

**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**



SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLES

:
Ana Mercedes Vallejo Santacruz

Artículo de Revisión

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO DE LOS
RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2013**

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Ana Mercedes Vallejo Santacruz
Ingeniera Civil. Universidad Militar Nueva Granada. Campus Calle 100. Bogotá, D.C.,
Colombia
ing.ana.vallejo@gmail.com

RESUMEN

Actualmente las ciudades se encuentran en constante crecimiento buscando dar solución a las necesidades de sus habitantes y así ofrecer una vida sana, cómoda y digna. Parte fundamental del desarrollo de la sociedad trae como consecuencia la destrucción del medio ambiente para dar lugar a construcciones donde los seres humanos puedan desarrollarse dependiendo de sus condiciones, ya sea para uso de vivienda, salud, abastecimiento, lo cual genera la pérdida de las superficies de drenajes naturales.

En esta revisión se busca identificar diferentes maneras de realizar el aprovechamiento de aguas lluvias en las ciudades aplicando principios básicos para su recolección y uso, buscando remediar en cierta medida los cambios abruptos del ciclo hidrológico.

Palabras Claves: aguas lluvias, medio ambiente, ciclo hidrológico, drenajes naturales, urbanizaciones, sistemas urbanos, sostenibilidad.

ABSTRACT

Currently cities are constantly looking to solve growth needs of its people and offer a healthy, comfortable and dignified life. A fundamental part of the development of society, resulting in the destruction of the environment to make way for buildings where humans can develop depending on their conditions, whether for housing, health, water supply, which leads to the loss of the surfaces natural drainage.

This review is looking for identify different ways of doing the rainwater harvesting in cities applying basic principles for collection and use, seeking remedy somewhat abrupt changes of the hydrological cycle.

Keywords: rain water, environment, water cycle, natural drainage, urbanization, urban systems sustainability.

INTRODUCCIÓN

La destrucción del medio ambiente implica cambios climáticos que constantemente viven las urbes y que hacen un ambiente impredecible, es por esta razón que surgen las alternativas para conseguir la sostenibilidad ambiental y aprovechar todos los recursos que puedan beneficiar a las ciudades. Uno de esos recursos son las aguas lluvias ya que las ciudades tienden a perder las superficies permeables debido a las construcciones y por ende detener el ciclo hidrológico en ciertos puntos de cada región.

Este artículo muestra la problemática de los sistemas convencionales de drenaje y como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible sirven como una alternativa de solución para el aprovechamiento, innovación en las tecnologías de uso del agua lluvia y los criterios generales de diseño.

¿QUÉ SON LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE?

Los Sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS) son herramientas funcionales que permiten un aprovechamiento y control adecuado de las aguas lluvias, evaluando métodos que se adapten fácilmente al ambiente. Como medidas de control se debe tener en cuenta que Bogotá se encuentra en una zona tropical y cuenta con varios periodos de lluvia en el año, por esta razón se debe tener en cuenta que urbanamente la ciudad está expuesta a riesgos de inundación. Además las zonas verdes permiten una evolución normal del ciclo hidrológico en las zonas urbanas y por lo tanto deben protegerse de la contaminación y para este caso los sistemas de drenaje sostenible permiten la evacuación de las aguas lluvias.

Por otra parte los SUDS permiten que la calidad paisajística se incremente, desarrollando caminos apropiados para conducir el agua y reverdeciendo una gran parte de la infraestructura urbana, lo cual aumenta el valor del entorno y mejora la calidad de vida de los ciudadanos.

PROBLEMÁTICA ACTUAL

La expansión urbana de las ciudades supone una ocupación de espacios y una transformación de usos, con importantes consecuencias sobre los procesos medioambientales naturales. Uno de estos procesos afectados directamente es el ciclo hidrológico natural.

El desarrollo urbano es, ante todo, una acción de impermeabilización de la superficie del terreno. La construcción de calles con pavimentos que son impermeables, la urbanización de parcelas con superficies destinadas a aparcamientos o paseos y la construcción de edificaciones suele suponer una

alteración radical del funcionamiento hidrológico de una determinada zona con respecto a la situación preexistente. [2]

En los últimos años, los sistemas de drenaje urbano se han visto sobrepasados en capacidad en tiempo de lluvias debido a la gran cantidad de agua pluvial que estos reciben procedentes de zonas urbanas impermeables. En este proceso de endurecimiento, se han dejado de lado las coberturas vegetales que interceptan la lluvia por tejado y suelos impermeables, las cuales se caracterizan por tener un umbral de escorrentía muy bajo.[3]

La problemática se convierte entonces en que debido a la existencia de zonas impermeabilizadas el agua generada por la precipitación se acumula y no se infiltra, lo que causa en la ciudad de Bogotá inseguridad en las calles y avenidas, problemas de filtraciones a las viviendas, entre otras.

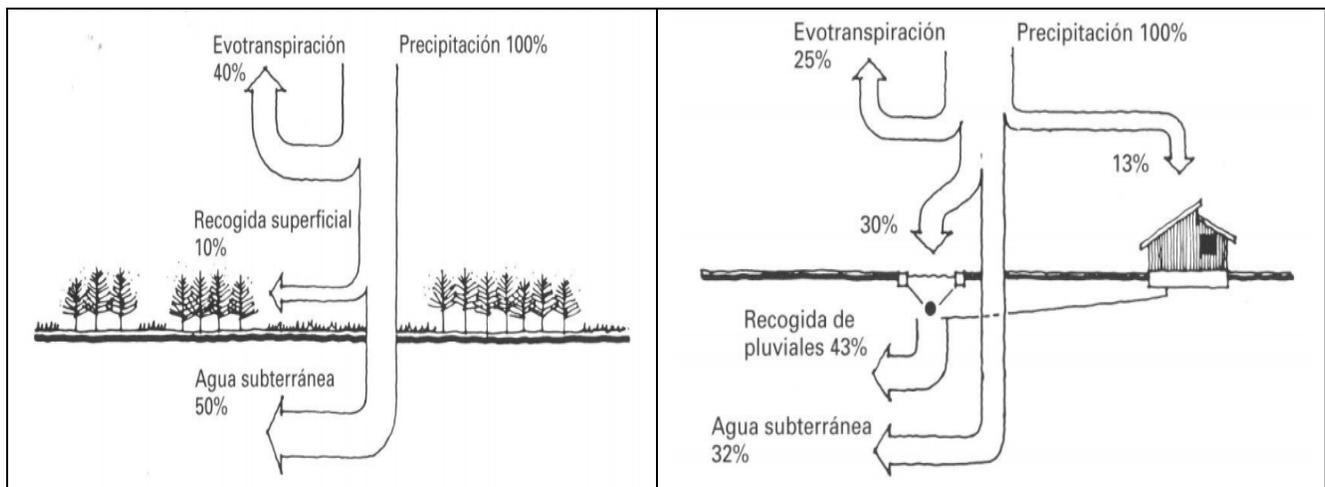


Figura 1. Cambios hidrológicos debido a la urbanización. Estado preurbano y urbano. Fuente: Aplicación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible[3]

En la ciudad de Bogotá, el sistema de alcantarillado aún presenta tramos de alcantarillado combinado, lo cual indica que las aguas lluvias y las aguas residuales están mezcladas, representando un problema cuando llueve puesto que el caudal en las tuberías aumenta a tal punto que sobrepasa su capacidad haciendo que el sistema colapse.

Según el Acueducto, en la ciudad hay que rehabilitar, al menos, el 35 por ciento de la red de alcantarillado, pero todavía no hay un diagnóstico detallado del estado de las tuberías. En los últimos dos años, la empresa rehabilitó unos 10 kilómetros de alcantarillado. La cifra es marginal si se tiene en cuenta que 450 kilómetros son de interceptores de aguas residuales, que no están incluidos en esta cifra. En la ciudad hay alrededor de 4.000 kilómetros de redes de alcantarillado sanitario, casi

2.500 kilómetros de alcantarillado pluvial (de agua lluvia) y unos 8.000 kilómetros de redes de acueducto menores o iguales a 12 pulgadas. En el caso del alcantarillado, el 62 por ciento de los tubos y canales se construyeron entre 1950 y el 2000. Muchas de esas redes tienen más de 70 años. La ciudad de Bogotá se enfrenta a muchos riesgos, uno de esos es la falta de capacidad de la red de alcantarillado para asumir la mayor cantidad de aguas residuales que generará la redensificación por nuevas viviendas y por ende las aguas lluvias también.[4]. El estado del sistema del alcantarillado pluvial actualmente se encuentra como se muestra en las siguientes figuras:

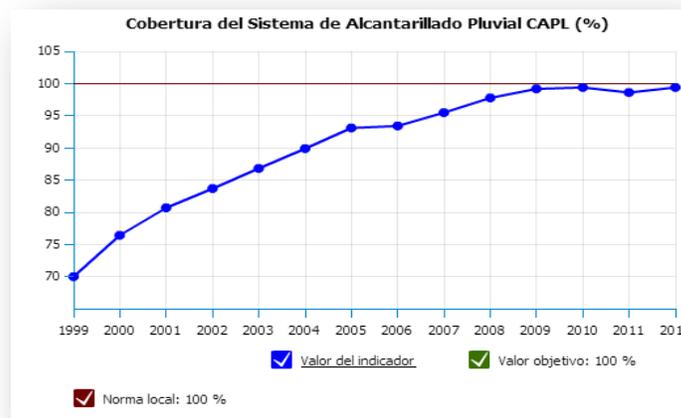


Figura 2. Cobertura del SAPL en Bogotá 1999-2012. Fuente: O. A. B.

| Fecha | Cobertura del Sistema de Alcantarillado Pluvial CAPL (%) |
|-------|--|
| 1999 | 70 |
| 2000 | 76,40 |
| 2001 | 80,70 |
| 2002 | 83,70 |
| 2003 | 86,80 |
| 2004 | 89,90 |
| 2005 | 93,10 |
| 2006 | 93,40 |
| 2007 | 95,50 |
| 2008 | 97,80 |
| 2009 | 99,20 |
| 2010 | 99,40 |
| 2011 | 98,62 |
| 2012 | 99,43 |

Tabla 1. Cobertura del SAPL en Bogotá 1999-2012. Fuente: O. A. B.

SISTEMAS DE APLICACIÓN

En Bogotá existe la posibilidad de incorporar los SUDS en lugares comunes y corrientes, dando lugar al mejoramiento de la percepción visual que se tiene de cada sitio y aportando un valor agregado a la calidad de vida de todos.

- **Cubiertas vegetadas**

Las cubiertas vegetadas o verdes están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Estructuralmente consisten en un sistema multicapa colocado sobre los tejados de los edificios sobre el que se favorece el crecimiento de vegetación. Este sistema, además retiene contaminantes, actúa como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.

El tipo de diseño de cubierta vegetada determinará las clases de plantas que pueden crecer, la posibilidad de acceso público, las consideraciones estructurales, el mantenimiento requerido y los costes.

- **DEPÓSITOS Y ESTANQUES DE INFILTRACIÓN**

Son depresiones en el terreno o embalses poco profundos que se diseñan para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en las superficies adyacentes. El objetivo de estos depósitos es la transformación de un flujo superficial en subterráneo, eliminando los contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas. Además de tener capacidad de tratar la contaminación disuelta también tienen capacidad para minimizar los efectos de la contaminación térmica sobre los medios receptores, puesto que la temperatura del agua se templea con el ambiente antes de ser vertida.

El rendimiento de estas técnicas se puede mejorar colocando un sistema de pretratamiento que disminuya la entrada de sólidos en suspensión, reduciendo así el riesgo de colmatación de la zona de infiltración.

- **DRENES FILTRANTES O FRANCESES**

Son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante, en el que suele haber un conducto inferior de transporte. Están diseñados para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables contiguas, transportándola hacia aguas. Permiten la infiltración y favorecen la laminación de la escorrentía.

El tiempo de estancia del agua en el dren debe ser suficientemente alto y la velocidad del agua suficientemente lenta para que exista infiltración a través del geotextil. De esta manera, en algunos drenes no es necesario dirigir el agua hasta el punto de vertido, pues al cabo de una cierta longitud se ha infiltrado totalmente.

- **HUMEDALES ARTIFICIALES**

Son elementos artificiales, de escasa profundidad y con una elevada densidad de vegetación emergente, propia de pantanos y zonas húmedas. Esta alta cantidad de vegetación hace que los niveles de bioeliminación de contaminantes sean más que notables.

Además de la gran efectividad en el control de la calidad del agua, también son de utilidad en el control del volumen de escorrentía. Un punto a tener en cuenta en el diseño de estos elementos la importancia de asegurar siempre un flujo base, especialmente en períodos de sequía, ya que es imprescindible para mantener con vida la flora y la fauna que habitan en el humedal. Una de las ventajas más significativas de estas técnicas es que aporta un gran potencial ecológico, estético, educacional y recreativo al lugar en el que son emplazadas.

A la hora de su diseño hay que tener en cuenta que: las áreas de drenaje han de estar en torno a las 10 hectáreas, la pendiente longitudinal no ha de superar el 8%, la diferencia de cotas entrada-salida tiene que estar entre 0,9 y 1,5 metros y el suelo ha de impermeabilizarse si hay algún acuífero cercano.

- **TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.**

Sistema que almacena agua en el área donde se precipita, para luego ser absorbida dentro de la estructura formada por las celdas (AquaCell), se infiltra en el suelo o puede ser retenida por un tiempo antes de ser descargada al alcantarillado o conservada para luego ser reusado en riego y limpieza o con algún tratamiento posterior, como agua potable.



Figura 3. Tanques de almacenamiento de Aguas Lluvias AquaCell. Fuente: PAVCO

- **SUPERFICIES PERMEABLES**

Las superficies permeables proporcionan un medio propicio para el tráfico peatonal o vehicular permitiendo simultáneamente la percolación de las aguas lluvias a las capas inferiores de la estructura de pavimento. El objetivo de este SUDS consistirá fundamentalmente en almacenar el agua lluvia percolada temporalmente disminuyendo así la cantidad de escorrentía que de otra manera quedaría en superficie.

Allí en donde se plantee su uso, la estructura de cimentación o de soporte deberá disponer de subdrenajes que conduzcan el agua percolada a través del sistema granular hacia las redes locales de alcantarillado pluvial. La estructura de soporte estará además envuelta en una membrana flexible impermeable que impida la saturación del suelo circundante. De preferencia, estas superficies deberán estar conformadas por superficies de grava, por concreto o asfalto poroso, o por pavimentos articulados con gran separación entre unidades individuales con el fin de facilitar el paso del agua hacia las capas inferiores.

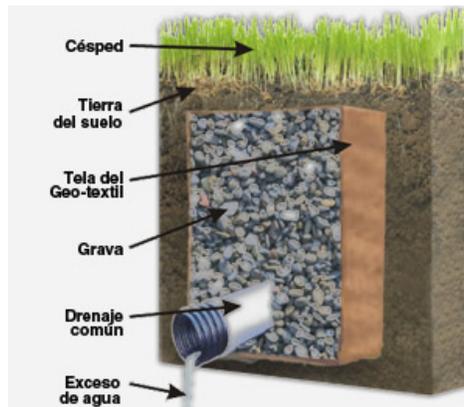
- **CUNETAS VERDES**

Son canales por donde se transporta la escorrentía proveniente de las zonas impermeables. Estos elementos están diseñados para la retención de basuras gruesas y sólidos suspendidos en donde además se favorece la remoción de contaminantes. Esos elementos se podrán diseñar como canales abiertos en flujo permanente con números de Manning correspondientes a canales vegetados. Estos canales podrán remplazar elementos típicos de drenaje tales como cunetas en concreto si se garantiza un dimensionamiento adecuado que permita evacuar los caudales de diseño. Las cunetas verdes deberán diseñarse con velocidades menores a 1 m/s con el fin de prevenir la posible erosión del terreno. Los diseñadores deberán propender por mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.30 m/s con el fin de promover la remoción de contaminantes, la sedimentación del material particulado y evitar su resuspensión.



- **FILTROS**

Los filtros son SUDS conformados por excavaciones poco profundas (entre 1 y 2 m) rellenas con materiales pétreos gruesos que crean almacenamiento temporal subsuperficial. Estos sistemas poseen la desventaja de que pueden llegar a colmatarse con facilidad, por lo que deberán diseñarse cuidadosamente sus capas granulares interiores con el fin de maximizar su tiempo de vida útil. Estos elementos pueden captar lateralmente la escorrentía proveniente de vías y deberán tener superficies deprimidas que permitan la concentración de la escorrentía hacia el centro del elemento.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el óptimo uso de estos sistema se debe tener en cuenta que se debe hacer un constate mantenimiento de las estructuras ya que es parte de su funcionamiento retener basuras gruesas.
- Se debe tener en cuenta que al ser tecnologías nuevas no hay muchas experiencias en Bogotá y limita su aplicación, por lo que se recomienda recurrir a diseños especializados ya que puede generar desconfianza frente al manejo del drenaje.
- En caso de ejecutar una de estas obras se debe tener extremado control ya que al ser relativamente nuevo no hay mucha gente capacitada en el sector de la construcción para una adecuada ejecución.
- Se debe trabajar más en la elaboración de manuales específicos para diferentes zonas climáticas con diferentes patrones pluviométricos y diferentes tipos de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez Bayón J. *et. al.*(2008). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS. Universidad de Cantabria. Consultada en marzo del 2013. En: <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/Publicaciones/SUDS>
- [2] Altarejos García L., (). Aplicación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible. CPS Ingenieros, Obra Civil y Medio Ambiente, S.L. Consultada en Abril de 2013. En: http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010413.pdf
- [3] Secretaría Distrital de Ambiente; (2011). Subdirección de Ecourbanismo y Gestión Ambiental Empresarial SEGAE. Documento técnico de soporte SUDS. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá D. C.
- [4] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Subdirección de Obras Civiles. Consultada en Abril de 2013. En: <http://www.acueducto.com.co>
- [5] Observatorio Ambiental de Bogotá. Consultada en Abril de 2013. En: <http://oab.ambientebogota.gov.co>