente cubierta a partir de los acuíferos subterráneos, de los cuales el agua se extrae principalmente en dos pozos, "La Nahora I y II", que se encuentran cercanos al río Turia y a unos 5 km del centro urbano. El agua es elevada mediante bombas sumergidas, y desde estos pozos se impulsa hasta el tanque de agua que se encuentra en Montiel, donde se clora el agua y se distribuye por gravedad a los ciudadanos, todo lo cual implica un alto consumo de energía.

En cuanto al saneamiento, Benaguasil cuenta con una red de alcantarillado unita-

rio, por lo que las aguas pluviales se mezclan con las aguas residuales procedentes de hogares e industrias. Se trata de un sistema convencional, compuesto principalmente por las tuberías de desagüe y las alcantarillas. Al final de la red unitaria parte del flujo se dirige a la estación depuradora de aguas residuales, mientras que el resto del agua se vierte a uno de los canales de riego, que va a terminar en el río Turia.

De lo dicho se deduce que las instalaciones relacionadas con la gestión urbana del agua representan una carga de alto consumo energético para el municipio, que está evaluado en alrededor del 20% del consumo municipal de energía.

Como ha quedado dicho en capítulos previos, antes de iniciarse el proyecto E²STORMED, el Ayuntamiento de Benaguasil estuvo involucrado en el proyecto europeo Aquaval, cuyo objetivo era demostrar que la gestión innovadora de las aguas pluviales mediante Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) podría utilizarse eficazmente en las ciudades mediterráneas, donde eran prácticamente desconocidos, con lo cual mejorarían numerosos parámetros y valores sociales y ambientales. Dentro de aquel proyecto se implementaron las cuatro infraestructuras SuDS presentadas en capítulos anteriores, que durante un año fueron instrumentadas y monitorizadas, analizándose tanto el rendimiento hidráulico como la mejora de la calidad de las aguas al paso por éstas. Los resultados no pudieron ser más alentadores.

Se creó también en el marco de Aquaval un grupo de trabajo en el que participaron hasta 19 instituciones, públicas y privadas, relacionadas con el sector del agua, con una alta representación de profesionales del diseño y del sector económico. El grupo se reunió dos veces en los inicios del proyecto, asistiendo a cada reunión alrededor de 30 participantes. Otras actividades incluyeron varias conferencias en las que se divulgaron los resultados de los trabajos, así como excursiones con visitas guiadas de escolares en las que se mostraron las instalaciones demostrativas de SuDS.

Lo presentado en los párrafos anteriores comprende la primera "vuelta de la rueda" para el Ayuntamiento de Benaguasil hacia

una mejor gestión de las aguas pluviales. En 2012 el Ayuntamiento expresó su voluntad de continuar con este reto, y después de evaluar los progresos alcanzados y las lecciones aprendidas con Aquaval, colaboró en la preparación de la propuesta de proyecto E²STORMED que comenzó a operar a partir de enero de 2013.

La rueda general de E²STORMED para la gestión del proceso de transición se ha adaptado para incorporar las especificidades de Benaguasil. Las siguientes secciones explican cómo Benaguasil ha progresado en cada una de las actividades del proceso de transición durante E²STORMED, en su segunda "vuelta de la rueda"

1. Identificar los grupos de interés en la gestión del agua y la energía.

Los grupos de trabajo son personas, grupos u organizaciones que están interesados en los temas en cuestión, tienen capacidad de influencia sobre ellos, pueden ser afectados por estos asuntos o desean resolver los problemas relacionados con dichas materias. En Benaguasil, las lecciones aprendidas durante la primera vuelta de la rueda indicaron que el grupo de trabajo debe empezar poco a poco, pero con los actores regionales más relevantes, y sólo invitar a otros grupos de interés una vez que el grupo ha fortalecido sus vínculos y se han establecido las operativas de colaboración.

La designación de los miembros deseados fue llevada a cabo por un concejal con el pleno apoyo de la Alcaldía y la asistencia de una consultora técnica del Municipio, perteneciente a E²STORMED, para la implementación de SuDS en la población. A continuación y una vez adoptado el tema central de "ahorrar energía a través de un mejor control de las aguas pluviales a nivel local", se invitó a 13 instituciones para formar parte del grupo de trabajo.

2. Organizar a los agentes involucrados.

Para dar inicio a un grupo de trabajo, el coordinador y los compañeros de trabajo deben identificar los objetivos de las partes que están interesadas en la gestión del agua y la energía, y han de establecer un contacto inicial con ellos. Las partes deben entender por qué su participación es relevante para la asociación a configurar. El coordinador del grupo de trabajo en Benaguasil ha sido

una asistente técnico del Ayuntamiento involucrada en E²STORMED, con amplia experiencia en la gestión del agua urbana y particularmente en SuDS y en la gestión de la transición.

Las partes interesadas invitadas al grupo de trabajo han sido la Dirección General de Proyectos y Fondos Europeos de la Comunitat Valenciana, la Dirección General del Agua de la Comunitat Valenciana, la Agencia Valenciana de la Energía, la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, la Confederación Hidrográfica del Júcar, la Diputación de Valencia, la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunitat Valenciana, Aguas de Valencia, la Fundación Valencia Región Europea, la Federación Valenciana de Municipios y Provincias, el Instituto Valenciano de la Edificación, la Universitat Politècnica de València y el Ayuntamiento de Benaguasil como organizador del grupo. El grupo se ha reunido con periodicidad semestral, cubriendo objetivos específicos en cada reunión. Las principales tareas para el grupo de trabajo en el marco de E²STORMED han sido:

- Recopilar datos locales para el desarrollo de la herramienta de apoyo a la decisión.
- Evaluar y comentar la aplicación de la herramienta.
- Desarrollar un Plan de Acción Estratégico.
- Divulgar entre de las organizaciones asociadas y las partes interesadas externas los

resultados y conclusiones de E²STORMED sobre el uso de SuDS para generar incrementos de eficiencia energética y para mitigar los impactos del cambio climático y adaptarse así a los mismos.

3. Identificar los problemas a resolver.

Los principales problemas en la gestión de las aguas pluviales que se han identificado por parte del grupo de trabajo en Benaguasil son:

- Inundaciones frecuentes por aguas pluviales.
- Vertidos de la red unitaria al río Turia.
- Alto consumo de energía en la gestión urbana del agua.

4. Desarrollar una visión integrada a largo plazo.

Esta actividad pretende desarrollar un panorama de acción a largo plazo a tenor de las pretensiones y proyectos de los componentes del grupo de trabajo. Se trata de disponer de una visión que dé una descripción concreta de la situación deseada para el futuro. La visión de una ciudad debe ser inspiradora e ilusionante para las organizaciones y el público, y para lograrlo debe utilizarse una mezcla de descripciones, narraciones y valores numéricos que muestren la imagen futura. Los miembros del grupo de trabajo coincidieron en que los objetivos principales deben ser: la reducción de los desbordamientos del sistema unitario de alcantarillas; la protección de los medios receptores; la reducción del consumo de energía en la gestión del agua urbana; la



Reunión del grupo de trabajo que fijó la visión estratégica de Benaguasil para la gestión del ciclo urbano del agua. (Marzo de 2014).



Los problemas de Benaguasil en relación a la gestión urbana del agua.



Sesión del grupo de trabajo que formalizó la visión a largo plazo para Benaguasil.

integración paisajística de las infraestructuras; la recarga de los acuíferos; y la optimización del uso del agua potable.

Posteriormente se acordaron conceptos que podrían formar parte de la estrategia teniendo en cuenta además las visiones de otras ciudades. Tras una lluvia de ideas y una discusión conjunta en la tercera y cuarta reunión del grupo de trabajo, la visión a largo plazo para el municipio de Benaguasil se definió como sigue: “Benaguasil, siguiendo su relación histórica con el agua, implica a la sociedad para llevar a cabo una gestión eficiente, sostenible e innovadora del agua de lluvia que: a) favorezca su reutilización, b) reduzca el gasto energético, y c) disminuya el riesgo de inundaciones y el impacto al

medio ambiente”.

5. Desarrollar el plan de acción estratégico a medio plazo.

Un Plan de Acción Estratégico podría comenzar por una tormenta de ideas y con la creación de una lista de opciones prácticas y oportunidades que podrían convertirse en componentes de una estrategia global a largo plazo. Más tarde se pasaría a la evaluación de la viabilidad tanto social, como técnica, política, económica y medioambiental y a estudiar la aceptabilidad de cada elemento. La asociación de componentes de la estrategia a las partes adecuadas de la visión ayudará a identificar las carencias existentes que dificultan conseguir esta visión. Aunque deben considerarse los costes relativos, beneficios, ventajas y compensaciones de las estrategias, no es necesario llegar a un minucioso detalle.

Partiendo del Plan de Acción Estratégico preliminar desarrollado dentro del proyecto Aquaval, se puso en marcha un taller participativo en el grupo de trabajo para plantear posibles acciones a incorporar en el mismo.

Algunas de las acciones incluidas en el borrador del plan de acción se resumen a continuación.

- **Corto plazo (2020):** continuar con el grupo de trabajo ampliado, elaboración de una guía técnica para la construcción y el mantenimiento de SuDS, llevar a cabo cursos de SuDS para técnicos municipales y otros profesionales, aprobar la Ordenanza Municipal Reguladora del Drenaje Urbano.

- **Medio plazo (2030):** creación de un comité regional permanente para la promoción de SuDS en la Comunitat Valenciana, incorporar los SuDS en las bases de datos de precios para la construcción.

- **Largo plazo (2050):** Establecer un escenario de reducción de la escorrentía producida en el núcleo urbano

6. Realizar actividades piloto y de demostración.

Esta actividad proporciona un espacio “protegido” para experimentar con las actividades que están relacionadas con la visión, para que puedan evolucionar, madurar y llegar a formar parte de la normalidad y la



Taller del grupo de trabajo para la definición del Plan de Acción Estratégico.

cultura existente. Las actividades y demostraciones piloto (también conocidos como experimentos de transición) han consistido en la aplicación de la herramienta de apoyo a la decisión en las diferentes localizaciones experimentales y en los términos en que se ha expuesto en capítulos anteriores. Además, en Benaguasil ha tenido lugar una actividad demostrativa adicional, la construcción y monitorización de la cubierta vegetal en el Centro de Día del Ayuntamiento, demostrando los beneficios energéticos que este tipo de infraestructura verde puede reportar al municipio.

7. Identificar e integrar a nuevos agentes en el proceso.

El grupo de trabajo debe darse cuenta de los beneficios que supone la participación de otras partes como los grupos de la sociedad civil, las empresas y los medios de comunicación, y es importante decidir acerca de quién y en qué etapa del proceso deben ser invitados a unirse al grupo. Pueden participar en múltiples formas como pueden ser reuniones, conferencias especiales, visitas guiadas a sitios SuDS, etc. La participación de los medios de comunicación es crucial, ya que a su través puede llegar el mensaje a un público más amplio, se puede crear conciencia de los problemas y de las soluciones sostenibles disponibles, y es posible comunicar cuestiones técnicas, institucionales y económicas con un lenguaje no técnico.

En Benaguasil se ha enviado a los ciudadanos un cuestionario para evaluar su conocimiento acerca de las prácticas sostenibles para aguas pluviales realizadas en la ciudad, y se ha llevado a cabo una visita guiada para mostrar los SuDS locales y crear el

estímulo para su uso a escala de vivienda familiar. También una escuela infantil, y posteriormente los estudiantes universitarios visitaron la azotea vegetal del Centro de Día del Ayuntamiento.

8. Documentar el proceso, informar y formar.

La recopilación de documentación acerca de los procesos y del seguimiento de lo que ocurre durante un proceso de cambio y cómo se produjo éste es una actividad muy importante. Una buena documentación sobre los procesos permite a los actores reflexionar y analizar qué cambios ocurrieron y además, hace posible organizar y difundir los resultados. Las actas de las reuniones así como las fotografías, grabaciones de voz, vídeos, etc., son algunas de las formas de recopilación de la información. En términos de desarrollo de capacidades, las sesiones de formación y talleres fomentarán un cambio en el modo de pensar y de garantizar el compromiso con las nuevas tecnologías y técnicas.

Se han desarrollado actividades formativas que incluyen talleres de capacitación sobre SuDS, visitas a los cuatro SuDS instalados en Benaguasil en el marco del proyecto Aquaval, un viaje técnico a Escocia para conocer y comprender los SuDS, visitas a la cubierta verde instalada en Benaguasil, sesiones de formación para los municipios y la industria sobre gestión eficiente de aguas pluviales... Además, la prensa y las revistas locales y regionales han publicado numerosas noticias acerca de E²STORMED, que han sido difundidas por los miembros del grupo de trabajo y por los socios del proyecto.

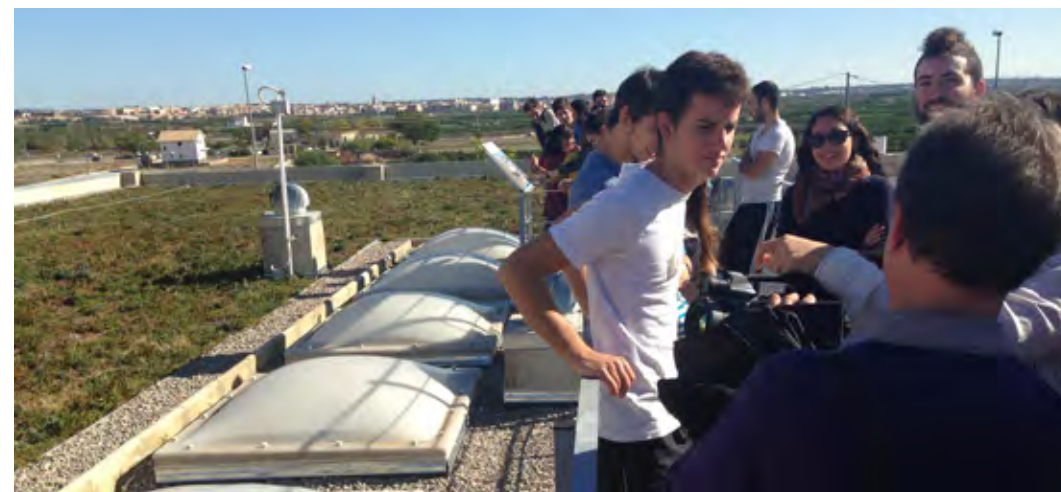
9. Evaluar y aprender.

Durante el desarrollo del proyecto se han llevado a cabo análisis que permitan hacer los cambios y ajustes necesarios de las actividades para la consecución de los objetivos marcados. Así, se han realizado sesiones de evaluación semestrales y se han ido incorporando las lecciones aprendidas en la planificación del siguiente semestre, de manera que se pueda tener una evaluación al final de cada ciclo o vuelta de la rueda

10. Preparar la siguiente vuelta de la rueda.

Esta etapa del ciclo de gestión de la transición está casi completa, pero el camino hacia el futuro deseado está lejos de terminarse. En la imagen del diagrama de gestión de la transición, la rueda ha girado una vez durante E²STORMED, la segunda hasta la fecha. La sostenibilidad debe ser con-

templada como un viaje de descubrimiento más que una meta fija hacia la que se puede trabajar. La búsqueda de resultados sostenibles generará nuevas áreas de conocimiento y permitirá identificar vacíos donde no existe conocimiento. La próxima vuelta de la transición comenzará después de que E²STORMED haya terminado y allí donde se hayan identificado lagunas y, si es necesario, se haya reajustado la visión. Puede incluso ser necesario plantear nuevas visiones y encontrar nuevos actores dispuestos a convertirse en los futuros líderes. A lo largo del proceso, el grupo de trabajo estará buscando soluciones más sostenibles y esto sólo se puede lograr girando la rueda otra vez... y otra vez... ¡y otra vez!



Acción 7. Visitas de grupos a los SuDS del Centro de Día en Benaguasil.



EPÍLOGO

CAPÍTULO 16

El tío Vuiso, nuestro anciano amigo labrador benaguacilero sabe de la contaminación ambiental que está causando la actividad humana y es consciente de que el planeta es reo del crecimiento de la economía y de que el agua está llegando a ser un bien escaso. Ha oído hablar igualmente del cambio climático, con consecuencias tanto en el extremo de la sequía y la desertificación en muchos lugares del mundo como en el aumento en otras zonas de los riesgos causados por las inundaciones. El crecimiento demográfico y el desarrollo urbano, industrial y tecnológico está provocando un incremento en la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, así como un ingente aumento del volumen de aguas residuales, lo que lleva consigo aumentos dramáticos en los costes de la energía relacionados con la depuración y tratamiento de estas aguas. La necesidad de agua para uso humano y agrícola está dando lugar al desarrollo de técnicas como la desalinización de aguas marinas, lo que lleva consigo igualmente un alto consumo energético. Y en la misma problemática de dispendio de la energía, agravada por la contaminación atmosférica en términos de emisiones de CO₂, ha de contemplarse la totalidad del sector hídrico.

Las ciudades son losas duras e impermeables para las nubes y el agua que nace de ellas. Losas por donde el agua pluvial arrastra, inunda, colapsa los sistemas de evacuación y lleva la polución a ríos, lagos y mares. El tío Vuiso conoció otro paisaje, y sus mayores le hablaban de unos suelos que amaban al agua, unos suelos que eran capaces de absorberla, filtrarla y llenar los veneros que alimentaban los manantiales.

Ese es el mensaje de esta obra. Un libro que cuenta lo que fue el agua en un campo, en un paisaje humanizado y en una ciudad hecha para vivir, y que relata al lector cómo el desarrollo puede reducir el confort en detrimento del medioambiente. Pero también sus páginas dan cuenta de un síntoma más de los cambios en los comportamientos y los estilos de vida que están comportando un aumento en la conciencia ecológica, y que han llevado a unas iniciativas internacionales encaminadas a mejorar la eficiencia en la gestión de las aguas de lluvia en las ciudades; sus párrafos nos abren una puerta esperanzadora al descubrirnos la impor-

tante actividad científica, tecnológica, gestora y legislativa que se está desarrollando en diversos países y que en España tiene varias poblaciones, organismos, empresas y universidades que han apostado con decisión por la consecución de unas técnicas que mejoren esta gestión. Una de ellas es Benaguasil, la tierra del tío Vuiso y de gentes sabias y de almas sensibles que dieron desde tiempo inmemorial al agua el valor que sólo sabe darle un hombre campesino, una mujer labradora.

RUTA DE LOS SuDS EN BENAGUASIL

Para fomentar el conocimiento de este enfoque sostenible a la gestión del agua de lluvia en las poblaciones, el Ayuntamiento ha divulgado la “Ruta de los SuDS en Benaguasil”, un recorrido de unos 6 km que el tío Vuiso y sus amigos disfrutaban al menos una vez a la semana.



- 1.- EL recorrido comienza en la estación de metro Benaguasil 2n.
- 2.- **Aparcamiento permeable** en Centro Hidrotermal.
- 3.- **Aljibe** que recoge agua de lluvia en Centro de la Juventud.
- 4.- **Cuencos de detención e infiltración** en Parque Costa de la Ermita.
- 5.- **Balsa de infiltración** en Polígono Industrial Les Eres.
- 6.- **Cubierta vegetada** en Centro de Día.
- 7.- Fín de la ruta en la estación de metro Benaguasil 1r.

BIBLIOGRAFÍA (Capítulos 1 a 9)

- 1.- Agost Alcón, V., Carmona Esteve, J., Valls Benavides, G., y Perales Momparler S. "Bluecity: Sistema de indicadores para la evaluación de la gestión del ciclo integral del agua en entornos urbanos." Actas de la Jornadas de Ingeniería del Agua-JIA. Universidad Politécnica de Valencia. En: Valles Moran, F.J. III Jornadas de Ingeniería del Agua (Vol II). Ed. Marcombo, S.A. Barcelona.
- 2.- Ajuntament de Valencia. 2010. "Plan de acción para la energía sostenible de la ciudad de Valencia (Pacto de los Alcaldes)". Valencia.
- 3.- Alliance Planning, Coventry City Council. 2008. "Affordable housing statement in support of planning application." Retrieved: 25 February 2013. <http://planning.coventry.gov.uk/portal/servlets/AttachmentShowServlet?>
- 4.- Altalejos García, L., 2007. "Aplicación de sistemas de drenaje urbano sostenible en el desarrollo urbanístico de Paterna (Valencia)" CPS Ingenieros, Obra Civil y Medio Ambiente, S.L. V Congreso de Ingeniería y Obra Civil. (http://www.occp.es/biblio_digitalN_Cong1-es0/congreso/pdf/01_0413.pdf).
- 5.- Apostolaki, S., Jefferies, C. y Wild, T. 2006 "The social impact of stormwater management techniques." Water Pract. Technol. 1 (1).
- 6.- ARC. 2001. "Georgia Stormwater Management Manual". Volume 2. http://documents.atlantaregional.com/gastormwater/GSMM_Vol2.pdf.
- 7.- Blanc, J., Arthur, S. & Wright, G. 2012, "Natural flood management (NFM) knowledge system: Part 1 – Sustainable urban drainage systems (SUDS) and flood management in urban areas". pp. 32. Retrieved: 24 May 2013. Available from: www.crew.ac.uk/sites/www.crew.ac.uk/files/publications/CREW_NFMProject_SUDS.pdf.
- 8.- Brattebo, B.O. y Booth D.B. 2003. "Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems". Wat. Res. 37:4369-4376.
- 9.- Casal-Campos, A., C. Jefferies y S. Perales-Momparler. 2012. "Selecting SUDS in the Valencia Region of Spain" Water Science and Technology Journal. Vol. 7, No. 1. International Water Association.
- 10.- Castro-Fresno, D., Andrés-Valeri, V. C., Sañudo-Fontaneda, L. A., Rodríguez-Hernández, J. 2013. "Sustainable Drainage Practices in Spain, Specially Focused on Pervious Pavements". Water S, 2013 (1), 67-93.
- 11.- Castro-Fresno, D., Rodríguez-Hernández, J., Rodríguez-Bayón, J. & Ballester-Muñoz, F. 2005. "Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)". Interciencia. 30 (5), 255-260.
- 12.- Charlesworth, S. M., S. Perales-Momparler, C. Lashford.
- 13.- CIRIA. 2007. "The SUDS Manual", CIRIA C697. Construction Industry Research and Information Association, London.
- 14.- Committee of The Regions of the European Union. 2011. "The role of regional and local authorities in promoting sustainable water management". Doc. CDR5-2011-FIN-AC_EN.
- 15.- Defra (Department of Environment, Food and Rural Affairs) 2010. "What the Flood and Water Management Act means for property developers." Retrieved: 24 May 2013. <http://archive.defra.gov.uk/environment/flooding/documents/policy/fwmb/fwmadevelopersfactsheet.pdf>.
- 16.- Defra 2011. "National Standards for sustainable drainage systems: Designing, constructing, operating and maintaining drainage for surface runoff." Retrieved: 24 May 2013. www.defra.gov.uk/consult/files/SuDS-consult-annexanational-standards-111221.pdf.
- 17.- Deutsch, J. C., Revitt, M., Ellis, B. y Scholes, L. 2003. "Review of the Use of Stormwater BMPs in Europe". Daywater, Report 5.1.
- 18.- Dickie, S., McKay, G., Ions, L. y Shaffer, P. 2010. "Planning for SuDS – making it happen". CIRIA C687. London.
- 19.- Dirección General de Evaluación Ambiental y Territorial. 2013. "Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunitat Valenciana. (PATRICOVA). Memoria" Conselleria Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Pp. 123-125.
- 20.- Dirección General de Evaluación Ambiental y Territorial. 2013. "Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunitat Valenciana. (PATRICOVA). Normativa" Conselleria Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Pag.26.
- 21.- Duffy, A. y Jefferies, C. 2011. "Research Report: Developing a Framework to guide Urban Water Systems Transitions". (http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W13_GEN_MAN_D1.3.3_SWITCH_Transition_Framework.pdf)
- 22.- Escuder-Bueno, I., I. Andrés-Doménech, A. Morales-Torres y S. Perales-Momparler. 2013. "Hacia una mejora de la eficiencia energética en la gestión del agua de lluvia en entornos urbanos: el proyecto E2STORMED". Actas de la Jornadas de Ingeniería del Agua-JIA. Universidad Politécnica de Valencia. En: Valles Moran, F.J. III Jornadas de Ingeniería del Agua (Vol II). Ed. Marcombo, S.A. Barcelona. Pp. 51-58.
- 23.- Febles D., Perales S. y Soto R. 2009. "Innovación y Sostenibilidad en la Gestión del Drenaje Urbano: Primeras Experiencias de SuDS en la Ciudad de Barcelona". Jornadas de Ingeniería del Agua. CEDEX. Madrid. 27-28 Octubre 2009.
- 24.- Federación Navarra de Municipios y Concejos. 2008. "Libro de Buenas Prácticas Locales de Gestión Sostenible del Agua y de los ríos de Navarra". <http://www.cma.gva.es/webdoc/documento.ashx?id=170643>. <http://www.cma.gva.es/webdoc/documento.ashx?id=170641>.
- 25.- Fresno, D. C., Bayón, J. R., Hernández, J. R. y Muñoz, F. B. 2005. "Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)". Interciencia 30 (5), 255-260.
- 26.- García-Haba, E., Perales-Momparler, S. y Andrés-Doménech I. 2011. "Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación en climas mediterráneos". II Jornadas de Ingeniería del Agua. Modelos numéricos en dinámica fluvial. Barcelona.
- 27.- Gobierno de España. 2013. "Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016". Boletín Oficial del Estado. 10/4/2013.
- 28.- Gómez-Ullate, E., Castillo-López E., Castro-Fresno, D. y Bayón, J. R. 2011. "Analysis and Contrast of Different Pervious Pavements for Management of Storm-Water in a Parking Area in Northern Spain", Water Resources Management . 2011, 25 (6), 1525- 1535.
- 29.- Jefferies, C. y S. Perales Momparler. 2012 "Water Management Demonstration Sites Using SuDS, Valencia, Spain". (ICE) European Newsletter. The Institution of Civil Engineers. Enero.
- 30.- Millán Romero, P., B. Nácher-Rodríguez, C. Hernández Crespo, M. Martín, F. J. Vallés Morán, I. Andrés-Doménech y Sara Perales-Momparler. 2013. "Análisis comparativo de las escorrentías producidas en un pavimento permeable y en una calzada convencional". Actas de la Jornadas de Ingeniería del Agua-JIA. Universidad Politécnica de Valencia. En: Valles Moran, F.J. et al. III Jornadas de Ingeniería del Agua (Vol II). Ed. Marcombo, S.A. Barcelona.
- 31.- Ministerio de Medio Ambiente. 2002. "Asistencia técnica para la redacción de una experiencia piloto de medición y estudio de las descargas de sistemas unitarios (DSU) del alcantarillado a los medios receptores en tiempo de tormenta, en varios municipios españoles. Resumen de los trabajos realizados". Secretaría de Estado de

Agua y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

32.- Murgui-Mezquita, M., Cabrera-Marcet, E., Pardo-Picaza, M. y Cabrera-Rochera, E. 2009. "Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia". JIA, Jornadas de Ingeniería del Agua. Madrid.

33.- NRDC (2009). "Water Efficiency Saves Energy: Reducing Warming Pollution Through Water Use Strategies. Natural Resources Defense Council" <http://www.nrdc.org/water/files/energywater.pdf>.

34.- Odom Green, O., Shuster, W. D., Garmestani A. S. y Thurston, H. W. "Optimisation des facteurs naturels et sociaux pour la gestion des eaux pluviales en milieu urbain décentralisé" 2013. 8th International Novatech Conference Proceedings. Hydroplus, nº 217. Junio 2013. Pag 44.

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

36.- Perales-Momparler, S. y G. Valls-Benavides. 2013. "Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) Sustainable Drainage Systems (SuDS)". "PAISEA". March. 24 "Waterscapes".

37.- Perales Momparler, S. y Valls Benavides, G. (2013). 'Sustainable Drainage Systems (SuDS)', Paisea. Waterscapes.

38.- Perales-Momparler, S., C. Jefferies, E. Perigüell-Ortega, P. P. Peris-García y J. L. Muñoz-Bonet. 2013. "Inner-city SUDS retrofitted sites to promote sustainable stormwater management in the Mediterranean region of Valencia: AQUAVAL (Life+ EU Programme). Réaménagement de sites SUDS au centre-ville pour la gestion durable des eaux pluviales dans la région méditerranéenne de Valencia : AQUAVAL (Life+EU Programme)" 8th International Novatech Conference Proceedings.

39.- Perales-Momparler, S., C. Hernández-Crespo, F. Vallés-Morán, Miguel Martín, I. Andrés-Doménech, J. Andreu Álvarez

and, C. Jefferies "SuDS efficiency during the start-up period under Mediterranean climatic conditions", Clean journal. Disponible en:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clen.201300164/abstract...>

40.- Perales-Momparler, S., C. Jefferies, E. Perigüell-Ortega, P. P. Peris-García, J. Luis Muñoz-Bonet. 2013. "Planning and technologies for sustainable urban water management". 8th International Novatech Conference Proceedings.

41.- Perales Momparler, S., Hernández Crespo, C., Vallés Morán, F., Martín, M., Andrés Doménech, I., Andreu Álvarez, J. y Jefferies, C. 2014. "SuDS Efficiency during the Start Up Period under Mediterranean Climatic Conditions", CLEAN Soil Air Water, vol. 42, no. 2, pp. 178 186.

42.- Perales-Momparler, S., Jefferies, C., Perigüell-Ortega, E. Peris-García, P.P. et Muñoz-Bonet, J.L. 2013, "Réaménagement de sites en centres villes pour la gestion durable des eaux pluviales dans la région méditerranéenne de Valence-Espagne". 8th International Novatech Conference Proceedings. Hydroplus, nº 217. Junio 2013. Hydroplus, nº 217. Junio 2013. Pag 46.

43.- Peters, C., Sieker, H., & Jin, Z. 2011. "Assessing future uncertainties associated with urban drainage using flexible systems - the COFAS method and tool". SWITCH project. Sustainable Water Management in the City of Future.

44.- Philip, R. 2011. "Module 4. Stormwater Exploring the options. SWITCH Training Kit. Integrated urban water management in the city of the future." SWITCH Project. ICLEI European Secretariat GmbH.

45.- Piel, C. 2013. "L'eau pluviale, un support adapté au développement et au maintien de la nature en ville : 3 exemples mis en œuvre en milieu urbain dense" 8th International Novatech Conference Proceedings. Hydroplus, nº 217. Junio 2013. Pag 44.

46.- Progress Consulting S.r.l. and Living Prospects Ltd. 2011. "The role of regional and local authorities in promoting a sustainable water policy." Final Survey Report. Doc cdr-180. European Union.

47.- USEPA. 2013. "Green Infrastructures". United States Environmental Protection Agency <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/>

48.- USEPA. 2013b. "SUSTAIN. System for Urban Stormwater Treatment and Analysis Integration model". <http://nrmr.epa.gov/nrmrl/ws wrd/wq/models/swmm/>

49.- USEPA. 2013c. "Storm Water Management Model {SWMM}." United States Environmental Protection Agency. Última visita 6 de 2013, de: <http://www.epa.gov/nrmrl/ws wrd/wq/models/swmm/>

50.- Brenneisen, S. 2006. "Space for urban wildlife: designing green roofs as habitats in Switzerland". Urban Habit. 4 (1), 27–36.

51.- Bean, E.Z., Hunt, W. F. y Bidelpach, D.A. 2007. "Field survey of permeable pavement surface infiltration rates". J. Irrig. Drain". Eng. ASCE, 133:249-255.

52.- Loorbach, D.A. 2007. "Transition Management: New mode of Governance for sustainable development". <http://repub.eur.nl/pub/10200>

53.- Batchelor, C. y Butterworth, J. 2008a. "Learning Alliance Briefing Note 9: Visioning (draft)". SWITCH project.

54.- Batchelor, C. y Butterworth, J. 2008b. "Learning Alliance Briefing Note 12: Strategy Development (draft)". SWITCH project.

55.- Puertas-Agudo, J., Suárez-López, J. y Anta-Álvarez, J. 2008. "Gestión de las Aguas Pluviales. Implicaciones en el Diseño de Sistemas de Saneamiento y Drenaje Urbano". CEDEX. Ministerio de Fomento, Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid.

56.- Perales Momparler, S. 2008. "Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)". ExpoZaragoza.

57.- Berndtsson, C. J. 2010. "Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review." Ecol. Eng. 36 (4), 351–360.

58.- Olcina Cantos, J. 2010. "Spatial planning processes, territorial planning law and flood risk in the region of Valencia

(Spain)". En: Risks Challenging Publics, Scientists and Governments (S. Menoni, ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 191–204.

59.- Charlesworth, S. 2010. "A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities." J. Water Clim. Chang 1 (3), 165–180.

60.- Jefferies, C. y Duffy, A. 2011. SWITCH "Transition Manual." SWITCH Project. University of Abertay. http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W1_3_GEN_MAN_D1.3.4_SWITCH_Transition_Manual.pdf.

61.- Charlesworth, S. M. y Warwick, F. 2012. "Adapting and mitigating floods using Sustainable Drainage (SUDS)". In: Flood Hazards, Impacts and Responses for the Built Environment (J. Lamond, C. Booth, F. Hammond y D. Proverbs, eds). Q4 Taylor and Francis CRC Press, pp. 207–234.

62.- D'Arcy, B. y Perales-Momparler S. 2013. "What to do about the rain in Spain? Developments in sustainable drainage techniques". Water 21. October 2013. International Water Association (IWA).

63.- Aguas de Valencia 2013. "E2STORMED, Nuevo proyecto europeo para mejorar la eficiencia energética en la gestión del agua urbana". "Aguas de Valencia" Noviembre. y en "Agua" num.5. Pp. 20-23.



TIPOLOGÍAS DE SuDS

ANEXO

- CUBIERTAS VEGETADAS.
- INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA.
- DEPÓSITOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA.
- PAVIMENTOS PERMEABLES.
- POZOS DE INFILTRACIÓN.
- ZANJAS DE INFILTRACIÓN.
- SISTEMAS GEOCELULARES.
- ÁREAS DE BIORRETENCIÓN.
- JARDÍN DE LLUVIA y JARDINERAS.
- SUELOS ESTRUCTURALES.
- FRANJAS FILTRANTES.
- ZANJAS DRENANTES.
- CUNETAS VEGETADAS.
- ÁREAS DE INFILTRACIÓN.
- ZONAS DE DETENCIÓN.
- ESTANQUES DE RETENCIÓN.
- HUMEDALES ARTIFICIALES.

CUBIERTAS VEGETADAS

Las cubiertas vegetadas o techos verdes (del inglés green roofs) son, como su propio nombre indica, cubiertas que están total o parcialmente cubiertas con vegetación. Son sistemas multicapa compuestos por un suelo con vegetación sobre una lámina impermeable. También pueden incluir otras capas como una barrera para las raíces y sistemas de drenaje y riego. Las cubiertas vegetadas producen varios beneficios en el edificio como absorber el agua de lluvia, proporcionar aislamiento térmico, crear un hábitat y disminuir las temperaturas urbanas, mitigando el efecto "isla de calor". Las cubiertas vegetadas se pueden dividir en dos grupos:

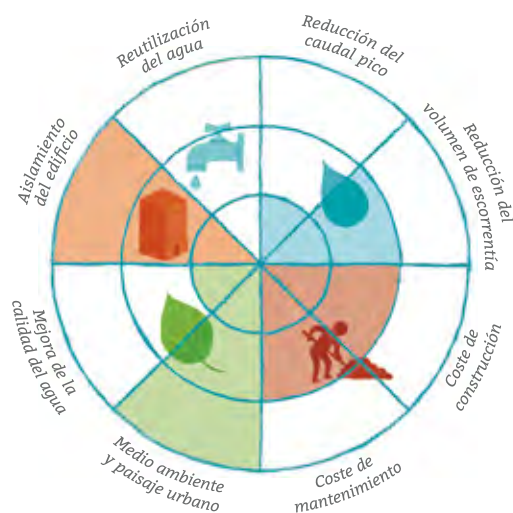
- **Cubiertas intensivas:** son más gruesas y pueden albergar una gran variedad de plantas, aunque son más pesadas y requieren más mantenimiento.

- **Cubiertas extensivas:** están cubiertas por una fina capa de vegetación y son más ligeras que las cubiertas vegetadas intensivas. Este es el tipo que se usa generalmente para la gestión del agua de lluvia.

Con las cubiertas vegetadas, el agua se almacena en el sustrato y posteriormente es absorbida por las plantas para posteriormente regresar a la atmósfera a través de la evapotranspiración. Cuando la tierra se empapa de agua durante la lluvia, el agua sobrante pasa hacia la capa de drenaje y se descarga a través de las bajantes.



Cubierta vegetada en Benaguasil (Valencia).



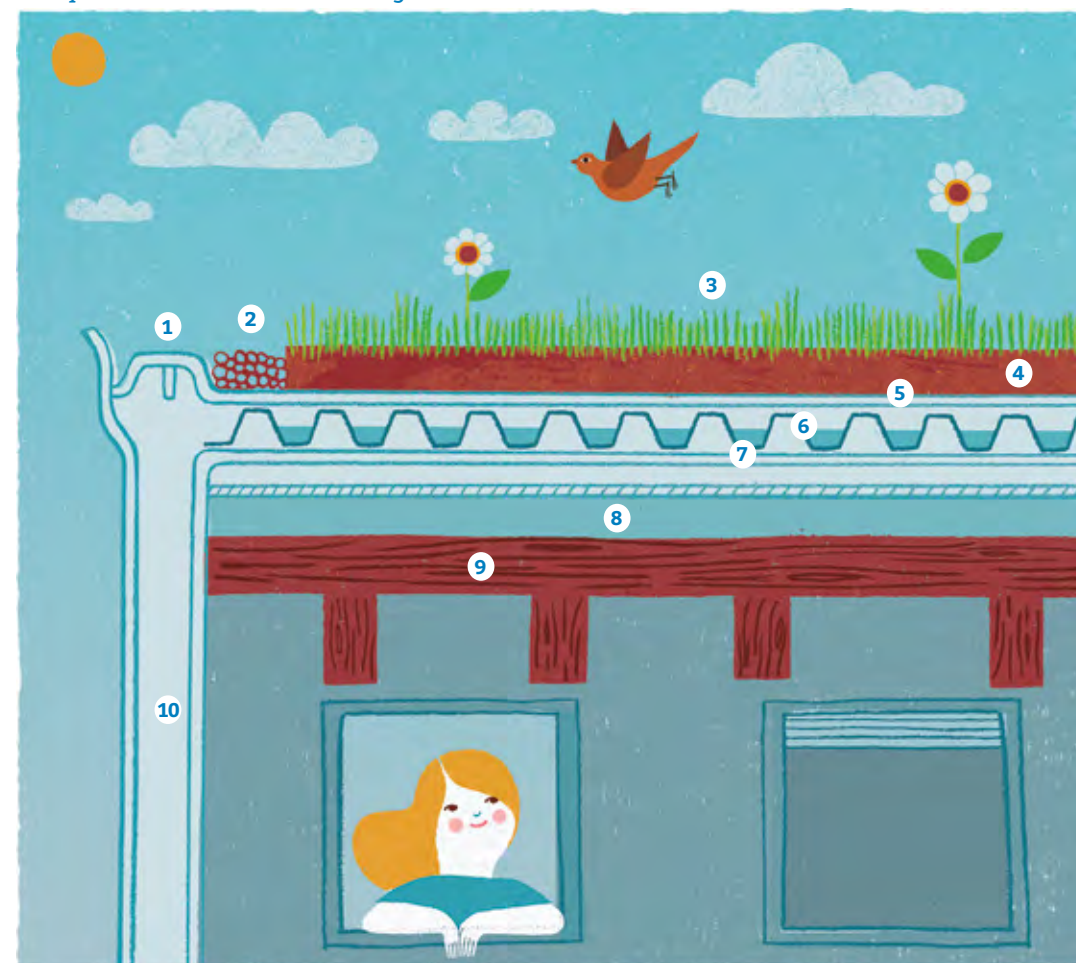
LIMITACIONES

- Dificultad de implantación en las cubiertas muy inclinadas (>20° de pendiente).
- La estructura del edificio pueden necesitar ser reforzada para soportar el incremento en las cargas.
- Un sistema de riego podría ser necesario para mantener la vegetación durante períodos secos

BENEFICIOS

- Proporcionan aislamiento térmico, por lo que puede disminuir los costes de refrigeración y calefacción.
- Aumentan la vida útil de la cubierta.
- Proporcionan aislamiento acústico
- Reducen el efecto de "isla de calor" de los entornos urbanos.
- Proporcionan un hábitat e incrementa la biodiversidad en la ciudad.
- Mejoras en términos estéticos y recreacionales.
- Disminuyen el volumen de escorrentía y atenúa los caudales pico.

Componentes de una cubierta vegetada.



- 1.- Filtro de hojas.
- 2.- Grava.
- 3.- Vegetación.
- 4.- Sustrato.
- 5.- Lámina geotextil filtrante.

- 6.- Drenaje/almacenamiento.
- 7.- Membrana impermeable.
- 8.- Aislante térmico.
- 9.- Estructura.
- 10.- Bajante.

INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA

El agua de lluvia de tejados y superficies impermeables se puede almacenar y reutilizar dentro y alrededor de las viviendas. Con estos sistemas, el agua recogida se usa con fines no potables, como cisternas del baño, lavadoras o riego. Hay tres tipos diferentes de sistemas de aprovechamiento de agua pluvial:

- **Sistema directo:** el agua se bombea desde el depósito de almacenamiento por medio de una bomba sumergible directamente a la instalación del edificio.

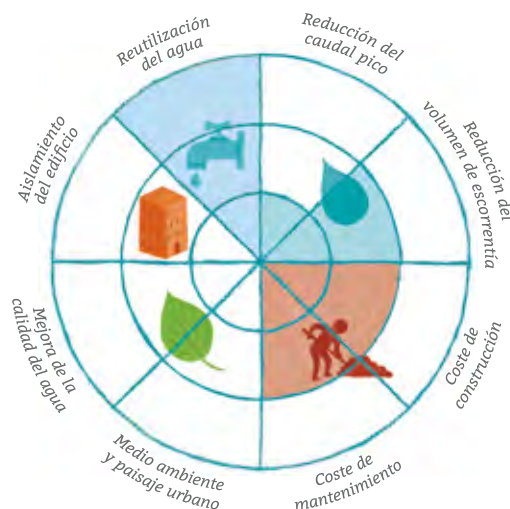
- **Sistema por gravedad:** el agua se bombea desde el depósito de almacenamiento a un depósito colector por medio de una bomba sumergible. Desde ahí se alimenta la instalación por gravedad.

- **Sistema centralizado:** la bomba está situada en el edificio. Cuando se necesita agua, se bombea desde el depósito hasta el edificio, desde donde se suministra a los diferentes usos.

Estas páginas hacen referencia a sistemas complejos de reaprovechamiento de agua de lluvia. El sistema más sencillo de recogida de aguas de lluvia (depósitos de agua) se explica en las siguientes páginas.



Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia en Coventry (Reino Unido).



LIMITACIONES

- Capacidad de almacenamiento limitada.
- Requieren cierta infraestructura de bombeo y elementos hidráulicos.
- Estos sistemas pueden ser complejos y costosos.
- Riesgo para la salud si se bebe directamente esta agua.

BENEFICIOS

- Reducen la cantidad de agua potable utilizada para usos donde no es requerida.
- Evitan que agua relativamente limpia acceda al sistema de alcantarillado, mejorando la operatividad de los sistemas de drenaje.
- Reducen el volumen de escorrentía y el caudal pico.
- Reducen el consumo de agua potable y por lo tanto las necesidades de energía para el bombeo y el tratamiento de esta agua.
- Adecuados cuando la infiltración no es posible

Componentes de una instalación de aprovechamiento de agua de lluvia.



- 1.- Filtro para hojas.
- 2.- Bomba de agua.
- 3.- Apertura para mantenimiento.
- 4.- Agua aprovechada para usos no potables.

- 5.- Desvío de las primeras aguas.
- 6.- Excedente al sistema de drenaje.

PAVIMENTOS PERMEABLES

Los pavimentos permeables proporcionan un suelo adecuado para peatones y vehículos, a la vez que permite una rápida filtración del agua hacia una capa inferior de material granular. Esta capa proporciona un almacenamiento temporal al filtrarse la escorrentía hacia suelos permeables del sustrato y/o a través de drenes. Las dos categorías principales de pavimentos permeables son:

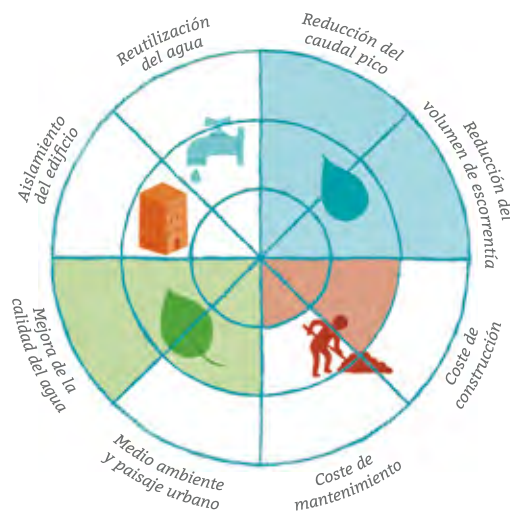
- **Asfalto y hormigón permeables:** similares al asfalto y hormigón convencional en estructura y forma, salvo que se ha excluido el agregado fino (arena y materiales más finos). Las capas superiores son más gruesas que en la pavimentación tradicional para lograr la estabilidad necesaria.

- **Pavimento permeable:** unidades estructurales, como bloques de hormigón, ladrillos o geoceldas de poliuretano reforzado, con huecos regulares, usados para crear una superficie pavimentada que soporte carga. Las zonas huecas se rellenan de material permeable (grava, arena, o césped) para crear un sistema que permite la infiltración de la escorrentía.

Los pavimentos permeables eliminan de manera eficaz tanto los contaminantes solubles como de partículas ya que quedan atrapados, absorbidos o descompuestos en las sucesivas capas de grava.



Pavimento permeable en Benaguasil (España).



LIMITACIONES

- No son adecuados para viarios con altas cargas de tráfico o con velocidades altas.
- Los costes de mantenimiento pueden ser mayores que para el pavimento convencional.
- La capacidad de infiltración del suelo debe ser comprobada.

BENEFICIOS

- Reducen el volumen de escorrentía y el caudal pico.
- Mejoran la calidad del agua mediante la eliminación de los sedimentos, la materia orgánica y los metales pesados.
- Permiten la recarga de acuíferos si el suelo inferior es suficientemente permeable.
- Pueden mejorar la seguridad en la conducción al reducir los charcos.
- Los costes de construcción son comparables e incluso inferiores a los del pavimento convencional.
- Pueden mejorar la seguridad en la conducción al reducir los charcos.

Componentes de un pavimento permeable



- | | |
|---|--|
| 1.- Pavimento permeable. | 4.- Capa de almacenamiento con gravas gruesas. |
| 2.- Capa de apoyo de arenas gruesas o gravas finas. | 5.- Suelo natural. |
| 3.- Capa de transición con gravas medias. | 6.- Infiltración cuando sea posible. |

POZOS DE INFILTRACIÓN

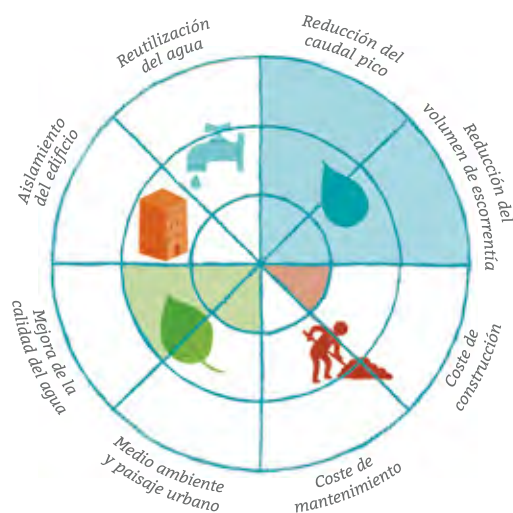
Un pozo de infiltración, llamado también “pozo seco”, es una estructura subterránea de almacenamiento sin salida alguna, salvo la infiltración al terreno. Los pozos de infiltración captan la escorrentía y permiten que se infiltre en el suelo colindante para recarga de las aguas subterráneas, igual que las zanjas de infiltración. No obstante, mientras las zanjas de infiltración tienden a ser zanjas largas y estrechas en la superficie, los pozos se perforan verticalmente en el suelo. Hay dos tipos principales de pozo de infiltración:

- **Pozos de infiltración sin revestir:** son pozos rellenos de grava o escollera. Estos pozos resisten el hundimiento pero su capacidad de almacenamiento es limitada porque la columna central está rellena de piedra triturada. Estos pozos de infiltración se suelen atascar con sedimentos a largo plazo, pero su construcción es más económica.

- **Pozos de infiltración revestidos:** normalmente se contienen gracias a un cilindro de hormigón armado con paredes perforadas en el fondo, lo que permite una gran capacidad de almacenamiento. Los pozos de infiltración revestidos difieren de las áreas de infiltración por ser subterráneos y generalmente más pequeños.



Construcción de un pozo de infiltración en Barcelona (España).



LIMITACIONES

- No aptos en suelos no adecuados para la infiltración.
- Construcción potencialmente costosa en áreas urbanas densas ya que son subterráneos.

BENEFICIOS

- Reducen el volumen de escorrentía y atenúa el caudal pico.
- Mejoran la calidad del agua eliminando nutrientes, sedimentos y materia orgánica.
- Mejoran la recarga de acuíferos.
- No ocupan apenas espacio.
- No tienen impacto visual.
- Fácil construcción y mantenimiento.

Componentes de un pozo de infiltración



- 1.- Bajante del tejado.
- 2.- Cimientos del edificio.
- 3.- Rebosadero.
- 4.- Bloque dissipador de energía.
- 5.- Abertura de inspección visual.
- 6.- Cobertura de resguardo.
- 7.- Profundidad mínima de 0,65 m.
- 8.- Diámetro normalmente de 0,6 a 1,5 m.
- 9.- Terreno que permita infiltración.
- 10.- Lámina geotextil.
- 11.- Áridos gruesos.

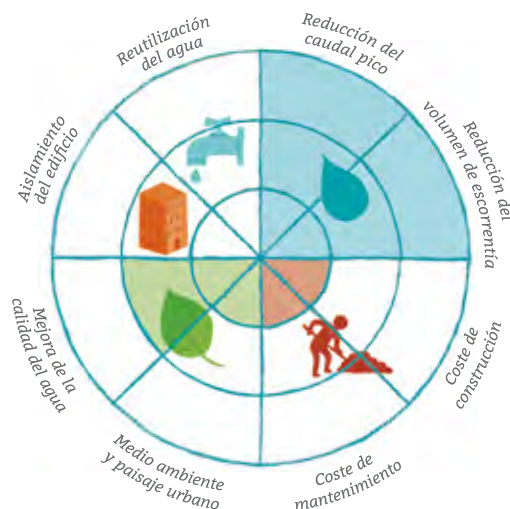
ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Una zanja de infiltración es una zanja poco profunda en suelo permeable que se rellena de material drenante y se reviste de geotextil. La superficie de la zanja puede recubrirse de hierba, piedra, arena o vegetación. Captan el agua de la escorrentía durante una avenida, la almacenan en los espacios huecos dentro de las piedras y la liberan al suelo por infiltración. Al desviar la escorrentía al suelo, una zanja de infiltración no sólo trata el volumen y calidad del agua, sino que, además, ayuda a preservar el equilibrio natural del agua en su entorno y puede recargar la capa freática y preservar el caudal base. Las zanjas de infiltración están limitadas a suelos con alta permeabilidad donde el nivel freático está localizado claramente por debajo de la base de la zanja. Gracias a la utilización de las propiedades naturales de los suelos, las zanjas de infiltración permiten eliminar una gran variedad de contaminantes a través de la adsorción, precipitación, filtrado y degradación química y bacteriológica.

Las zanjas de infiltración se suelen combinar con otros SuDS, potenciando los beneficios cuando funcionan conjuntamente. Es bastante habitual que las zanjas de infiltración se combinen con cunetas vegetadas o con franjas filtrantes, aumentando de esta forma su vida útil.



Zanja de infiltración en Hamburgo (Alemania).



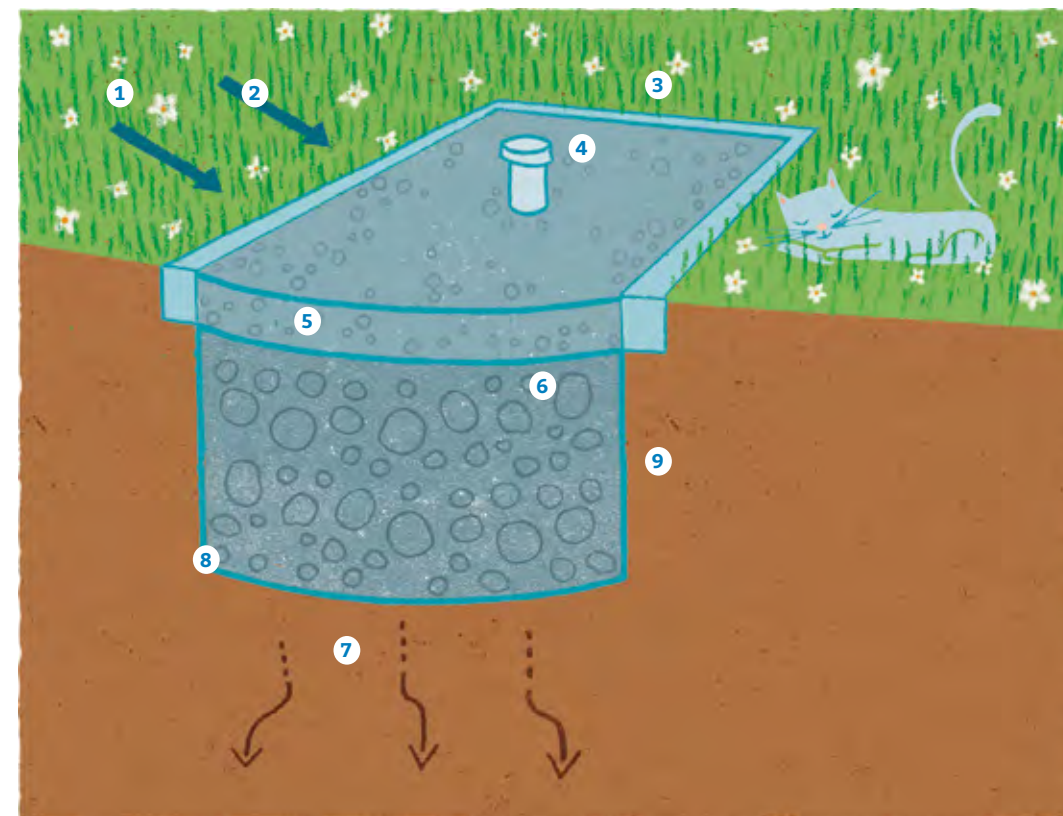
LIMITACIONES

- Limitadas a cuencas relativamente pequeñas.
- No aptas en suelos no adecuados para la infiltración.
- Han fallado históricamente por culpa de una ubicación inadecuada, un mantenimiento defectuoso o un mal diseño.
- Es difícil detectar la contaminación y colmatación de los materiales granulares.

BENEFICIOS

- Reducen el volumen de escorrentía y el caudal pico.
- Mejoran la calidad del agua mediante la eliminación de los sedimentos, la materia orgánica y los metales pesados.
- Permiten la recarga de acuíferos si el suelo inferior es suficientemente permeable.

Componentes de una zanja de infiltración.



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1.- Sistema de pre-tratamiento. | 6.- Gravas gruesas. |
| 2.- Flujo superficial. | 7.- Terreno con capacidad de infiltración. |
| 3.- Ancho de la zanja. | 8.- Lámina geotextil. |
| 4.- Abertura de inspección visual. | 9.- Profundidad 1-2 m. |
| 5.- Gravas finas. | |

SISTEMAS GEOCELULARES

Los sistemas geomodulares o geocelulares son estructuras modulares de plástico con una gran proporción de huecos que se puede aprovechar para crear una estructura de infiltración al subsuelo o de almacenamiento. Este sistema puede soportar carga de tráfico, por lo que se pueden instalar en caminos y aparcamientos de coches y zonas recreativas o cualquier otro espacio público al aire libre. Los sistemas geomodulares pueden contribuir a la gestión de la escorrentía de dos maneras:

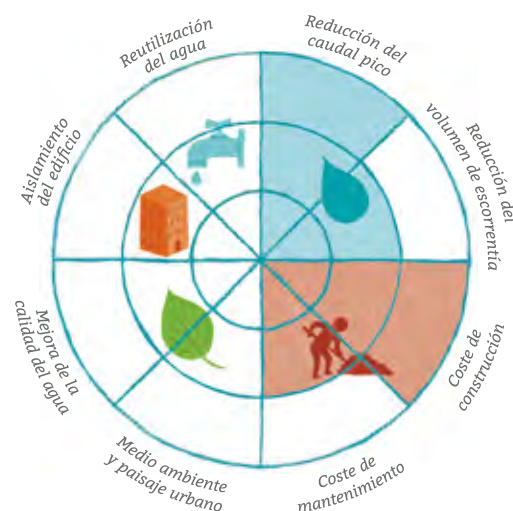
- **Facilitando la infiltración:** si la estructura de almacenamiento está recubierta de geomalla permeable que permite al agua de lluvia infiltrarse en el subsuelo.

- **Creando volúmenes de almacenamiento:** cuando la estructura está recubierta de una robusta geomalla impermeable que proporciona almacenamiento para la escorrentía. Esta opción es adecuada cuando las condiciones del terreno no son las apropiadas para la infiltración, en cuyo caso actúa como estructura de detención.

La escorrentía puede entrar en estos sistemas geocelulares a través de la infiltración desde una superficie permeable o a través de una tubería de entrada. En este último caso, la escorrentía debe ser previamente filtrada para evitar la sedimentación.



Construcción de sistema geocelular en Oleiros (España).



LIMITACIONES

- No se produce tratamiento del agua.
- Pueden producir problemas estructurales a otros edificios.
- Altos costes de excavación e instalación.
- No tienen beneficios para el paisaje urbano.
- Las estructuras pueden flotar si el nivel freático está alto.
- La infiltración solo se puede realizar en suelos adecuados.

BENEFICIOS

- Modular y muy flexible.
- Índice de huecos muy elevado (hasta 96%), proporcionando una alta capacidad de almacenamiento.
- Material ligero y fácil de instalar.
- Capacidad estructural y resistencia a agentes químicos a largo plazo.
- La infiltración puede reducir los volúmenes de escorrentía de manera significativa.
- Cuando permiten la infiltración, recargan los acuíferos.
- Atenúan los caudales pico.

Componentes de un sistema geocelular.



- 1.- Bloques de plástico.
- 2.- Geotextil permeable.
- 3.- Gravas o material granular.
- 4.- Geotextil permeable.
- 5.- Infiltración cuando es posible.
- 6.- Pavimento permeable.
- 7.- Conducto de rebose.

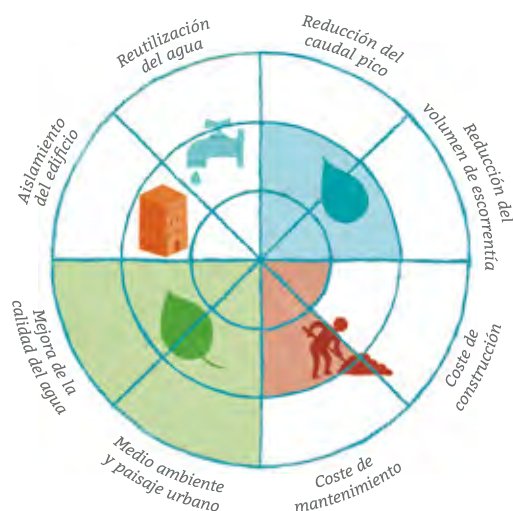
ÁREAS DE BIORRETENCIÓN

Las áreas de biorretención son depresiones poco profundas cubiertas de vegetación y que dependen de ésta y de los suelos originales o agregados para capturar, infiltrar, transpirar y eliminar los contaminantes de la escorrentía, reduciendo así el volumen de agua de lluvia, atenuando el caudal pico y mejorando la calidad las escorrentías. Las plantas usadas son autóctonas, adaptadas a las condiciones climáticas y de humedad del suelo del lugar y pueden aguantar inundaciones periódicas. En zonas de biorretención, los espacios porosos, los microbios y el material orgánico en los suelos preparados ayudan a retener el agua en la forma de humedad del suelo y facilitar la adsorción de contaminantes en la matriz del suelo. Las plantas aprovechan la humedad del suelo y ayudan a que el suelo se seque a través de la transpiración.

Para zonas poco permeables o no adecuadas para la infiltración, estas zonas pueden diseñarse con un tubo de drenaje para transportar el agua de lluvia. En estos casos, la mejora de la calidad del agua de lluvia se realiza a través de la adsorción y la filtración en la vegetación y los suelos. Si no se incluye un tubo de drenaje, el agua almacenada en el área de biorretención acaba infiltrándose en el suelo al cabo de unos días.



Área de biorretención en Washington D.C. (EE.UU).



LIMITACIONES

- Requieren mantenimiento constante para conservar las cualidades estéticas.
- No adecuados para zonas con grandes pendientes, excepto si se ejecutan en forma de terrazas.
- La infiltración solo se puede realizar en suelos adecuados.

BENEFICIOS

- Fácil instalación y no muy costosa.
- Aptos para un amplio rango de lugares y tamaños.
- Pueden reducir el volumen de escorrentía, si es posible la infiltración, atenuando los caudales pico.
- Mejoran la calidad del agua y el aire.
- Incrementan las superficies permeables en áreas muy urbanizadas.
- Proporcionan un hábitat e incrementa la biodiversidad en la ciudad.
- Facilitan la recarga de acuíferos (si permiten la infiltración).
- Facilitan la evapotranspiración.

Componentes de una área de biorretención.



- | | |
|--|--|
| 1.- Acera o bordillo cortado para facilitar el paso de agua. | 4.- Suelo acolchado de jardín. |
| 2.- Vegetación resistente a períodos húmedos y secos. | 5.- Suelo adecuado para retener y tratar agua. |
| 3.- Profundidad de almacenamiento superficial de agua. | 6.- Dren perforado si es necesario. |
| | 7.- Infiltración cuando sea posible. |

JARDÍN DE LLUVIA y JARDINERAS

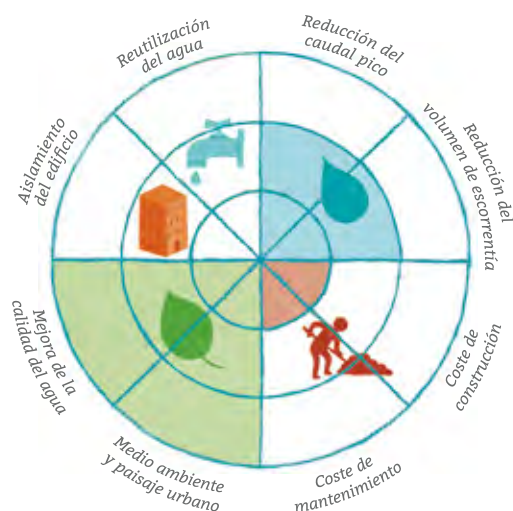
Los jardines de lluvia son el tipo más sencillo de área de biorretención y se utilizan normalmente en viviendas unifamiliares y alrededor de edificios públicos (pueden ser instrumentos educativos muy útiles). Son depresiones con vegetación que aportan almacenamiento, infiltración y evapotranspiración. Los jardines de lluvia también eliminan los contaminantes al filtrar la escorrentía a través de las plantas adaptadas a las condiciones climáticas y de humedad del suelo del lugar.

En los jardines de lluvia los espacios porosos, los microbios y el material orgánico en los suelos preparados ayudan a retener el agua en la forma de humedad del suelo y facilitar la adsorción de contaminantes en la matriz del suelo. Las plantas aprovechan la humedad del suelo y ayudan a que el suelo se seque a través de la transpiración. El agua almacenada en los jardines de lluvia acaba infiltrándose en el suelo al cabo de unos días. Las bajantes de los tejados se pueden dirigir directamente hacia los jardines de lluvia para almacenar y filtrar agua de lluvia.

En zonas urbanas densas, estos jardines pueden instalarse en **jardineras**.



Jardinera en Washington D.C. (EE.UU).



LIMITACIONES

- Requieren mantenimiento constante para conservar las cualidades estéticas.
- No adecuados para zonas con grandes pendientes.
- La infiltración solo se puede realizar en suelos adecuados.

BENEFICIOS

- Fácil instalación y no muy costosa.
- Aptos para un amplio rango de lugares y tamaños.
- Pueden reducir el volumen de escorrentía si es posible la infiltración y atenúan los caudales pico.
- Mejoran la calidad del agua y el aire.
- Proporcionan un hábitat e incrementa la biodiversidad en la ciudad.
- Alto potencial para zonas ya urbanizadas.
- Pueden ser diseñados dentro del paisaje urbano.
- Facilitan la recarga de acuíferos (si permiten la infiltración).
- Facilitan la evapotranspiración.

Componentes de un jardín de lluvia.



- 1.- Agua desde superficie impermeable.
- 2.- Bloque dissipador de energía.
- 3.- Separación suficiente de la cimentación.
- 4.- Ancho mínimo (más de 2 m.)
- 5.- Vegetación resistente a períodos húmedos y secos.
- 6.- Profundidad entre 15 y 30 cm
- 7.- Infiltración al subsuelo.
- 8.- Tierra vegetal.



Componentes de una jardinera.

- 1.- Agua desde superficie impermeable.
- 2.- Vegetación resistente a períodos húmedos y secos.
- 3.- Tierra vegetal.
- 4.- Sistema de reboso.

SUELOS ESTRUCTURALES

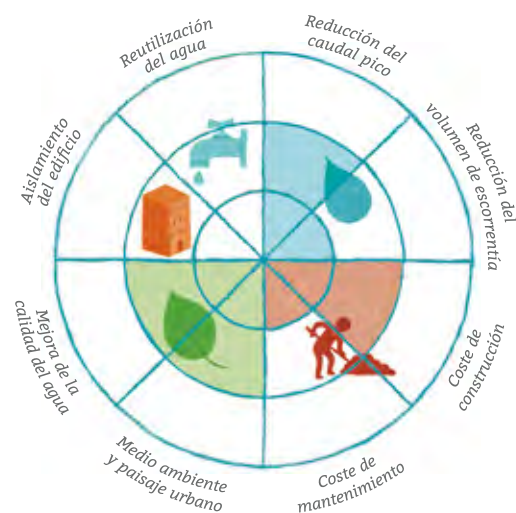
Los suelos estructurales son suelos creados de forma artificial que tiene múltiples funciones: permiten el desarrollo de las raíces del árbol, tienen capacidad resistente e incrementan el volumen disponible para almacenar la escorrentía.

Los principales problemas para el crecimiento de árboles en zonas urbanas densas son la falta de espacio para el desarrollo de las raíces y las condiciones pobres del suelo. En las zonas urbanas, los suelos bajo el pavimento están normalmente muy compactados para soportar las cargas necesarios y cumplir con los estándares de diseño. Estas condiciones perjudican al crecimiento de las raíces y reducen la presencia de nutrientes, oxígeno y agua para las plantas.

Los suelos estructurales están compuestos por gravas con graduación discontinúa, suelo arcilloso y en algunos casos, un hidrogel estabilizante. Este material puede ser compactado para satisfacer las propiedades resistentes necesarias. El suelo estructural crea una matriz con huecos donde se puede almacenar el aire y el agua, permitiendo el crecimiento de las raíces y el almacenamiento temporal del agua de lluvia.



Suelo estructural en Washington D.C. (EE.UU).



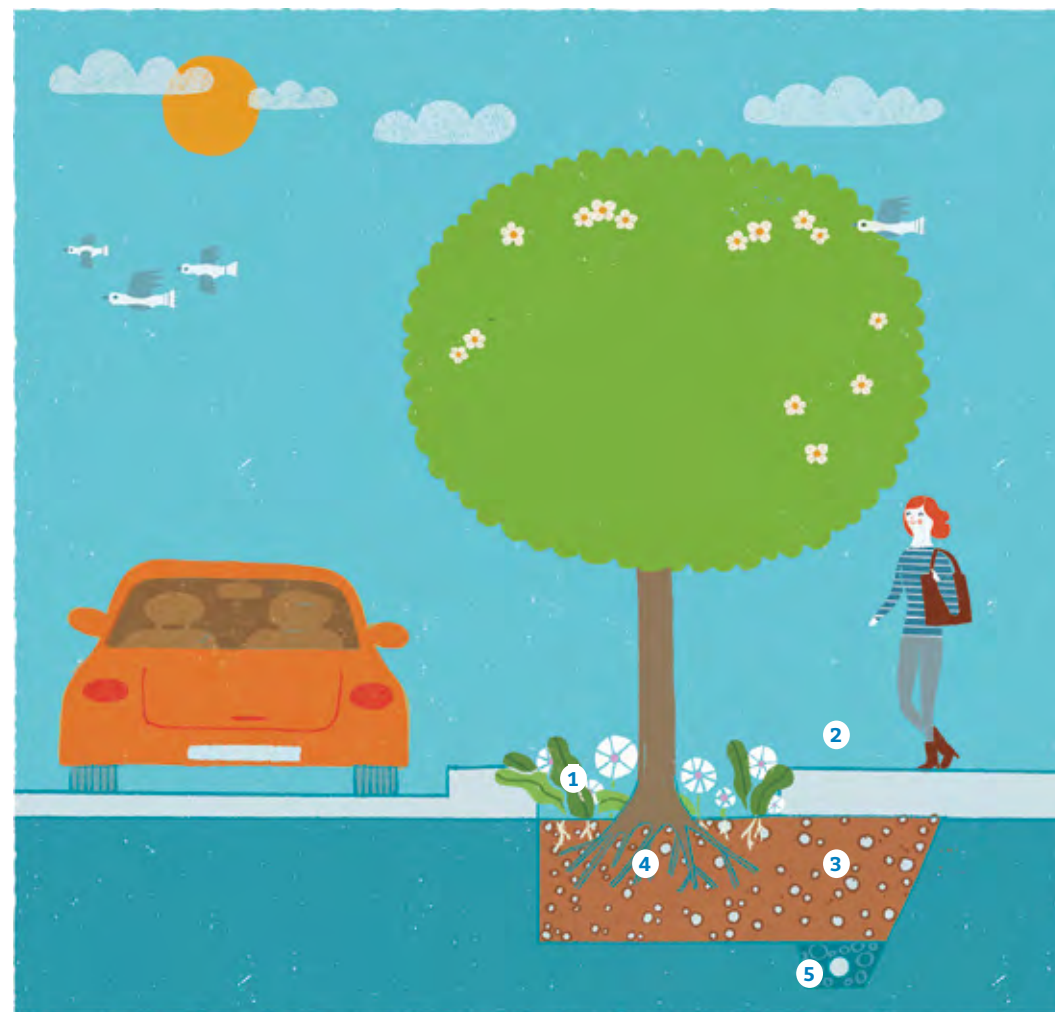
LIMITACIONES

- Incrementan el coste de instalación de los árboles.
- No se produce una gran reducción del volumen de escorrentía.

BENEFICIOS

- Fácil integración en el paisajismo de la ciudad.
- Atenúan los caudales pico de la escorrentía.
- Mejoran la calidad del agua y el aire.
- Permiten un crecimiento más sano de los árboles e incrementan la biodiversidad en la ciudad.
- Evitan que las raíces rompan el pavimento.
- Adecuados para zonas donde no es posible la infiltración.

Componentes de una zona de vegetación con suelo estructural.



- 1.- Rejilla para proteger el árbol.
- 2.- Acera.
- 3.- Suelo estructural.

- 4.- Desarrollo de raíces del árbol.
- 5.- Tubería ranurada de drenaje.

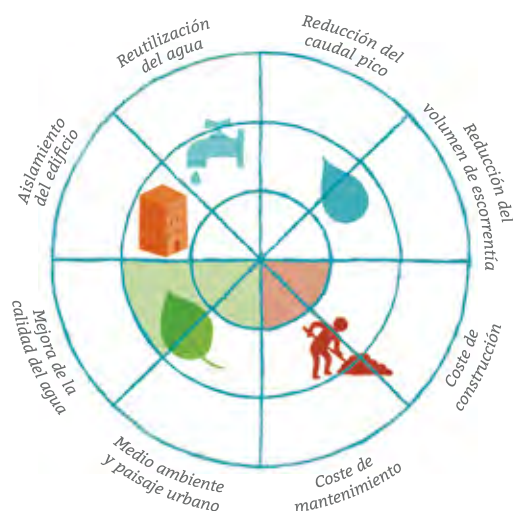
FRANJAS FILTRANTES

Las franjas filtrantes son franjas de suelo vegetadas diseñadas para tratar la escorrentía de superficies impermeables adyacentes o zonas intensamente ajardinadas. Normalmente son instalaciones lineares que discurren en paralelo a la superficie impermeable y generalmente sirven para recibir la escorrentía de aceras y paseos y calles. Las franjas están cubiertas por vegetación como hierba o arbustos que filtran y disminuyen la escorrentía. Al circular por estas franjas, la escorrentía puede infiltrarse al subsuelo. Las franjas filtrantes generalmente son muy eficaces a la hora de capturar los sedimentos y partículas de metales, nutrientes y plaguicidas.

Existen dos tipos diferentes de diseños de franjas filtrantes: una sencilla franja y un diseño que incluye una berma permeable en el fondo. La presencia de la berma incrementa el tiempo de contacto con la escorrentía, reduciendo así la anchura total de la franja filtrante necesaria para tratar la escorrentía. Las franjas filtrantes tienen que diseñarse para soportar los eventos de lluvia de todo tipo de intensidad sin sufrir erosión.



Franja filtrante que conduce el agua a una cuneta vegetada en Escocia.



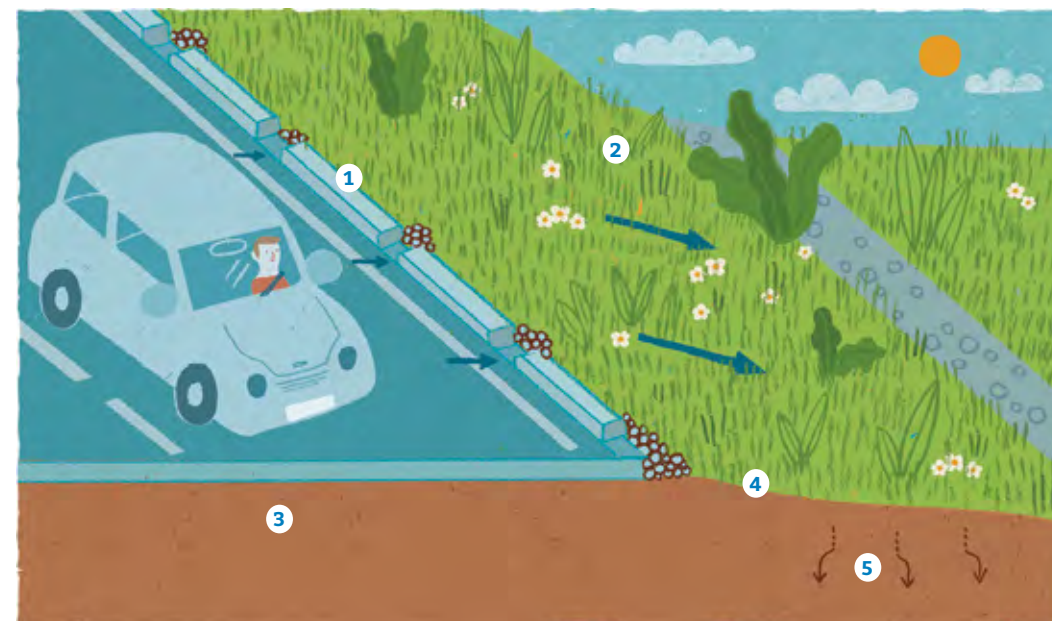
LIMITACIONES

- Necesitan bastante espacio para su construcción.
- No apropiadas en lugares industriales o muy contaminados.
- En lugares muy inclinados no resultan apropiadas.
- Mínima reducción de volúmenes de agua de lluvia.
- En épocas secas pueden necesitar riego.
- Los contaminantes pueden acumularse en la vegetación.
- La infiltración solo se puede realizar en suelos adecuados.

BENEFICIOS

- Mejoran la calidad del agua.
- Sirven de pretratamiento previo a la entrada del agua en otros SuDS.
- Atenúan los caudales pico y pueden permitir la recarga de acuíferos.
- Se adaptan muy bien para ser construidos junto a carreteras.
- Mejoran el paisaje urbano.
- Fácil de construir y con costes reducidos de mantenimiento.

Componentes de una franja filtrante.



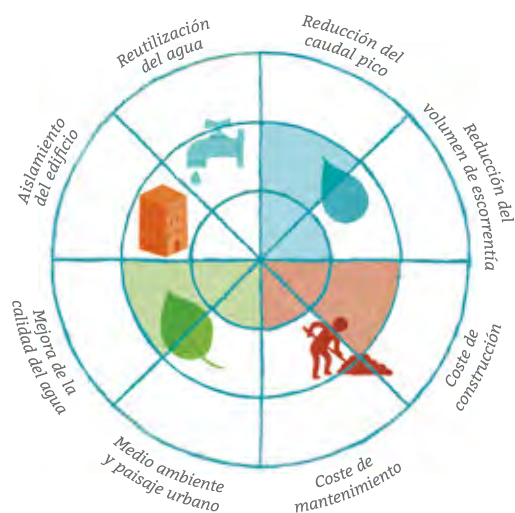
- 1.- Bordillos discontinuos que permiten el paso del agua.
- 2.- Vegetación con pendiente inferior al 10%.

- 3.- Ancho de pavimento (normalmente 18 m. máximo).
- 4.- Ancho vegetación (se aconseja 4,5 m mínimo).
- 5.- Infiltración donde sea viable.

ZANJAS DRENANTES

Las zanjas drenantes son zanjas llenas de grava que captan y filtran los contaminantes la escorrentía. La zanja está rellena de material filtrante granular y a menudo cuenta con un conducto perforado en el fondo para captar el agua. Los drenes filtrantes se sitúan preferiblemente adyacentes a superficies impermeables como aparcamientos o carreteras. Se utilizan comúnmente para drenar carreteras y se suelen ver a lo largo de las principales vías.

El conducto perforado no es necesario a lo largo de toda la zanja, sino sólo cerca del final de la instalación. Idealmente debería incorporarse un sistema pre-tratamiento (como una franja filtrante o zona vegetada) para incrementar la vida útil del sistema. Un exceso de caudal durante un evento de lluvias intensas se puede resolver dirigiendo el exceso de caudal hacia cunetas vegetadas o a otras partes del sistema de drenaje.



LIMITACIONES

- Se han colocado junto a autopistas pero tienen una alta tasa de fallo debido a un mal mantenimiento.
- Es difícil detectar la contaminación y colmatación de los materiales granulares.
- Limitado a áreas de drenaje relativamente pequeñas.
- La infiltración solo se puede realizar en suelos adecuados.

BENEFICIOS

- Mejoran la calidad del agua eliminando nutrientes, sedimentos, materia orgánica y metales.
- Se integran fácilmente en el paisaje y son de fácil incorporación junto al viario.
- Reducen de forma significativa el caudal pico de la escorrentía.
- Reducen la carga de contaminantes.



Zanja drenante en Crevillent (España).

Componentes de una zanja drenante.



- 1.- Sistema de pre-tratamiento.
- 2.- Flujo superficial.
- 3.- Ancho.
- 4.- Abertura de inspección visual.
- 5.- Gravas finas.

- 6.- Gravas gruesas.
- 7.- Tubería dren perforada.
- 8.- Infiltración si es posible.
- 9.- Filtro de geotextil.
- 10.- Profundidad de 1 a 2,5 m.

CUNETAS VEGETADAS

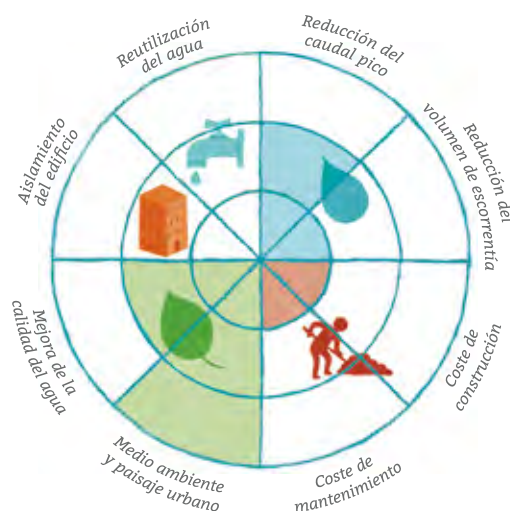
Las cunetas vegetadas son canales anchos, poco profundos diseñados para canalizar y filtrar o infiltrar la escorrentía. La vegetación se coloca a lo largo y el fondo del canal y sirve para reducir el caudal de la escorrentía mediante la infiltración, mejorar la calidad del agua mediante la infiltración y el filtrado vegetativo y reducir la velocidad de la escorrentía al incrementar la longitud de los recorridos del agua y la rugosidad del canal.

Las cunetas vegetadas se pueden diseñar como parte del sistema de transporte del agua pluvial y potencialmente puede eliminar la necesidad de imbornales y alcantarillas. También sirven para absorber la escorrentía de carreteras y autopistas dada su naturaleza lineal. Las cunetas vegetadas pueden conectarse a muchas otras medidas de tratamiento, como estanques, áreas de infiltración y humedales. Pueden reducir considerablemente el volumen de escorrentía en suelos muy permeables.

Las cunetas vegetadas se diseñan con un talud tendido para obligar a que la velocidad del agua sea lenta y las partículas puedan sedimentar, limitando así los efectos de la erosión. Las bermas instaladas transversalmente a la corriente facilitan la sedimentación y la infiltración.



Cuneta vegetada en Leicester (Inglaterra).



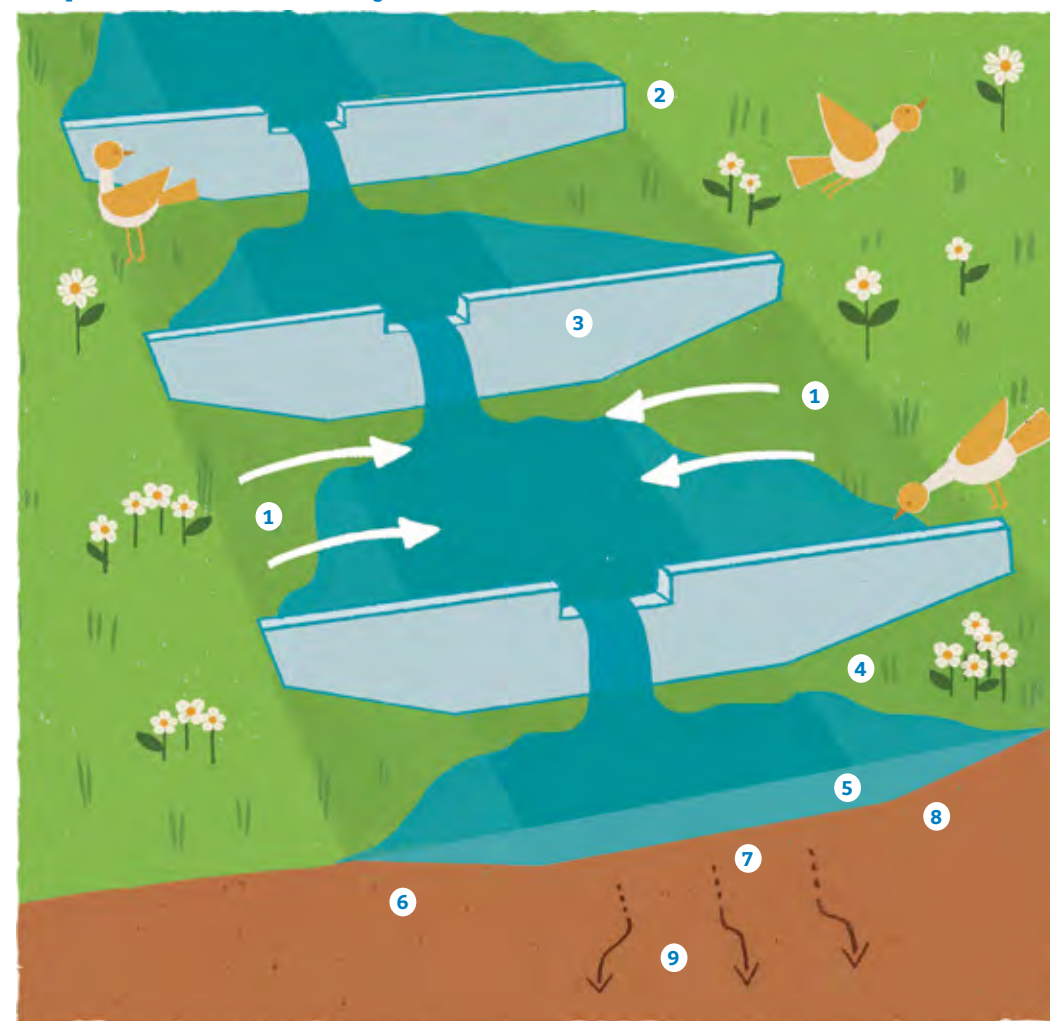
LIMITACIONES

- No pueden implementarse en zonas muy llanas o en suelos fácilmente erosionables.
- No son muy eficaces en la eliminación de contaminantes disueltos y bacterias.
- Limitan las oportunidades de plantación de árboles con fines paisajísticos.

BENEFICIOS

- Reducción del volumen de escorrentía y disminución del caudal punta.
- Mejora de la calidad del agua mediante la retención de partículas en suspensión y trazas de metales.
- Mejora de la biodiversidad en el entorno urbano.
- Bajos costes de instalación y fácil mantenimiento.
- Mejora la calidad del aire y el entorno visual.

Componentes de una cuneta vegetada.

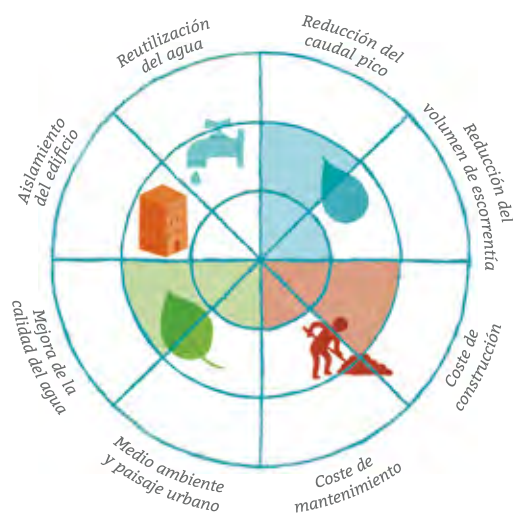


- 1.- Escorrentía urbana.
- 2.- Máxima pendiente recomendada 5%.
- 3.- Terrazas intermedias cuando pendiente mayor que 5%.
- 4.- Altura de la hierba en torno a 15 cm
- 5.- Forma trapezoidal.
- 6.- Altura para tratamiento del agua aproximadamente 2/3 de la altura de la hierba.
- 7.- Ancho máximo recomendado del canal 3 m.
- 8.- Pendiente lateral 3:1 como máximo (H:V).
- 9.- Infiltración si es posible.

ÁREAS DE INFILTRACIÓN

Las zonas vegetadas de infiltración son depresiones del terreno poco profundas de fondo plano que se usan para recoger el agua de lluvia, permitiendo que los contaminantes sedimenten y se filtren según el agua se infiltra en el subsuelo. La escorrentía forma charcos temporales en la superficie de la depresión y posteriormente se infiltra. La eliminación de los contaminantes se consigue por procesos naturales en el suelo, como filtración, absorción o adsorción y transformaciones biológicas.

Estas zonas se construyen mediante la creación de pendientes en las zonas vegetadas. El agua fluye a esta zona por medio de una tubería de entrada o por la escorrentía generada por superficies impermeables adyacentes. Allí se almacena temporalmente hasta que se infiltra. Estas zonas a menudo proporcionan una infiltración total en eventos de lluvia de baja intensidad. Pueden tener un tamaño mayor para poder infiltrar tormentas más intensas en aquellas zonas en las que los suelos son permeables o pueden desbordar a un punto de descarga apropiado.



LIMITACIONES

- Requieren la ocupación de grandes áreas.
- No son adecuados para suelos con baja capacidad de infiltración.
- Altos ratios de fallos potenciales debido a una mala localización, un mal diseño o falta de mantenimiento, especialmente si no se incorpora ningún tipo de pretratamiento.

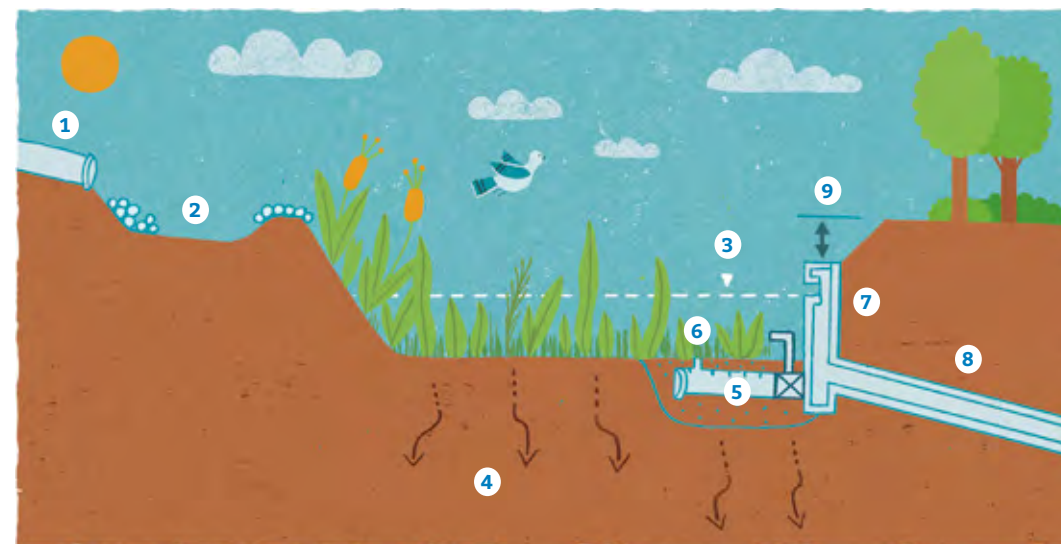
BENEFICIOS

- Mejora de la calidad de agua eliminando sedimentos, nutrientes, materia orgánica y trazas de metales.
- Reducción de la escorrentía mediante la infiltración.
- Mejoran la recarga de acuíferos.
- Buena adaptabilidad al paisaje urbano.
- Creación de hábitats y mejora de la biodiversidad de la ciudad.
- Fácil construcción y costes de mantenimiento bajos.
- Los fallos de funcionamiento se observan fácilmente.
- Pueden tratar grandes volúmenes de agua.



Área de infiltración en Cincinnati (EE.UU).

Componentes de un área de infiltración.



- 1.- Entrada.
- 2.- Disipador de energía.
- 3.- Volumen de diseño.
- 4.- Infiltración.
- 5.- Drenes con válvula.
- 6.- Abertura para limpieza del dren (opcional).
- 7.- Estructura de aliviadero.
- 8.- Conducto de salida.
- 9.- Resguardo de 0,3 m. generalmente.

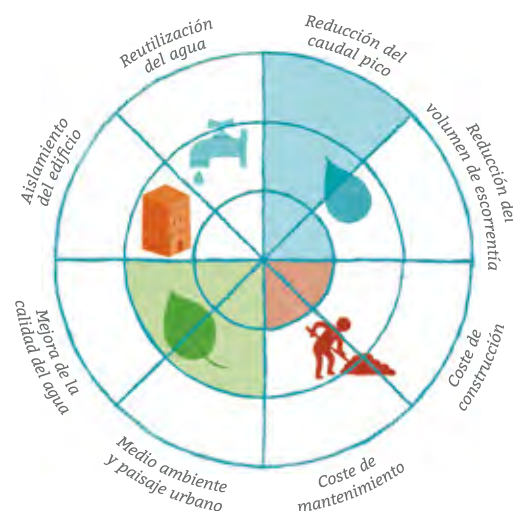
ZONAS DE DETENCIÓN

Las zonas de detención son instalaciones en superficie diseñadas para almacenar temporalmente la escorrentía, reduciendo el caudal y el impacto aguas abajo y proporcionando protección frente a inundaciones. Laminan el caudal punta, para liberar el caudal al cabo de un tiempo. Generalmente las zonas de detención están diseñadas para que se llenen y vacíen en un plazo de 48 h. tras el evento de lluvia. También facilitan la sedimentación de partículas contaminantes. Están diseñados para drenar totalmente tras una tormenta y normalmente están secos entre eventos de lluvia. Si se diseñan con vegetación, estas zonas también pueden ser hábitat para la fauna y mejorar la calidad del aire.

Las zonas de detención pueden construirse como instalaciones “on-line” u “off-line”:

“On-line”: recibe la escorrentía generada en superficies adyacentes durante eventos de tormenta. La salida de agua está limitada, con lo que esta zona se acaba llenando de agua, laminando así la escorrentía.

“Off-line”: generalmente recibe la escorrentía por medio de un desvío, de modo que el exceso de caudal por encima de un umbral determinado se desvía del flujo principal hacia la zona de detención, donde se almacena temporalmente. El agua de la zona de detención se devuelve al sistema principal una vez que el caudal disminuye.



LIMITACIONES

- No hay tratamiento de los contaminantes solubles.
- No se reduce considerablemente el volumen de escorrentía.
- La profundidad del depósito puede quedar limitada por las cotas de los dispositivos de entrada y salida.
- Más adecuados para áreas de más de 2 ha.

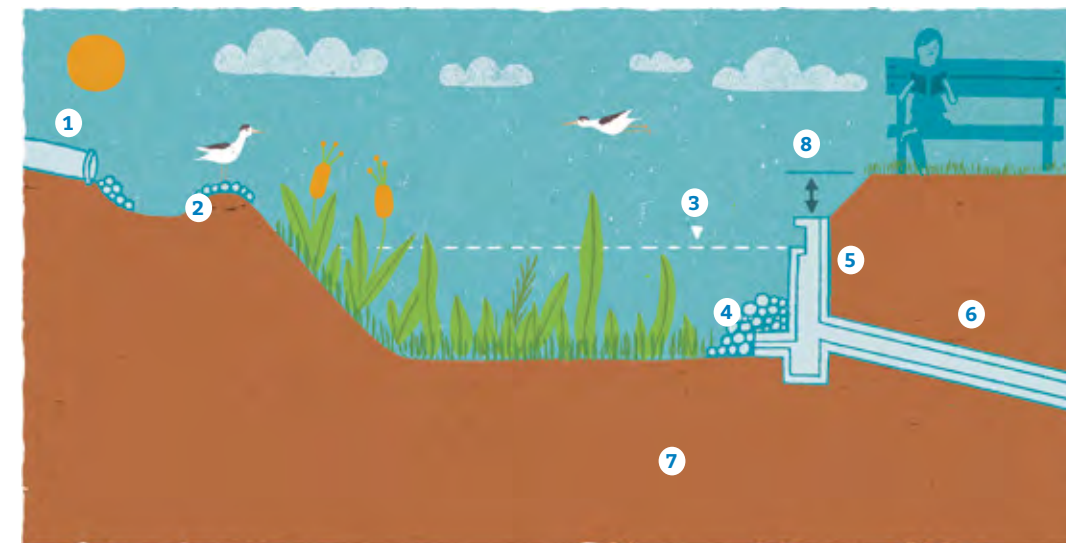
BENEFICIOS

- Reducción del caudal punta.
- Disminución del riesgo de inundación.
- Capaces de adaptarse bien a episodios de precipitación de diferentes magnitudes.
- Cierta mejora de la calidad del agua a través de sedimentación de partículas.
- Costes bajos tanto de construcción como de mantenimiento.
- Ideales para lugares donde la infiltración no es una buena opción.



Zona de detención en Leicester (Inglaterra).

Componentes de una zona de detención.



- 1.- Entrada.
- 2.- Cuenco disipador de energía.
- 3.- Volumen de diseño.
- 4.- Salida filtrada.
- 5.- Estructura de rebose.
- 6.- Salida hacia red de drenaje.
- 7.- Infiltración donde sea posible.
- 8.- Resguardo mínimo de 0,3 m.

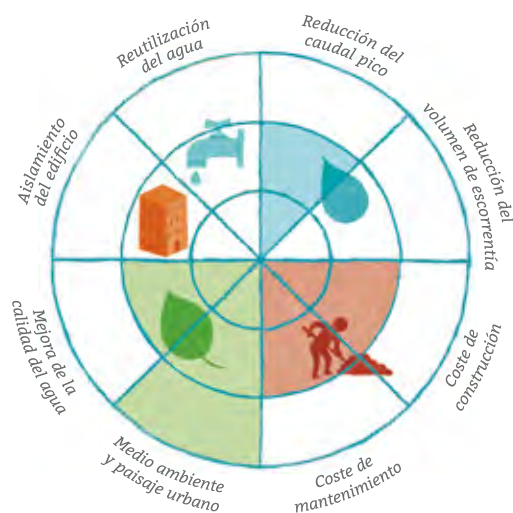
ESTANQUES DE RETENCIÓN

Los estanques de retención son lagunas artificiales con lámina permanente de agua a lo largo de las temporadas húmedas. Esta lámina de agua se puede mantener potencialmente todo el año. El principal mecanismo de eliminación de contaminantes es la sedimentación mientras la escorrentía está almacenada en el estanque. La presencia de algas permite el tratamiento biológico de las aguas pluviales. Los estanques de retención se diferencian de los humedales artificiales en que los primeros son más profundos por lo general, con una profundidad que oscila entre 1,2 y 1,8 m y tienen menos cubierta vegetativa.

La configuración típica de un estanque de retención incluye una obra de entrada, un almacenamiento permanente y un volumen variable de almacenamiento temporal. La obra de entrada permite la sedimentación de sedimentos gruesos y medios. El almacenamiento permanente se refiere a la lámina de agua que permanece en el estanque entre tormenta y tormenta. El almacenamiento variable se refiere a la capacidad de almacenamiento restante en el estanque que variará en función de la entrada de escorrentía. La escorrentía en la zona variable de almacenamiento temporal generalmente se drenará entre 24 y 48 horas después de la tormenta.



Estanque de retención en Dunfermline (Escocia).



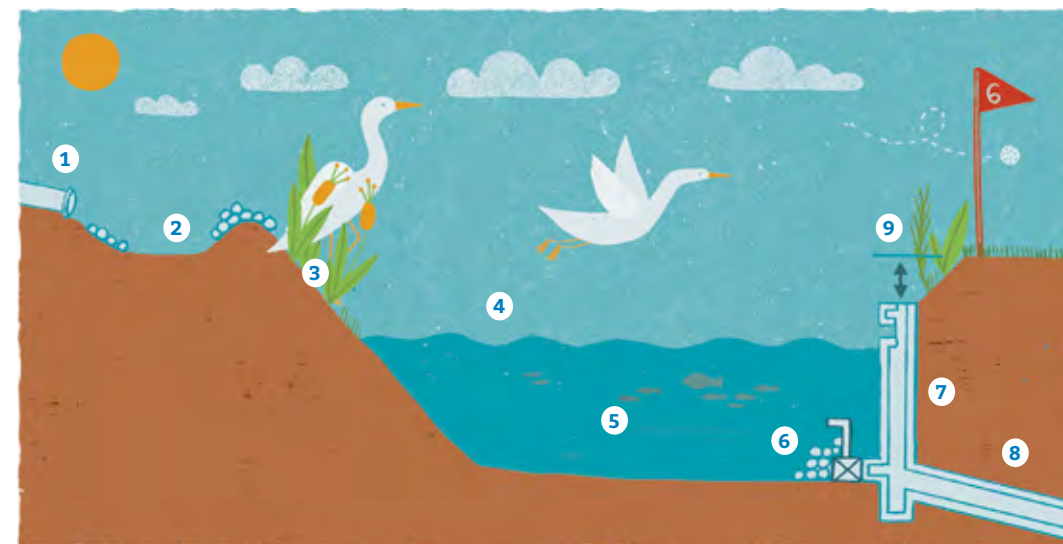
LIMITACIONES

- Requieren un área relativamente grande.
- No se reduce considerablemente el volumen de escorrentía.
- La profundidad del depósito puede quedar limitada por las cotas de los dispositivos de entrada y salida.
- Más adecuados para áreas de más de 2 ha.

BENEFICIOS

- Tratamiento efectivo de las escorrentías.
- Reducción del caudal punta.
- Disminución del riesgo de inundación.
- Capaces de adaptarse bien a episodios de precipitación de diferentes magnitudes.
- Incrementan la biodiversidad del entorno urbano.
- Adecuados para drenar grandes áreas.
- Proporcionan espacio recreacional.

Componentes de un estanque de retención.

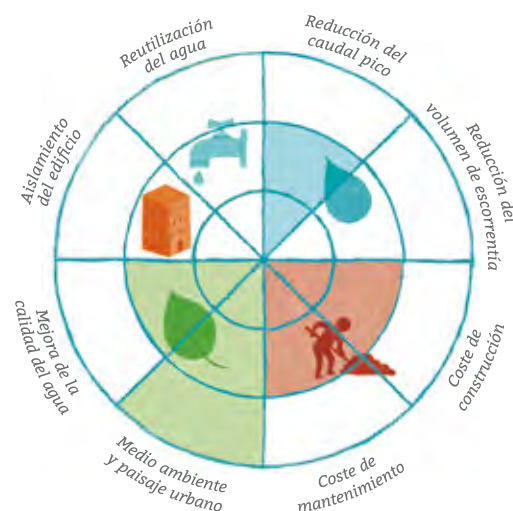


- | | |
|----------------------------------|---|
| 1.- Entrada. | 6.- Válvula para drenaje y mantenimiento. |
| 2.- Cuenca disipador de energía. | 7.- Estructura de rebose. |
| 3.- Franja de vegetación. | 8.- Conducto de salida. |
| 4.- Volumen variable. | 9.- Resguardo mínimo de 0,3 m. |
| 5.- Volumen permanente. | |

HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales son sistemas pantanosos poco profundos diseñados para mejorar la calidad de las aguas de lluvia y para laminar el caudal de escorrentía. Según la escorrentía fluye al humedal, la filtración de contaminantes se consigue mediante sedimentación y absorción de contaminantes por parte de la vegetación de la marisma. Los humedales constituyen una de las prácticas más efectivas de filtrado de contaminantes además de aportar valor estético y hábitat para la fauna.

Estos humedales mantienen una lámina de agua somera, de profundidad relativamente constante y contienen vegetación emergente y zonas de aguas abiertas. Las zonas vegetadas albergan comunidades microbianas que transforman las aguas de lluvia y eliminan contaminantes, mientras que las zonas de aguas abiertas favorecen la eliminación de patógenos y la circulación hidráulica.



LIMITACIONES

- Requieren un área relativamente grande.
- La vegetación puede tener mal aspecto en las épocas secas.
- No son adecuados para zonas con grandes pendientes.
- La presencia de especies invasivas puede aumentar los costes de mantenimiento.
- Variación de eficiencia en la mejora de la calidad dependiendo de la época del año.

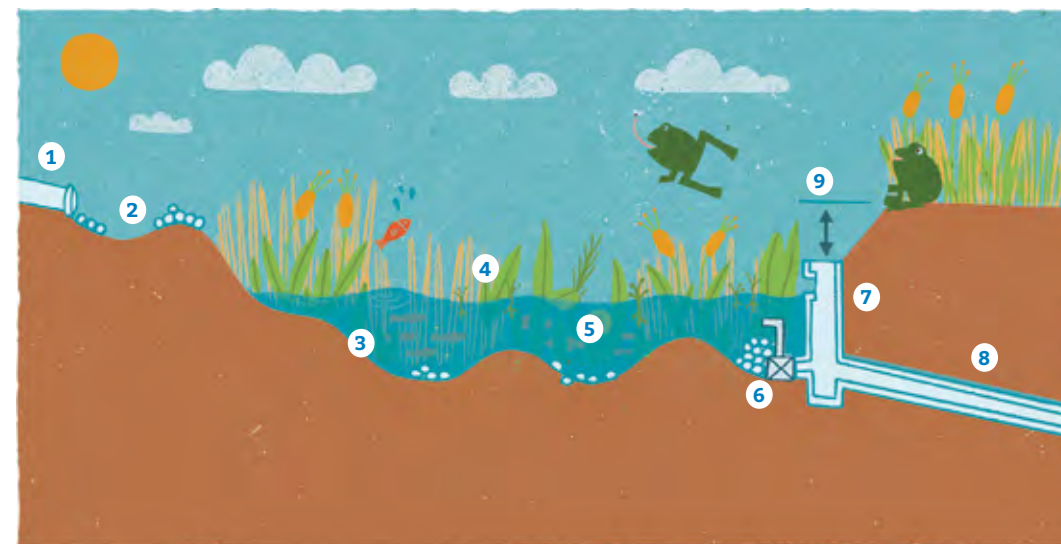
BENEFICIOS

- Efectivos en la eliminación de contaminantes.
- Reducción del caudal punta.
- Pueden diseñarse para tratar el agua y posteriormente reutilizarla para usos no potables.
- Flexibilidad en el tamaño del diseño.
- Adecuados para suelos con baja capacidad de infiltración.
- Proporcionan grandes beneficios paisajísticos y de mejora del entorno visual de las ciudades.



Estanque de retención en Dunfermline (Escocia).

Componentes de un humedal artificial.



- | | |
|----------------------------------|---|
| 1.- Entrada. | 6.- Válvula para drenaje y mantenimiento. |
| 2.- Cuenco disipador de energía. | 7.- Sistema de rebose. |
| 3.- Fondo irregular. | 8.- Conducto de salida. |
| 4.- Volumen variable. | 9.- Resguardo mínimo de 0,3 m. |
| 5.- Volumen permanente. | |





Projet cofinancé par le Fonds Européen
de Développement Régional (FEDER)

Project cofinanced by the European Regional
Development Fund (ERDF)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente