

*Guía para la Integración de los Sistemas Urbanos
de Drenaje Sostenible en el Proyecto Urbano*

Esta publicación es el resultado del Proyecto

***‘GUÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE
SOSTENIBLE EN EL PROYECTO URBANO’***

concedido por el ‘CEI BioTic Granada’ en la III Convocatoria de Microproyectos de I+D+i
‘Compromiso con la investigación y el desarrollo’ 2015 de la Universidad de Granada

Este proyecto ha sido desarrollado por investigadores de la Universidad de Granada en colaboración con la Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Granada ‘Emasagra’



Editora
M^a Isabel Rodríguez-Rojas

Autores
M^a Isabel Rodríguez-Rojas, M^a del Mar Cuevas Arrabal, Begoña Moreno Escobar,
Germán Martínez Montes y Alejandro Muñoz Ubiña.

Guía para la Integración de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Proyecto Urbano

Granada
2017

© Los autores
© Universidad de Granada

Depósito Legal: Gr./ 747-2017 • I.S.B.N.: 978-84-338-6071-2
Edita: Editorial Universidad de Granada
Campus Universitario de Cartuja Colegio Máximo, s.n., 18071, Granada
Telf.: 958 243930-246220 • www: editorial.ugr.es
Imprime: Gráficas La Madraza. AlboloteGranada

Printed in Spain

Impreso en España

Reservados todos los derechos a los autores. Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bajo las sanciones establecidas en la ley, la reproducción total o parcial de esta obra.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Capítulo 1: Introducción y objetivos | 7 |
| Capítulo 2: Cómo utilizar esta guía | 15 |
| Capítulo 3: Fichas técnicas | 23 |
| CUB. Cubiertas vegetadas | 25 |
| CUB 1. Cubiertas vegetadas intensivas | 29 |
| CUB 2. Cubiertas vegetadas extensivas | 35 |
| DEP. Depósitos | 41 |
| DEP 1. Depósitos domésticos | 45 |
| DEP 2. Depósitos de infiltración | 49 |
| IFR. Sistemas de infiltración, filtración y retención | 55 |
| IFR 1. Pozos de infiltración | 59 |
| IFR 2. Zanjas de infiltración | 65 |
| IFR 3. Zanjas filtrantes | 71 |
| IFR 4. Drenes filtrantes | 75 |
| IFR 5. Cunetas verdes | 79 |
| PAV. Pavimentos | 85 |
| PAV 1. Pavimentos adoquinados o modulares | 89 |
| PAV 2. Pavimentos de geoceldas | 95 |
| PAV 3. Pavimentos continuos | 101 |
| BIO. Áreas de biorretención | 107 |
| BIO 1. Estanques de retención | 111 |
| BIO 2. Humedales | 115 |
| BIO 3. Jardines de lluvia | 119 |
| Capítulo 4: Conclusiones | 125 |

Capítulo 1. Introducción y Objetivos

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA GUÍA

Durante el siglo XX las ciudades han experimentado una enorme densificación y expansión, en muchos casos descontrolada, con una tasa de cambio de uso de suelo rústico a urbano superior a la tasa de crecimiento demográfico¹. Esta expansión del área construida ha generado una serie de impactos sobre el medioambiente, la sociedad y la economía, que están teniendo graves consecuencias para el ciudadano. La impermeabilización de las superficies urbanas o ‘Sellado del suelo’ está provocando la pérdida de la biodiversidad de los hábitats naturales, la destrucción de suelos agrícolas y forestales, y la pérdida y degradación del paisaje. Muy importante está siendo la afección al clima urbano o efecto ‘Isla de Calor’² por sus graves consecuencias: cambios en la humedad y velocidad del viento, falta de renovación del aire y acumulación de contaminantes, disminución del confort térmico e incremento de la demanda energética,... Así mismo, la alteración del ciclo hidrológico está ocasionando problemas ambientales muy importantes en el ámbito urbano. La disminución de la capacidad natural de filtro del suelo hace que los numerosos contaminantes generados por la actividad del hombre (gasolinas, fertilizantes, pesticidas, residuos,...) acaben degradando las masas de agua (acuíferos, ríos, mares,...).

1. En Europa, entre 1980 y 2000 la extensión de las zonas edificadas se ha incrementado en un 20%, mientras que la densidad de población sólo en la mitad (EEA, 2006).

2 Incremento de temperatura en las zonas urbanas producido por la destrucción de la refrigeración natural del suelo, la absorción de energía solar por los techos y superficies de asfalto oscuro, el calor residual generado por la industria, los sistemas de refrigeración y el tráfico (Arnfield, 2003).

3. Término francés de finales del s. XIX utilizado para representar el concepto hi-

Por otro lado, la alteración de la capacidad de infiltración y retención del suelo ha aumentado la cantidad de escorrentía superficial generada y su velocidad, lo que ha originado una situación de insuficiencia de las redes de saneamiento tradicionales, que no pueden evacuar los crecientes volúmenes generados por los nuevos desarrollos urbanos, provocando inundaciones cada vez más severas y frecuentes. Así, las primigenias redes unitarias proyectadas en su mayoría en los ensanches de finales del siglo XIX y ampliadas durante todo el siglo XX hasta el límite de sus posibilidades (con el consiguiente coste económico), se han mostrado progresivamente insuficientes, generando un modelo de gestión insostenible e ineficiente que demanda nuevas formas de tratar el drenaje urbano, más allá de la concepción tradicional de transportar el agua de lluvia a la alcantarilla lo más rápidamente posible (‘tout à l’égout’³).

El origen de este problema se encuentra por tanto en un modelo de ocupación en el que la forma de urbanizar ha condicionado directamente la cantidad de agua infiltrada⁴ (fig. 1). Esta situación, ya de por sí grave a día de hoy, empeorará previsiblemente en los próximos años debido al incremento de la intensidad de las lluvias que prevén los diferentes modelos de Cambio Climático⁵.

gionista de origen romano de conducir aguas pluviales y residuales directamente al alcantarillado (Direction de l’Urbanisme et des Paysages, 1982).

4. Las áreas edificadas pueden ser hasta 4 veces más impermeables que las zonas verdes o las parcelas sin edificar (Technische Commissie Bodem, 2010).

5. Algunos estudios predicen lluvias que generarán aumentos de los caudales de agua de escorrentía entre un 20 y un 40%, según el escenario planteado (Semadeni-Davies et. al, 2009).

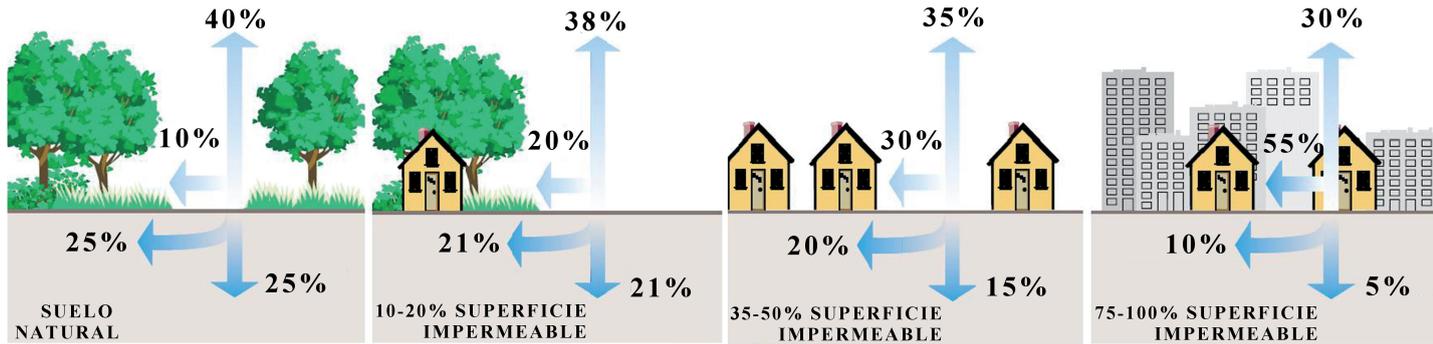


Figura 1. Proceso de impermeabilización del suelo y consecuencias sobre el ciclo hidrológico urbano (Rodríguez-Rojas et al., 2017)

Existe un acuerdo generalizado sobre la necesidad de llevar a cabo un cambio en la gestión del drenaje urbano, que termine con un modelo insostenible basado en la ampliación continua y siempre insuficiente de las redes de saneamiento. En este sentido, desde los años noventa se está planteando una estrategia más acorde con los principios de respeto al medioambiente y calidad de vida mediante la aplicación de los denominados ‘Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible’ o ‘SUDS’⁶, cuyo objeto es resolver los problemas ambientales relacionados con la impermeabilización del suelo, especialmente los relacionados con el ciclo hidrológico del agua. También conocidos como BMP (Best Management Practice) o LID (Low Impact Development), estos sistemas recogen el agua de lluvia, la retienen durante el máximo de tiempo posible con objeto de ralentizarla, y después la infiltran y reutilizan en usos no consuntivos o simplemente para la recarga de acuíferos,

intentado recuperar, en la medida de lo posible, el ciclo hidrológico natural del agua. Muchos son los beneficios del empleo de estos sistemas (fig. 2): contribución a la sostenibilidad (aumento de la calidad y la cantidad de los recursos hídricos disponibles y disminución del efecto ‘Isla de Calor’), regeneración del paisaje urbano (creación de nueva infraestructura verde y ecosistemas), mejora de la calidad de vida del ciudadano (disminución de la probabilidad de inundación) y optimización de la gestión del agua (mejora del funcionamiento de las redes de agua).

6. Iniciales del término original en inglés ‘Sustainable Urban Drainage Systems’ (CIRIA, 2007)

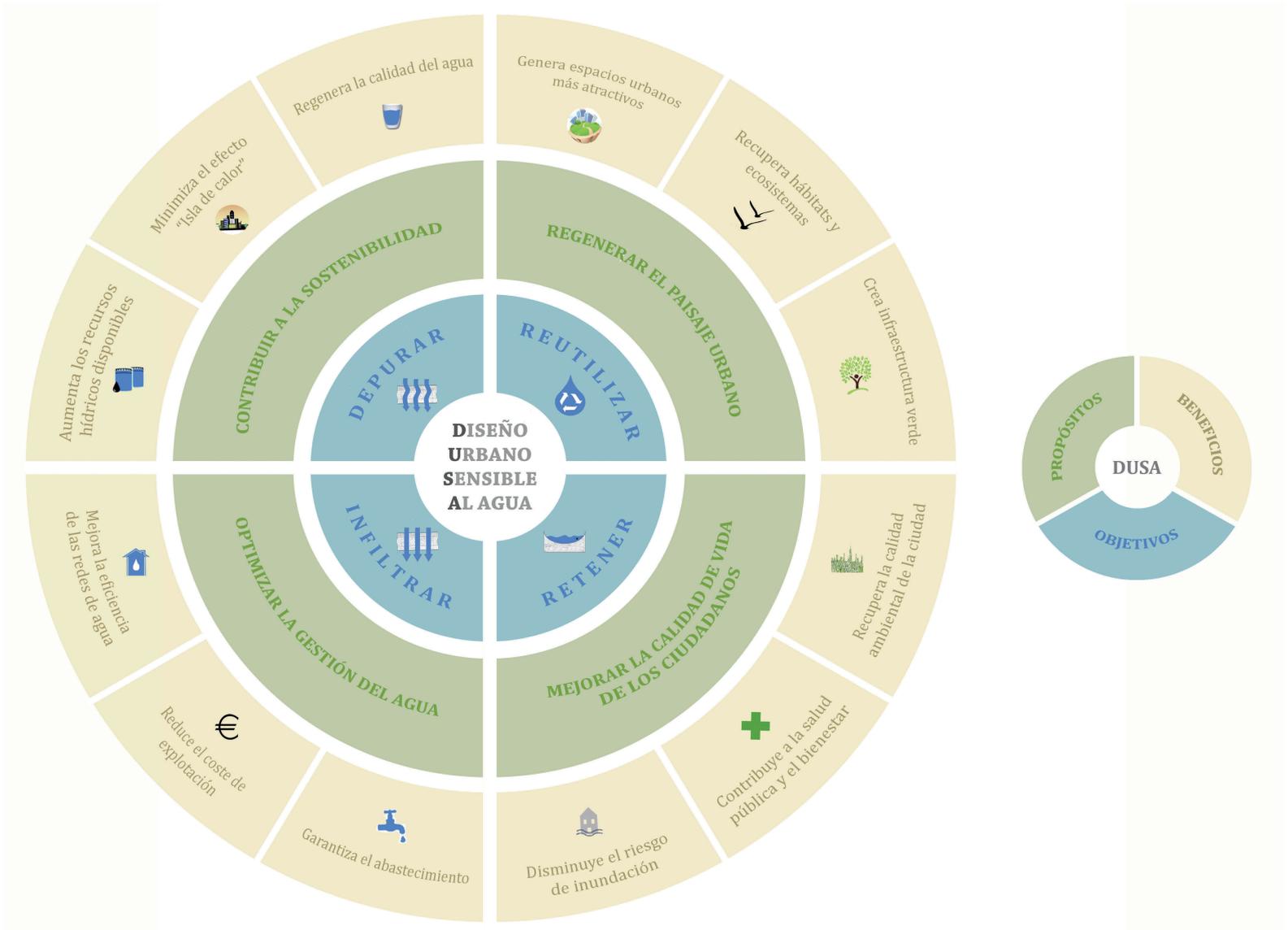


Figura 2. Objetivos, propósitos y beneficios del uso de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

Países como EE.UU., Reino Unido, Francia o Australia están utilizando los SUDS desde hace más de una década. En España, ciudades como Barcelona, Valencia o Santander, también están realizando una apuesta clara en los últimos años por incorporar estos sistemas en sus desarrollos urbanos.

Existen algunos manuales que nos proporcionan información técnica sobre las características de los SUDS (CIRIA, 2007; CIRIA, 2010) sin embargo, la barrera idiomática en algunos casos y su contenido altamente especializado en otros, han provocado que no sean del todo conocidos en el ámbito de la planificación urbana en España, lo que ha generado que en muchas ocasiones, los SUDS no estén siendo implementados en los proyectos de urbanización, sino que se integren como medidas paliativas que intentan mitigar a posteriori las inundaciones ocasionadas por el sellado del suelo. Una solución en origen requeriría la incorporación de estos sistemas en el planeamiento como un elemento más del proyecto urbano, utilizando el diseño de la ciudad como una oportunidad para restaurar los procesos hidrológicos y propiciando el diseño de ‘Ciudades Sensibles al Agua’⁷.

Este manual ha sido desarrollado con el objetivo principal de divulgar y difundir los SUDS, mejorando el conocimiento de los mismos, sus principales características, beneficios y condicionantes de diseño. La utilización de este manual permitirá a cualquier profesional acercarse a estos sistemas e incorporarlos en la práctica urbana.

7. ‘Water Sensitive Cities’, término reciente de origen Australiano utilizado para denominar a las ciudades que se proyectan considerando como principal elemento el ciclo hidrológico del agua (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities, 2009).

REFERENCIAS

- Arnfield, A. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 1(23), 1-26.
- Chester L., Arnold Jr. & C. James Gibbons (1996). Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator, *Journal of the American Planning Association*, 62 (2), 243-258
- CIRIA, C. (2007). The SUDS Manual. London: CIRIA.
- CIRIA, C. (2010). Planning for SUDS-making it happen. London: CIRIA.
- Direction de l'urbanisme et des paysages (1982). La maîtrise du ruissellement des eaux pluviales. Ministère de L'Urbanisme et du Logement. Paris.
- EEA, E. E. (2006). Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. Copenhagen: EU.
- Joint Steering Committee for Water Sensitive Citie. (2009). Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design -A National Guide. Canberra: Australian Government (National Water Commission).
- Rodríguez-Rojas, M.I., Cuevas-Arrabal, M.M., Moreno B., Martínez G. (2017). El cambio de paradigma de la gestión del drenaje urbano desde la perspectiva del planeamiento. Una propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 75.
- Semadeni-Davies A., Hernebringb C., Svenssonb G., Gustafssonc L. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90 (1-2), 1-10.
- Technische Commissie Bodem. (2010). Advisory report on general conditions for soil sealing in urban areas. TCB A063, The Hague and references therein.

Capítulo 2. Cómo utilizar esta guía

CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA

En esta guía se ha recopilado, seleccionado, sintetizado y organizado la información existente sobre Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), mostrando aquellos aspectos fundamentales para el diseño e implementación de estos sistemas en el ámbito urbano.

La selección de los SUDS se ha realizado en base a la experiencia práctica de dichos sistemas y a la existencia de resultados que hayan podido ser contrastados, con el fin de asegurar la aplicabilidad de los mismos. La práctica de éstos ha generado información suficiente acerca de sus características (condicionantes de implantación, geometría, diseño...), como para desarrollar recomendaciones específicas para su implementación en el proyecto. Se han seleccionado así mismo las tipologías consideradas de mayor importancia, desechando aquellas que suponen pequeñas variaciones respecto de éstas, y cuyo diseño y características son equivalentes. En la Tabla 1 se muestran las tipologías seleccionadas.

La terminología utilizada para designar a estos sistemas es muy variada según la fuente consultada, debido a las diferentes traducciones que se han realizado de los vocablos originales en inglés. Por ello se ha elegido la denominación más representativa en español y se ha indicado su correspondencia en inglés.

Cada ficha posee un código que responde a las iniciales del sistema, salvo las denominadas IFR y BIO, que hacen referencia a su función, Infiltración-Filtración-Retención, y Bio-Retención

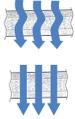
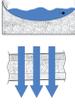
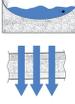
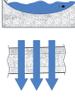
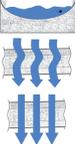
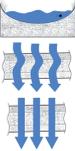
respectivamente. No se ha realizado una clasificación al uso como las que se pueden encontrar en otros documentos (medidas estructurales y no estructurales, preventivas, de control en origen, de transporte o de tratamiento pasivo,...), debido al gran número de clasificaciones existentes y a la confusión que esto genera.

| SUDS | SUDS | FICHA | PAG. |
|---------------------------|-----------------------|---------------|---------|
| Cubiertas vegetadas | Green roofs | CUB 1 - CUB 2 | 27-39 |
| Depósitos domésticos | Water butts | DEP 1 | 45-48 |
| Depósitos de infiltración | Infiltration basins | DEP 2 | 49-53 |
| Pozos de infiltración | Soakaway | IFR 1 | 59-63 |
| Zanjas de infiltración | Infiltration trenches | IFR 2 | 65-69 |
| Zanjas filtrantes | Filtration trenches | IFR 3 | 71-74 |
| Drenes filtrantes | Filter drains | IFR 4 | 75-78 |
| Cunetas verdes | Swales | IFR 5 | 79-83 |
| Pavimentos modulares | Modular pavements | PAV 1 | 89-93 |
| Pavimentos de geoceldas | Geocellular pavements | PAV 2 | 95-99 |
| Pavimentos continuos | Continuous pavements | PAV 3 | 101-105 |
| Estanques de retención | Retention basins | BIO 1 | 111-114 |
| Humedales | Wetlands | BIO 2 | 115-118 |
| Jardines de lluvia | Rain gardens | BIO 3 | 119-123 |

Tabla 1. Tipologías de SUDS analizados

Dado que esta guía pretende ser un documento dirigido a profesionales que tengan responsabilidades urbanísticas, se ha creído más útil realizar una clasificación en función del uso del suelo en el que resulta más apropiada la integración del SUDS (Tabla 2). De esta forma se simplifica mucho la agrupación de sistemas, y se facilita al lector la selección del mismo en función del proyecto que se vaya a ejecutar. La clasificación propuesta no indica que un determinado sistema no pueda integrarse en más usos (de hecho puede y debe hacerse en caso de que sea posible), sólo es una primera recomendación para seleccionar las tipologías más idóneas según el lugar en el que se vaya a intervenir (edificación, acera, calzada, estacionamiento y espacio libre). Se muestra también una pequeña descripción de cada sistema, los beneficios más importantes generados por su implantación, un ejemplo práctico de su integración, y los principales objetivos perseguidos por cada SUDS (infiltración, depuración, retención y reutilización). Toda esta información pretende servir de ayuda al lector para seleccionar más rápido los sistemas que le puedan interesar.

| USO | SUDS | DESCRIPCIÓN Y BENEFICIOS | EJEMPLO | OBJETIVOS | FICHA | PÁGINA |
|--------------------|------------------------------------|--|---|---|----------------|---------|
| Edificación | Cubiertas vegetadas | <p>-Sistemas multicapa instalados en los techos de las edificaciones, diseñados para retener el agua de lluvia, mejorar su calidad y permitir su reutilización en usos no consuntivos. Pueden ser intensivas (con vegetación de gran porte) o extensivas (de menor porte).</p> <p>- Mejoran el paisaje, disminuyendo la temperatura del edificio e implican al usuario en la gestión del agua.</p> |  |    | CUB 1 CUB 2 | 27-37 |
| | Depósitos domésticos | <p>-Depósitos de agua adosados a los edificios y conectados a sus cubiertas, que almacenan el agua de lluvia procedente de ellas permitiendo su reutilización en usos no consuntivos.</p> <p>-Aumentan los recursos hídricos disponibles e implican al usuario en la gestión del agua.</p> |  |   | DEP 1 | 43-45 |
| | Pozos de infiltración | <p>-Estructuras verticales generalmente subterráneas que infiltran el agua de escorrentía procedente de superficies impermeables (pavimentos, cubiertas...).</p> <p>-Disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación.</p> |  |  | IFR 1 | 57-59 |
| | Zanjas de infiltración | <p>-Estructuras longitudinales generalmente rellenas con material granular, que infiltran el agua de escorrentía procedente de superficies impermeables (pavimentos, cubiertas...), transportándola a lugares para su infiltración.</p> <p>-Disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación.</p> |  |  | IFR 2 | 61-64 |
| Acera | Pavimentos adoquinados o modulares | <p>-Superficies que retienen e infiltran el agua de escorrentía a través del espacio existente entre piezas.</p> <p>-Disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación.</p> |  |   | PAV 1 | 83-85 |
| | Jardines de lluvia | <p>-Elementos vegetados insertados en las aceras que retienen, tratan e infiltran el agua de escorrentía procedente de la calzada.</p> <p>-Regeneran el paisaje, disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación.</p> |  |    | BIO 3 | 109-111 |
| Calzada | Pavimentos continuos | <p>-Superficies que retienen e infiltran el agua de escorrentía a través de sus poros.</p> <p>-Disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación.</p> |  |   | PAV 3 | 91-93 |

| USO | SUDS | DESCRIPCIÓN Y BENEFICIOS | EJEMPLO | OBJETIVOS | FICHA | PÁGINA |
|-----------------|---------------------------|---|---|---|-------|---------|
| Calzada | Drenes | -Zanjas de material granular (pueden estar recubiertas por geotextiles), que depuran e infiltran el agua de escorrentía procedente de zonas impermeables. -Aumentan los recursos subterráneos y disminuyen el riesgo de inundación. |  |  | IFR 4 | 69-71 |
| | Pavimentos de geoceldas | -Superficies que retienen e infiltran el agua de escorrentía a través del espacio existente entre piezas. -Disminuyen la temperatura del suelo y el riesgo de inundación. |  |  | PAV 2 | 87-89 |
| Estacionamiento | Zanjas filtrantes | -Suelos de granulometría mixta con vegetación que retienen e infiltran el agua de escorrentía procedente de superficies impermeables. -Aumentan los recursos subterráneos y disminuyen el riesgo de inundación. |  |  | IFR 3 | 65-67 |
| | Cunetas verdes | -Canales vegetados anchos y poco profundos que infiltran y transportan el agua de escorrentía hasta las zonas de infiltración. -Regeneran el paisaje, aumentan los recursos subterráneos y disminuyen el riesgo de inundación. |  |  | IFR 5 | 73-75 |
| Espacio libre | Estanques de retención | -Embalses superficiales que retienen, infiltran y depuran el agua de escorrentía procedente de otras zonas. -Regeneran el paisaje, aumentan los recursos subterráneos y disminuyen el riesgo de inundación. |  |  | BIO 1 | 101-103 |
| | Humedales | -Estanques superficiales con una reserva permanente de agua que retienen, infiltran y depuran el agua de escorrentía procedente de otras zonas. -Regeneran el paisaje, aumentan los recursos subterráneos y mejoran la calidad del agua. |  |  | BIO 2 | 105-107 |
| | Depósitos de infiltración | -Estructuras que infiltran, retienen y reutilizan el agua de escorrentía. -Aumentan los recursos subterráneos, recargan los acuíferos y disminuyen el riesgo de inundación. |  |  | DEP 2 | 47-49 |
| | | | | | | |

OBJETIVOS: INFILTRACIÓN  DEPURACIÓN  RETENCIÓN  REUTILIZACIÓN 

Tabla 2. Resumen de las características de los SUDS analizados

Respecto de la estructura de las fichas, los contenidos se han organizado en una serie de epígrafes que responden a las preguntas que debe hacerse el proyectista antes de seleccionar el SUDS, y durante el proceso de diseño y construcción. Estas preguntas son las siguientes:

1. QUÉ SON

En este apartado se muestra una descripción general del sistema que nos ayuda a conocer en qué consiste y cuáles son sus principales características. Se aporta la información mínima necesaria para discernir si el sistema es aplicable o no a nuestro proyecto, en cuyo caso se seguirá leyendo o se buscará otro sistema.

2. QUÉ OBJETIVOS PERSIGUEN

Aquí se describen los principales objetivos del SUDS, que deberán corresponderse con los problemas detectados. Así por ejemplo, en el caso de que se quiera reducir la posibilidad de inundación en un lugar de baja pendiente con tendencia a acumular agua, se buscará un SUDS que tenga por objetivo principal la infiltración.

3. POR QUÉ SE UTILIZAN

En este epígrafe se describen las principales ventajas que el sistema analizado presenta respecto de otros, es decir, aquellas características que lo hacen atractivo para su implantación.

4. DÓNDE SE INTEGRAN

Conocer cuáles son los lugares más apropiados para la implantación es una de las cuestiones más importantes a la hora de integrar un SUDS en un proyecto urbano, por lo que esta información resulta fundamental en las fases previas del proyecto.

5. CUÁLES SON SUS CONDICIONANTES

En este apartado se muestran los principales condicionantes que el sistema presenta en cuanto a su diseño (dimensiones, pendientes, profundidad,...), caracterizando los espacios donde se puede implantar el SUDS.

6. CÓMO SE DISEÑAN

Aquí se presenta una sección tipo del sistema, que aunque deberá adaptarse a las características propias del lugar de proyecto, muestra con detalle cuál es su configuración aproximada.

7. EJEMPLOS

Se indican ejemplos de utilización del sistema, incluyendo fotografías de su implantación.

8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

En el caso en el que el lector desee profundizar en un sistema en concreto, se indican las principales referencias consultadas y la bibliografía básica donde se puede acceder a más información siempre que se requiera.