

Elementos convencionales y no convencionales para la captación del drenaje urbano de aguas lluvias

Conventional and non-conventional elements for rainwater urban drainage catchment

HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ¹ - LEIDY JOHANNA FRANCO CALDERÓN²

1. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito/Centro de Estudios Hidráulicos/Profesor titular.

2. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito/Centro de Estudios Hidráulicos/Maestría en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

alfonso.rodriguez@escuelaing.edu.co - leidy.franco-c@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 14/04/2016 Aceptado: 26/08/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

El objetivo principal de un sistema de drenaje urbano es permitir el paso seguro de los peatones y los vehículos, lo cual se logra evacuando la escorrentía con rapidez para evitar inundaciones; no obstante, el desarrollo de las ciudades ha modificado el ciclo hidrológico natural al aportar gran cantidad de contaminantes a las corrientes superficiales que reciben el agua lluvia del sistema urbano. Por estas razones se han creado sistemas de aguas lluvias no convencionales, acordes con el desarrollo sostenible, denominados sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

En virtud de que el sistema de drenaje urbano comienza con la captación en el sitio de origen de la escorrentía, en este artículo se plantea el estudio de los elementos convencionales y no convencionales para la captación de aguas lluvias, al tiempo que se establecen criterios generales de selección y diseño, y la clasificación de los SUDS.

Palabras claves: drenaje urbano, sumideros, cunetas, sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

Abstract

The main objective of urban drainage system is to allow safe passage for pedestrians and vehicles quickly evacuating runoff to prevent flooding. However, the development of cities has altered the natural water cycle and provided wide range of contaminants to surface water streams receiving rain from urban systems. For these reasons we have developed unconventional rainwater systems in accordance with sustainable development, called sustainable urban drainage systems (SUDS).

Considering that urban drainage system begins with the collection on the site of origin of runoff, in this article the study of conventional and unconventional elements for capturing rainwater arises, establishing the general criteria for selection, design, and classification of SUDS.

Keywords: urban drainage; drains; ditches; sustainable urban drainage systems (SUDS).

INTRODUCCIÓN

En un sistema convencional de drenaje urbano, el transporte, la captación y la entrega del agua lluvia al afluente están compuestos por la vía, las cunetas o canales, las entradas (sumideros, especialmente) y los colectores. El principal objetivo de este sistema es permitir el paso seguro de los vehículos y los peatones, evacuando lo antes posible y de manera específica la escorrentía generada por un evento con recurrencia igual a la del periodo de diseño.

El crecimiento de las ciudades y, por ende, el desarrollo urbano no contemplado hacen que los sistemas de drenaje convencional o tradicional sean insuficientes. Además, como se adicionan más zonas impermeables que cambian significativamente el ciclo del agua se reduce la infiltración, lo que hace que la precipitación se convierta, en su mayoría, en escorrentía superficial, la cual se concentra con rapidez. De acuerdo con estas consideraciones, el agua pluvial que recibe el sistema de drenaje actual sobrepasa su capacidad y, por consiguiente, ocasiona inundaciones y desbordamientos en el casco urbano [1].

Los diseños y las captaciones convencionales dirigen el agua lluvia al sistema de drenaje pluvial de manera concentrada y, por lo regular, no permiten su aprovechamiento.

ANTECEDENTES

En la bibliografía sobre drenaje no convencional se mencionan los problemas de calidad del agua lluvia en los sistemas tradicionales. Las actividades humanas generan gran cantidad de contaminantes, como sedimentos, aceites, granos, metales, fertilizantes, pesticidas, sales, patógenos y basura, que afectan la salud pública y causan daño ambiental. Esta contaminación tiene diversos orígenes –razón por la cual se habla de contaminación difusa–, aspecto que dificulta su cuantificación y calificación. Durante la precipitación, los residuos acumulados en la superficie en tiempo seco son arrastrados hasta las captaciones, generando problemas de contaminación en los afluentes y colmatación de las captaciones [2].

Para mejorar los problemas asociados con el drenaje urbano convencional y proponer soluciones novedosas se vienen introduciendo sistemas de aguas lluvias no convencionales, acordes con el desarrollo sostenible. De

este modo, han surgido lo que podría denominarse sistemas no convencionales de drenaje urbano, conocidos como sistemas de drenaje sostenible (*sustainable urban drainage systems*, SUDS), desarrollo de bajo impacto (*low impact development*, LID), diseño urbano sensible al agua (*water sensitive urban design*, WSUD), mejores prácticas de gestión (*best management practices*, BMP), entre otros. En la bibliografía de habla hispana se conocen comúnmente como sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

De acuerdo con las definiciones encontradas, estos sistemas buscan especialmente no interferir en el ciclo del agua previo a la urbanización, para mitigar los problemas asociados al drenaje urbano convencional, evacuando de manera espacial la escorrentía generada por un evento con recurrencia igual a la del periodo de diseño, minimizando los impactos en el desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística, al igual que los valores sociales y ambientales. Además, estos sistemas proponen considerar el agua lluvia como un recurso, con el fin de darle un manejo más eficiente y aprovecharla para su reutilización o infiltración al subsuelo, lo cual garantiza un sistema más eficaz y sostenible [3].

CAPTACIONES DE DRENAJE URBANO

• Captaciones convencionales

En un sistema de drenaje convencional, la captación de la escorrentía superficial se hace a través de las vías o cunetas, las cuales transportan el agua lluvia hasta las estructuras de captación llamadas sumideros. Las cunetas y los sumideros conforman las estructuras convencionales necesarias para la captación de la escorrentía superficial.

• Captaciones no convencionales

Son estructuras alternativas en el sistema de drenaje urbano para captar la escorrentía superficial, guiadas por el drenaje sostenible. Para determinar las estructuras de captación no convencionales, se requiere conocer las que utilizan los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) para garantizar el manejo adecuado de la escorrentía y establecer cuáles cumplen la función de captación de la escorrentía superficial.

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Debido a que los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son prácticas relativamente nuevas y con múltiples funciones, aún no se ha homogeneizado ninguna clasificación.

De conformidad con la recopilación bibliográfica se propone la siguiente clasificación (figura 1), en la que las estructuras se presentan de acuerdo con la función que cumplen en el manejo de la escorrentía del drenaje urbano. Esta clasificación facilita la selección adecuada de las estructuras SUDS para cada caso en particular.

En la clasificación propuesta, las estructuras de captación y transporte del agua de escorrentía en zonas urbanas son las siguientes: superficies permeables; pozos de infiltración; zanjas de infiltración, filtración

y biofiltros; cunetas verdes; franjas filtrantes y redes troncales.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO. CAPTACIONES CONVENCIONALES

El diseño de un sistema de drenaje en una calle es una tarea compleja, que se logra generalmente por un proceso iterativo de ensayo y error.

El diseño de un sistema de drenaje en una calle es una tarea compleja, que se consigue por lo regular mediante un proceso iterativo de ensayo y error. Se inicia con la estimación de la capacidad de transporte de aguas lluvias en dicha vía, la cual provee una base para diseñar los sumideros a lo largo del trayecto. La capacidad hidráulica de la calle está determinada por su clasificación y por los parámetros de corte transversal, como la pendiente transversal de la vía, la dureza de la superficie, la amplitud de la cuneta, etc.

Después de definir la capacidad hidráulica, se establece la ubicación de los sumideros. Para diseñar un sistema de drenaje en la vía se deben seguir estos pasos [4]:

1. Preparar un plano completo del proyecto en un plano topográfico. El diseño debe incluir calles de circulación de carros, lotes de parqueo, detención de estanques de almacenamiento, etc.
2. Identificar la clasificación de las calles.
3. Seleccionar la frecuencia de diseño del sistema de drenaje (tormenta).
4. Determinar la capacidad conveniente de agua lluvia de la vía con el criterio del máximo esparcimiento de agua permitido, la profundidad del flujo de la cuneta (Q_s) y la seguridad sobre la vía.
5. Ubicar y diseñar los sumideros a lo largo de la calle.

Los sumideros se clasifican en sumideros en pendiente y sumideros en puntos bajos, y su diseño depende de su ubicación. Los primeros están diseñados para recolectar entre el 70 y el 85 % del flujo de la cuneta, en tanto que el agua lluvia restante se lleva a los sumideros aguas abajo.

En un sistema de entrada de calle, el diseño de los sumideros individuales depende de las siguientes consideraciones:

1. Predecir el caudal de diseño (Q_p) producido por el área de drenaje entre el sumidero aguas arriba y el sumidero bajo diseño.

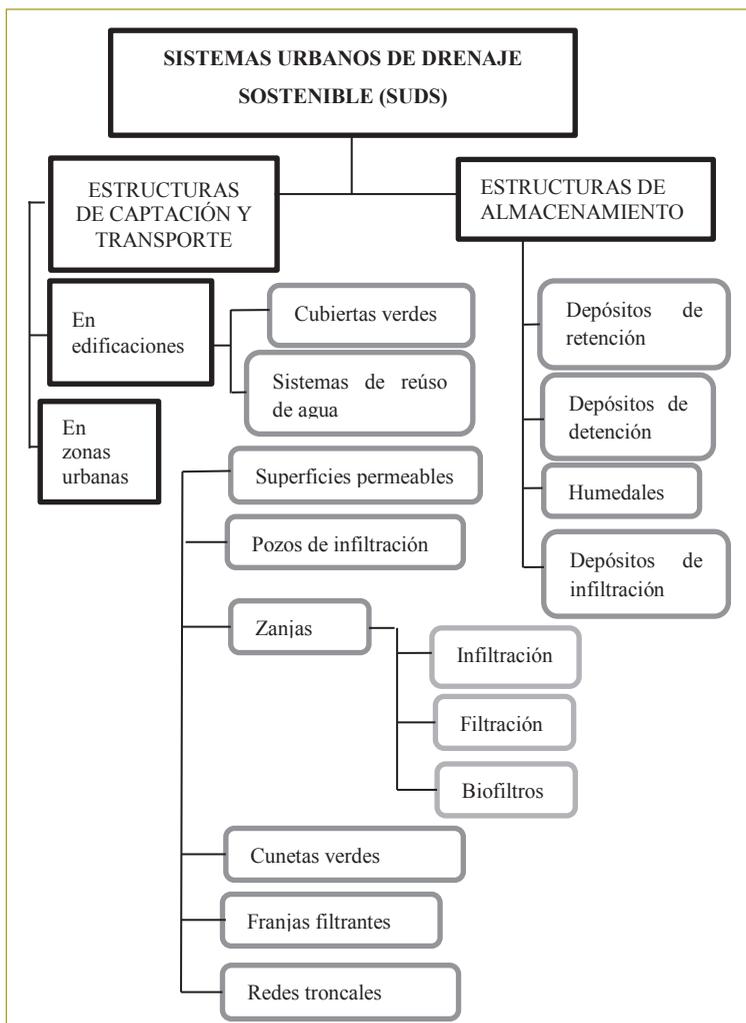


Figura 1. Clasificación propuesta de las estructuras SUDS.

Fuente: Propuesta de los autores.

2. Verificar si el caudal de diseño (Q_p) viola alguna necesidad de diseño, como el esparcimiento del agua, la profundidad en la cuneta y la velocidad máxima permitida de la corriente, es decir, la capacidad máxima de la vía.
3. Clasificar el sumidero con un factor de obstrucción razonable.
4. Calcular el flujo de arrastre (flujo no captado por el sumidero) para el sumidero aguas abajo.
5. Considerar la interdependencia entre los parámetros diseñados, como la ubicación del sumidero, el área de drenaje, el caudal pico y la profundidad de la cuneta (figura 2).

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO. ESTRUCTURAS SUDS

Para el diseño hidráulico de las estructuras SUDS se deben tener en cuenta las características de la cuenca, como calidad del agua, morfología del sitio y criterios hidrológicos.

Una vez identificadas tales características, se puede determinar si es posible la infiltración en el suelo, ya sea parcial o total. Si es total, se diseña un sistema que incluya la infiltración de la escorrentía, pero si es parcial deben identificarse las áreas donde la escorrentía pueda infiltrarse; si esto no es posible, hay que modificar las estructuras con subdrenajes que transporten la escorrentía hacia otras estructuras aguas abajo. Con la información base del sitio se procede a seleccionar la estructura; como ya se mencionó, existen diferentes tipos de estructuras SUDS, pero se seleccionan de acuerdo con los siguientes criterios generales, establecidos con base en la información recopilada y el análisis de ésta: características del sitio, función de la estructura, evento de escorrentía y tipo de tratamiento del agua lluvia. Una vez seleccionado el tipo de estructura más conveniente se debe calcular su capacidad hidráulica, cuyos criterios de diseño se presentan en la página siguiente (figura 3).

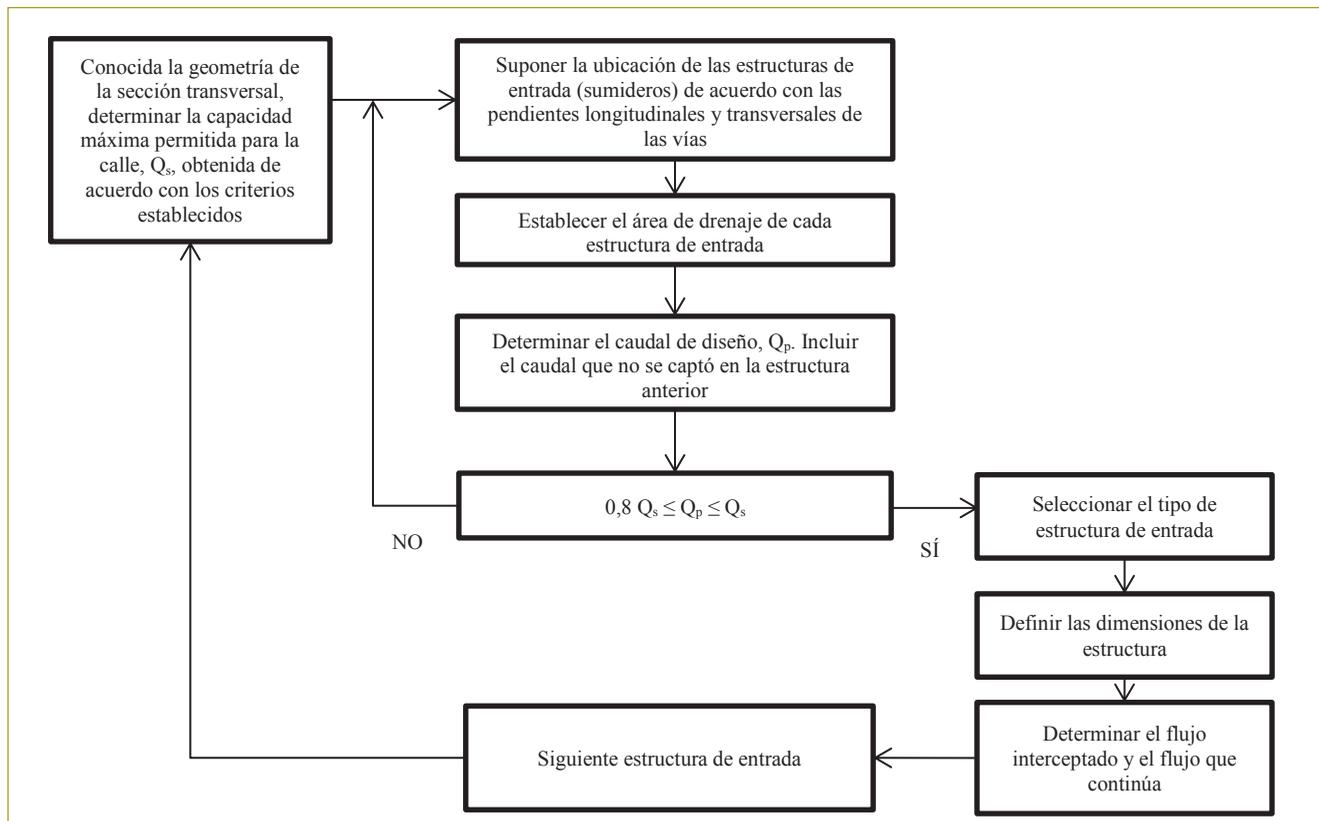


Figura 2. Diagrama de flujo para el diseño del drenaje urbano.

Fuente: [4].

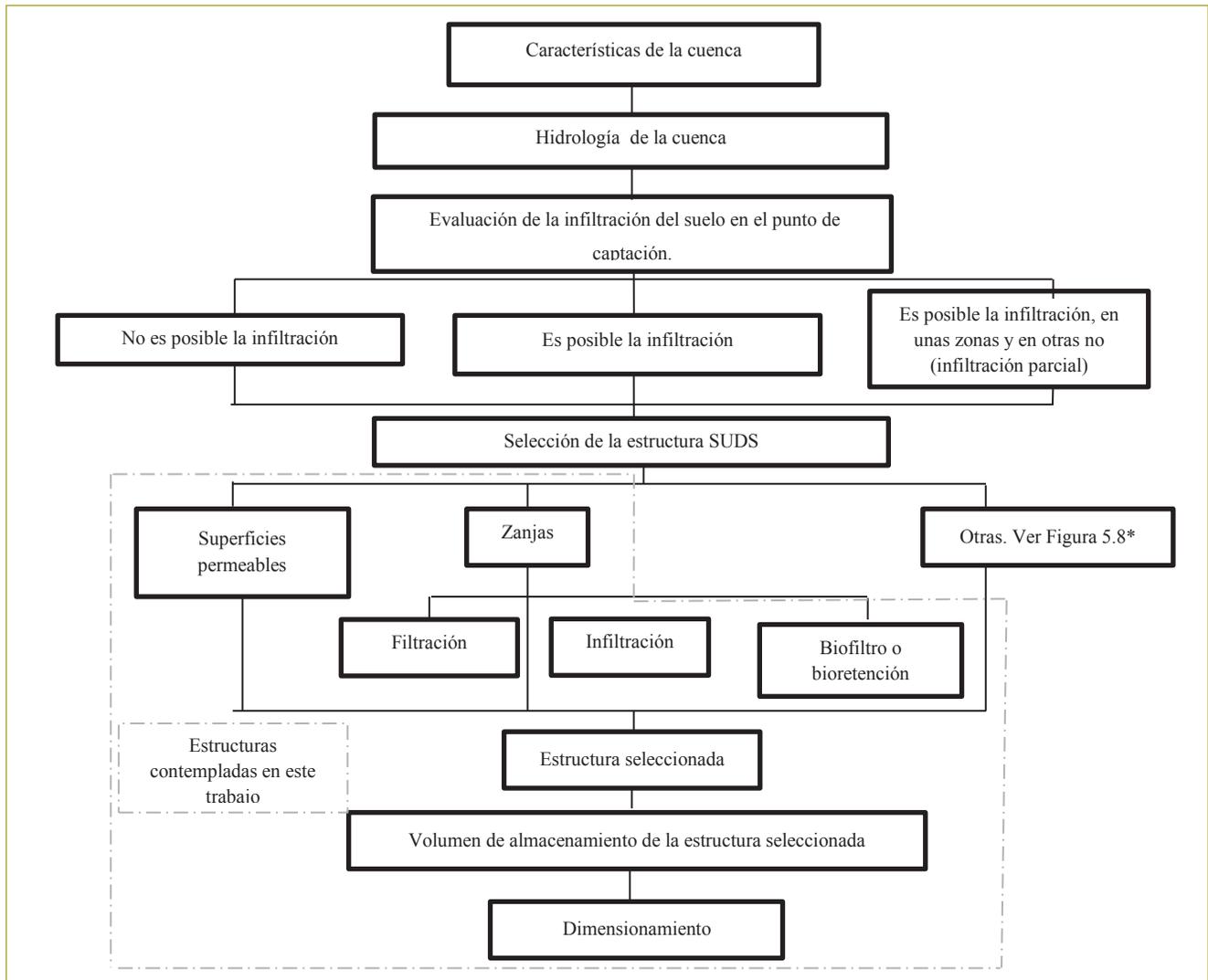


Figura 3. Criterios generales de diseño de estructuras SUDS.

Fuente: Propuesta de los autores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la etapa de diseño de las estructuras de drenaje urbano convencional se evalúan características como la clase de vía, la sección transversal, las pendientes transversal y longitudinal y el tipo de superficie. Con estas características se calcula la capacidad máxima de la vía para el transporte de la escorrentía, teniendo en cuenta la seguridad de los vehículos y los peatones; después se procede a ubicar las estructuras de captación convencionales (sumideros), que captan rápidamente la escorrentía de la vía para transportarla al sistema de drenaje urbano.

Las estructuras convencionales están diseñadas para captar en forma específica y en el menor tiempo posible la escorrentía urbana sobre las vías. Sin embargo, en la

actualidad hay nuevos retos respecto al drenaje urbano, porque el acelerado desarrollo de las ciudades impacta negativamente el ciclo del agua, razón por la cual se hace necesario implementar un sistema de drenaje que no sólo capte de manera concreta y eficaz la escorrentía de las vías, sino que contemple además el tratamiento y la captación espacial de la escorrentía.

De este modo, se plantea el estudio de captaciones de aguas lluvias mediante estructuras no convencionales, denominadas sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), las cuales están diseñadas para el almacenamiento temporal y el tratamiento de las aguas lluvias a través de la filtración o la infiltración, reduciendo la contaminación y amortiguando el caudal pico.

Las estructuras de captación no convencionales estudiadas no están diseñadas para captar inmediatamente la escorrentía ni para la capacidad máxima de la vía, sino para el almacenamiento temporal y el tratamiento de la escorrentía, removiendo sólo un porcentaje de los contaminantes.

Esto significa que las estructuras convencionales y las no convencionales se podrían complementar, ya que tienen funciones y objetivos diferentes dentro del sistema de drenaje urbano. Las convencionales drenan rápidamente la escorrentía de la vía, mientras que las no convencionales almacenan en forma temporal la escorrentía, para evacuarla controladamente luego del evento; además, hacen un tratamiento para eliminar un porcentaje de los contaminantes.

Aunque en algunas ocasiones la palabra *convencional* hace referencia a metodologías obsoletas, de acuerdo con la investigación realizada, en este caso no lo es.

2. Para el estudio de las estructuras de captación no convencional de drenaje urbano hubo que identificar las que conforman los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

En la bibliografía consultada, todas las clasificaciones propuestas son diferentes. Algunas presentan únicamente el total de las estructuras que conforman los SUDS, sin ninguna clasificación; otras las clasifican por el tipo de tratamiento usado, y otras más combinan el tipo de tratamiento utilizado y la función que cumple la estructura dentro del sistema.

Uno de los objetivos de este estudio es proponer un criterio de selección de la estructura de captación adecuada para cada caso. Teniendo en cuenta esto, se clasificaron los SUDS según la función que cumple la estructura en el sistema de drenaje urbano. Por tal razón, la clasificación propuesta simplifica la selección de la estructura de captación.

3. En el sistema de drenaje urbano implementado para Colombia el mantenimiento de las estructuras es un tema clave para las ciudades, puesto que en éstas no se practica el cuidado sino la reparación. Por tal motivo, la inclusión de este tipo de sistemas requiere que los

diseñadores, los constructores, el personal operativo y la comunidad tomen conciencia de la importancia de implementar este tipo de estructuras de captación para mitigar los efectos producidos por el desarrollo urbano en el ciclo del agua.

Además, la normativa colombiana respecto a este tipo de estructuras es nula; simplemente se sugiere su utilización, pero sin regular el diseño, la construcción y el mantenimiento, lo cual dificulta su implementación.

Las estructuras SUDS requieren inversiones iniciales costosas y un riguroso mantenimiento para prolongar su vida útil; no obstante, su implementación posibilita que las demás estructuras y procesos aguas abajo del sistema de drenaje se optimicen, debido a la reducción del caudal pico y al tratamiento de las aguas lluvias.

Las estructuras no convencionales son un atractivo en urbanizaciones privadas, si se presentan como proyectos amigables con el medio ambiente; sin embargo, cabe aclarar que los costos iniciales para su implementación son altos, así como su mantenimiento.

REFERENCIAS

- [1] Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2011). Secretaría Distrital del Ambiente. Subdirección de Ecorbanismo y Gestión Ambiental Empresarial (Segae). Sistemas urbanos de desarrollo sostenible. Documento técnico de soporte SUDS [en línea]. <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73754/Sistema+Urbanos+de+Drenaje+Sostenible>.
- [2] Ciria C697 (2001). *The SUDS manual*. Londres: s.n.
- [3] Perales Momparler, S. (s.f.). Sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS [en línea]. <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/3358-P3-Sara%20PeralesACC.pdf>.
- [4] Rodríguez, A. (2013). *Drenaje urbano: elementos de diseño. Drenaje urbano no convencional*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [5]. Guo, J.C.Y. (1997). *Street Hydraulics and Inlet Sizing*. Colorado, USA: Water Resources Publications, LLC.
- [6] Urban Storm Drainage and Flood Control District Denver, Colorado (2001). *Urban Storm Drainage Criteria Manual*, vol. 1.
- [7] Virginia Department of Environmental Quality. Stormwater Design Specification. Version 2.0 [en línea]. Enero de 2013. [Citado el 2015 de 2015 de 2015.] http://www.deq.virginia.gov/fileshare/wps/2013_DRAFT_BMP_Specs/.
- [8] Atlanta Regional Commission (2001). *Georgia Stormwater Management*, vol. 2. Technical Handbook.