

TRABAJO DE GRADO DE ESPECIALIZACION

**CASOS EXITOSOS DE SUDS EN CIUDADES CON DENSIDADES DE
POBLACION ALTAS, POCAS ZONAS VERDES Y REGIMEN DE LLUVIAS
INTENSO.**

Carlos Andrés Sandoval León

Asesor: Juan G. Saldarriaga Valderrama



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESPECIALIZACION EN INGENIERÍA DE SISTEMAS HÍDRICOS URBANOS
BOGOTÁ D.C.
2015**

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	6
1.1	Objetivos.....	6
1.1.1	Objetivo General.....	6
1.1.2	Objetivos Específicos.....	6
2	Marco teórico.....	7
2.1	BREVE RESEÑA SOBRE SUDS.....	7
2.1.1	DEFINICION.....	7
2.1.2	BENEFICIOS.....	11
	Beneficios hidrológicos:.....	11
	Beneficios paisajísticos:.....	11
	Beneficios ambientales:.....	11
	Beneficios sociales y urbanos:.....	12
	Beneficios económicos:.....	12
2.1.3	TIPOLOGÍAS.....	13
2.2	SUDS USADOS EN URBES CON GRANDES ZONAS URBANIZADAS Y POCAS ZONAS VERDES. 20	
2.3	SUDS USADOS EN URBES CON ALTOS RÉGIMEN DE LLUVIAS.....	28
2.4	CASO DE BOGOTA Y EL DESARROLLO DE SUDS.....	42
3	Metodología.....	49
4	Resultados.....	50
5	Análisis de resultados.....	51
6	Conclusiones.....	52
7	Recomendaciones.....	53
8	Referencias.....	54
9	Anexos.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Concepto ilustrativo de SUDS</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 2. Uso tanque de almacenamiento</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 3. Tanque de almacenamiento y uso</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 4. Manejo de aguas lluvias con techos verdes</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 5. Caracterización de Dren filtrante para el manejo de aguas lluvias.</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 6. Uso de drenes filtrantes.</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 7. Uso de cunetas verdes.</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 8. Uso de bioretención en zonas urbanas.</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 9. Uso de superficies permeables en zonas urbanas.</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 10. Pondajes húmedos vegetados o humedales</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 11. Efectos de la urbanización en el hidrograma unitario</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 12. Esquemas del manejo de aguas lluvias con techos verdes y otras tipologías de SUDs</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 13. Casos de uso de Techos verdes en el mundo</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 14. Implementación de SUDs en zonas urbanas con altos regímenes de lluvias.</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 15. Casos de SUDs en zonas urbanas.</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 16. Zonas de Singapur para ser inundadas.</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 17. Mapa de tren de SUDs implementados en el Acuario de Florida</i>	<i>40</i>



ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Grafica 1. Efectos en el Hidrograma unitario con el uso de techos verdes</i>	<i>26</i>
<i>Grafica 2. Precipitaciones de 60 minutos máximo anual desde 1.980 hasta 2.010</i>	<i>33</i>
<i>Grafica 3. Frecuencia anual de ocurrencia de precipitaciones por hora total superior a 70 mm</i>	<i>33</i>
<i>Grafica 4. Evolución y proyección de la tasa de urbanización en las Américas 1970 – 2050.</i>	<i>44</i>

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad dadas las condiciones de celeridad con que se están densificando o se han densificado las ciudades, lo que conlleva a la impermeabilización de las mismas dadas por la intensificación del urbanismo, así como los nuevos regímenes de lluvias establecidos por cambio climático, esto en cuanto a intensidades y frecuencias, ha contribuido a que la infraestructura sanitaria de las ciudades quede rezagada y quizá obsoleta frente a estas nuevas condiciones, generando así a que en la actualidad se piense en nuevas medidas para el manejo y control en especial de las aguas lluvias que van a los sistemas de drenaje.

En consistencia con lo mencionado, Bogotá ha querido mediante sus instituciones distritales alinearse a los estándares que el mundo en temas de sostenibilidad ha querido implementar; por ende este trabajo tiene como finalidad llevar a cabo una pequeña investigación de casos exitosos de SUDs en algunas ciudades con características similares en cuanto a densificación y regímenes de lluvias, y a su vez analizar la conveniencia de estas para ser implantadas en la ciudad.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Analizar casos de estudios de utilización de SUDs, en ciudades con características similares a las que cuenta Bogotá

1.1.2 Objetivos Específicos

Investigar el comportamiento de la implementación de SUDs en ciudades con régimen de lluvias altos y densidades poblacionales altas con pocas zonas verdes, como los que se presentan en la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia

Determinar el grado de implementación de tipos de SUDs exitosos en otras ciudades del mundo, para el caso de la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia

2 MARCO TEÓRICO

2.1 BREVE RESEÑA SOBRE SUDS.

2.1.1 DEFINICION

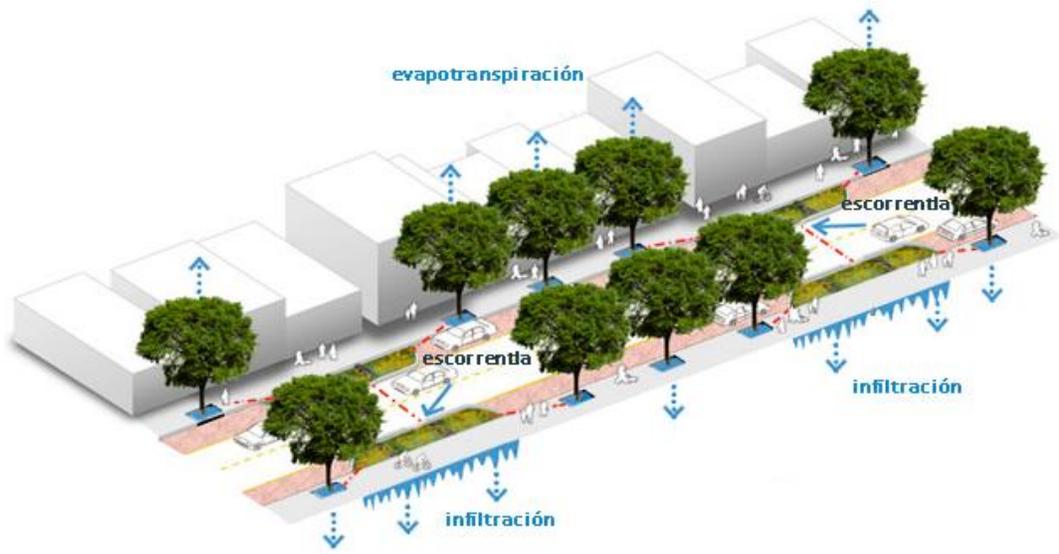
Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS, UK), también conocidos en Norteamérica como Best Management Practices (BMPs) y Low Impact Development (LID), y en Australia como Water Sensitive Urban Design (WSUD) y Natural Drainage Systems (NDS) son sistemas de drenaje de aguas lluvias y de escorrentía diseñados con el fin de contribuir al alcance de un desarrollo sostenible. La implementación de dichos sistemas se fundamenta en la filosofía de aproximarse al mecanismo de drenaje natural que posee el espacio antes de ser intervenido por el hombre, en el cual el agua penetra el suelo, lo satura y una parte es absorbida por la vegetación antes de que ocurra una escorrentía significativa (Woods-Ballard, Kellagher, et al., 2007a).

El principal objetivo de los SUDS es disminuir el impacto negativo del desarrollo urbano en la cantidad y la calidad del agua de escorrentía y maximizar la posibilidad de biodiversidad mediante la generación de hábitat (Woods-Ballard, Kellagher, et al., 2007b).

En la mayoría de los sistemas tradicionales de evacuación de aguas lluvias, grandes cantidades de agua son enviadas directamente a los sistemas de tuberías o sistemas de drenaje convencional que corresponde al sistema de alcantarillado a través de diversas estructuras; dicho sistema conduce las aguas hacia cuencas que se encuentran en la zona urbana. El agua lluvia en su recorrido por las amplias superficies impermeables de la ciudad recoge partículas de polvo, impurezas y sustancias contaminantes, que son llevadas y depositadas sin ningún tratamiento al sistema de alcantarillado. Sin embargo el hecho de tratar el agua lluvia como un problema que requiere ser canalizado y evacuado lo más rápido posible, es la principal causa de la imposibilidad de controlar

su comportamiento. Por esta razón, los SUDS funcionan con un principio completamente opuesto al de los sistemas tradicionales, ya que tienen la capacidad de captar el agua y atenuar la escorrentía superficial, realizando la evacuación de manera gradual y controlable (P. Jones and Macdonald, 2007).

Entre las ventajas que tiene la implementación de SUDS en lugar de los sistemas convencionales de drenaje, también se encuentra la capacidad de disminuir la concentración de contaminantes, el fomento de la infiltración de agua que implica la conservación de los acuíferos subterráneos, el incremento del valor estético de las áreas intervenidas y la generación de hábitat para algunas especies, entre otras (Woods-Ballard, Kellagher, et al., 2007a).



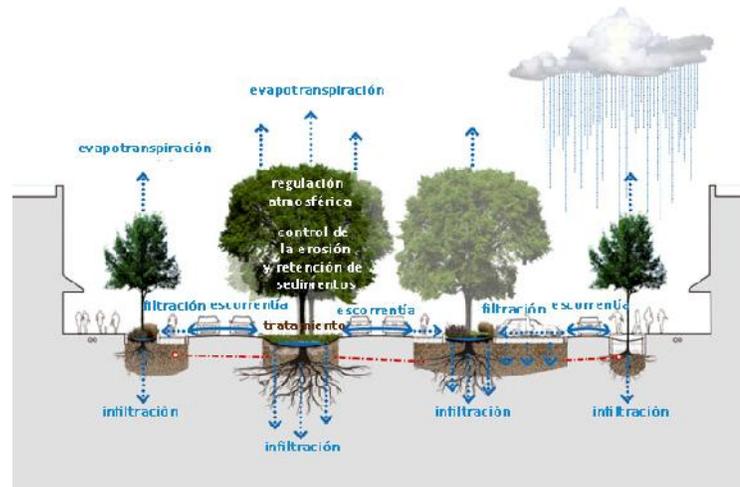


Ilustración 1. Concepto ilustrativo de SUDS

Los SUDS se pueden organizar en dos grandes grupos: las prácticas estructurales, y las prácticas no estructurales, (United States. Environmental Protection Agency, 1999; United States. Environmental Protection).

2.1.1 Prácticas estructurales:

Se clasifican en las siguientes categorías principales:

- De infiltración: Capturan el agua de escorrentía y la infiltran en el terreno, un ejemplo son las lagunas de infiltración, y los pozos de absorción.
- De detención: Capturan un volumen de escorrentía y lo retienen temporalmente para su posterior liberación. No retienen grandes volúmenes de agua entre eventos de escorrentía.

Un ejemplo de este sistema son las lagunas de detención.

- De retención: Capturan un volumen de escorrentía y lo retienen hasta que es desplazado parcial o totalmente por un nuevo evento de escorrentía, como es el caso de los estanques húmedos.

- **Humedales Construidos:** Son estanques con áreas poco profundas, y vegetación propia de los humedales, que remueven algunos contaminantes presentes en el agua, y promueven la generación de hábitat.
- **De filtración:** Usan una combinación de material granular filtrante como arena, suelo, material orgánico, carbón o membranas para remover contaminantes en el agua de escorrentía. Un ejemplo de éstos son los medios filtrantes, conformados por materiales permeables y los sistemas de biorretención, que corresponden a áreas vegetadas que recogen y tratan el agua.
- **Canales abiertos (de vegetación):** Sistemas diseñados para conducir y tratar el agua de escorrentía, como las franjas filtrantes y las cunetas verdes.
- **Control de superficies:** Son aquellos sistemas que Minimizan la conexión directa entre superficies impermeables con el sistema de alcantarillado, por ejemplo los techos verdes.

2.1.2 Prácticas no estructurales:

Entre las prácticas no estructurales se destacan actividades como el control de la disposición de desechos del hogar y materiales peligrosos, exigencia de orden y limpieza en espacios comerciales y a nivel industrial, la modificación del uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, la inclusión de políticas de manejo de escombros, el control de la disposición de residuos animales, el correcto mantenimiento a cuencas, caminos, calles, estacionamientos y zanjas, la detección y eliminación de descargas ilícitas, programas educativos y de asistencia, manejo del drenaje de aguas pluviales, y promoción de desarrollos de bajo impacto y del ordenamiento territorial.

2.1.2 BENEFICIOS

El uso de SUDS como sistema de drenaje no convencional presentan grandes beneficios al drenaje urbano; dichos beneficios pueden ser considerados dentro de los grupos mencionados a continuación:

Beneficios hidrológicos:

- Prevención frente a inundaciones.
- Mantenimiento o restauración del flujo natural en corrientes urbanas.
- Menor interferencia en los regímenes naturales de las masas de aguas receptoras, tanto en calidad como en cantidad.
- Recarga de acuíferos subterráneos, restituyendo el flujo subterráneo hacia los cursos naturales mediante infiltración. Y al favorecer la infiltración del agua de escorrentía, hace que ésta pase a ser considerada como un recurso hídrico disponible para ser reutilizado.

Beneficios paisajísticos:

- Creación de entornos naturales (como humedales, por ejemplo) de valor paisajístico.
- Mejora de la calidad estética de una zona urbana, aumentando el valor de las zonas residenciales donde se implanta.

Beneficios ambientales:

- Mejora de la calidad de las aguas de escorrentía.
- Reducción de la cantidad de contaminantes que llegan al medio receptor.
- Enriquecimiento de la biodiversidad al crear nuevos humedales.
- Menor interferencia en los regímenes naturales de las masas de aguas receptoras.
- Reducción del efecto “isla de calor” en las ciudades, contrarrestando el aumento de temperatura provocado por superficies asfaltadas y hormigonadas.
- Al prevenir las inundaciones y permitir la recogida de agua de lluvia, ayudan a hacer frente a los efectos del cambio climático.



- La recarga de acuíferos mediante estas técnicas puede solucionar problemas ambientales como los de intrusión marina, subsidencia, degradación de humedales y disminución de caudales base de cauces fluviales, entre otros.
- Reducción del número de descargas del sistema unitario de las depuradoras.

Beneficios sociales y urbanos:

- Protección frente al riesgo de inundación.
- Permite el desarrollo urbano en espacios con el sistema de alcantarillado colapsado.
- Soluciona la incapacidad hidráulica de la red de colectores convencional debida al rápido crecimiento urbano de una zona, evitando la necesidad de desdoblamiento de la red.
- Embellecen la construcción urbana

Beneficios económicos:

- Son considerados como sistemas de drenaje de aguas pluviales de bajo coste, por requerir de una menor inversión en su construcción comparada con otros métodos convencionales.
- Disminuyen las pérdidas económicas por daños provocados por inundaciones.
- Al pasar a ser el agua de precipitación un recurso disponible e incluirse en la gestión de recursos hídricos, disminuye el gasto en la captación y otras obras hidráulicas.
- Incremento del valor añadido de las urbanizaciones, debido a la mejora del paisaje del entorno y de la dotación de zonas recreacionales adicionales.
- Reducen los costos de funcionamiento de las depuradoras al disminuir la cantidad de agua a tratar que llega a las mismas, la cantidad de energía invertida en el tratamiento y al no alterarse frecuentemente el patrón de contaminantes para el que la depuradora ha sido diseñada.

2.1.3 TIPOLOGÍAS

Dentro de las tipologías encontradas en el uso de SUDS se puede encontrar:

Tanques de almacenamiento de agua lluvia. (Retention Ponds)



Ilustración 2. Uso tanque de almacenamiento

Se trata de sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posibles contaminantes. Además, la entrada y la descarga deben de contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; deben estar dotados de dispositivos para el retiro de agua. Deben ser de un material inerte, el hormigón armado, de fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable son los más recomendados.

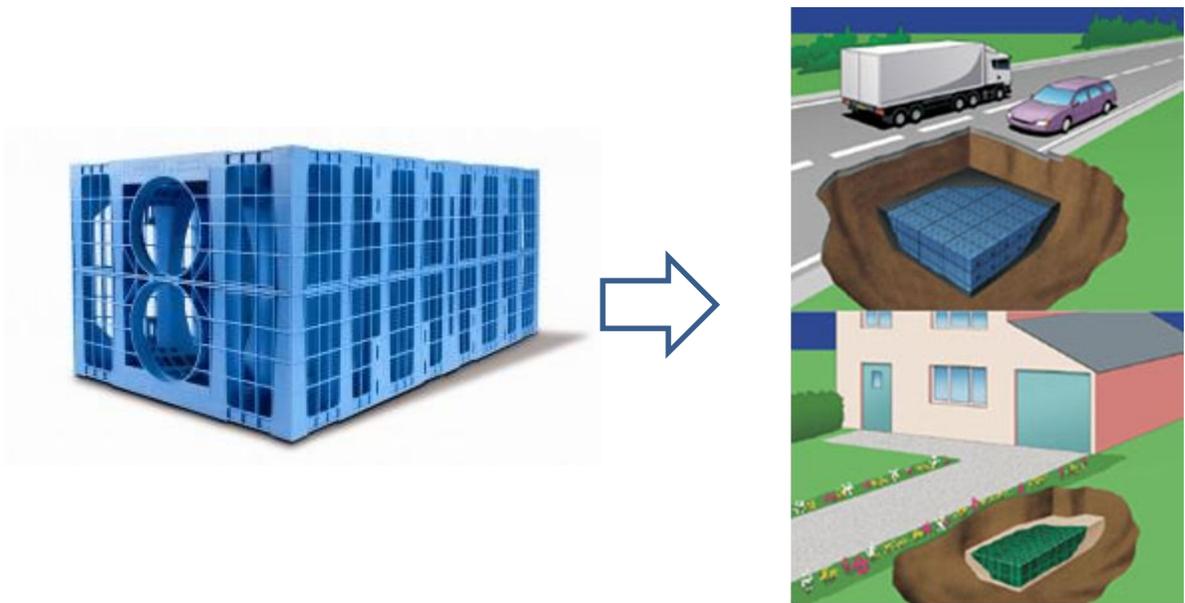


Ilustración 3. Tanque de almacenamiento y uso

Sistemas de techos verdes o cubiertas vegetalizadas. (Green Roofs)

Los techos o cubiertas verdes son áreas con vegetación que se vienen implementando desde hace muchos años, por ejemplo, en Europa, son utilizados como una fuente que permite el almacenamiento de calor para las viviendas. Consisten en una gruesa capa de tierra con plantas, césped, y/o árboles, y se requiere un soporte estructural adicional.



Ilustración 4. Manejo de aguas lluvias con techos verdes

Drenes filtrantes. (Filter Drains)

Los pozos de infiltración son alternativas que se implementan en áreas en las que no se pueden instalar obras superficiales. Son sistemas que se encuentran enterrados, y cuyo tamaño puede variar según sea la necesidad.

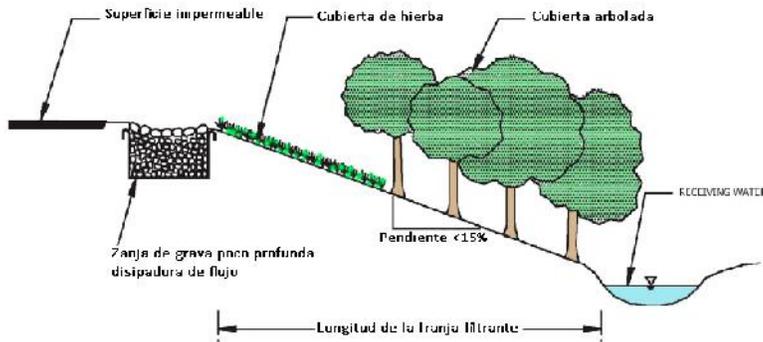


Ilustración 5. Caracterización de Dren filtrante para el manejo de aguas lluvias.



Ilustración 6. Uso de drenes filtrantes.

Cunetas o zanjas verdes. (Swales/ & Infiltration Trenches)

Las cunetas verdes son zanjas trapezoidales cuya finalidad es la captación de las escorrentías pluviales.



Ilustración 7. Uso de cunetas verdes.

Zonas de Bioretención. (Bioretention Ponds)

Los jardines de bioretención son espacios modificados que permiten los procesos de captación y almacenamientos de aguas lluvias desde el mismo momento en que se presente el evento, a través de las capacidades de infiltración del suelo.



Ilustración 8. Uso de bioretención en zonas urbanas.

Superficies permeables. (Porous/Permeable Paving)

Los pavimentos permeables son continuos o modulares, que dejan pasar el agua a su través, así como su misma base. Permiten que ésta se infiltre a el terreno o sea captada y retenida en capas subsuperficiales para su posterior reutilización o evacuación.

Los pavimentos permeables son la mezcla entre hormigón de alta porosidad y una sub-base permeable. Este tipo de pavimentos puede cumplir con las mismas funciones de un pavimento tradicional en cuenta a la aplicación en parqueaderos, andenes y veredas. El pavimento permeable en muchos casos puede llegar a tener una capacidad de infiltración superior a la de algunos tipos de suelo, lo que permite que éste sea capaz de absorber en su totalidad el agua producto de la lluvia que cae sobre él.

Existen diversas tipologías de superficies permeables, entre ellas están: Pavimentos continuos de cualquier tipo de mezcla porosa (asfalto, hormigón, resinas, etc.), césped, césped reforzado, gravas, bloques impermeables con juntas permeables, bloques y baldosas porosos, pavimento de bloques impermeables con huecos rellenos de césped

o grava, pavimento de bloques impermeables con ranuras sin relleno alguno, o pavimento de bloques porosos.



Ilustración 9. Uso de superficies permeables en zonas urbanas.

Pondaje húmedo vegetado o humedales. (Wetlands)

Un jardín de lluvia o humedal es una depresión poco profunda en la tierra, con una delgada capa orgánica sobre un terreno con suelo permeable con grama, plantas o árboles. El agua lluvia es absorbida en vez de acumularse en las superficies impermeables o ya saturadas. Esto hace que el agua se filtre al terreno naturalmente o sea reutilizada en sistemas de riego y demás, en vez de ser enviada a los canales urbanos previniendo así inundaciones en zonas rurales y urbanas.





Ilustración 10. Pondajes húmedos vegetados o humedales

2.2 SUDS USADOS EN URBES CON GRANDES ZONAS URBANIZADAS Y POCAS ZONAS VERDES.

Una de las problemáticas existentes en la actualidad en el entorno de las ciudades, es la pérdida de superficie permeable como consecuencia de la urbanización que se realiza en las mismas. Esta urbanización conlleva la impermeabilización de zonas extensas que con anterioridad, y de forma natural, eran capaces de gestionar el agua de lluvia que recibían.

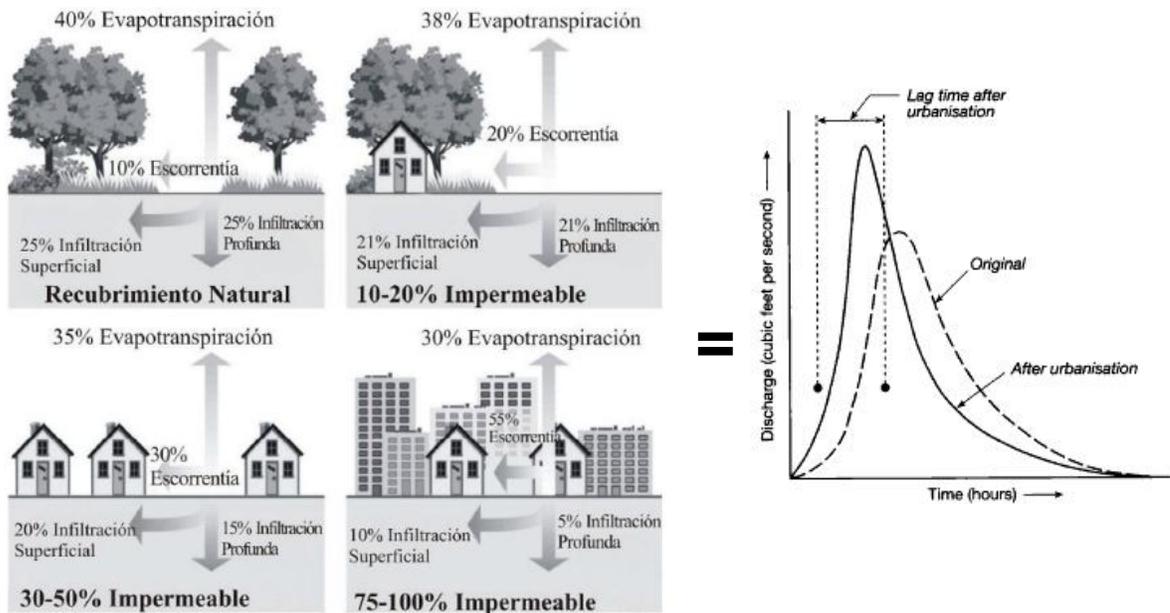


Ilustración 11. Efectos de la urbanización en el hidrograma unitario

Alternativas frente a dicha problemática se han dado con la aparición de los techos verdes o cubiertas verdes los absorben en gran parte el agua lluvia y el resto la retiene por un tiempo, ayudando a reducir el flujo máximo de aguas pluviales sobre el alcantarillado. Como resultado los techos verdes disminuyen la posibilidad de inundaciones en las ciudades y en la periferia; además actúan como purificadores del aire urbano, restauran la biodiversidad y habilitan espacios subutilizados (como son los techos) entre muchos otros beneficios.

Existen diversas formas de trabajar con los techos verdes como se muestra a continuación.

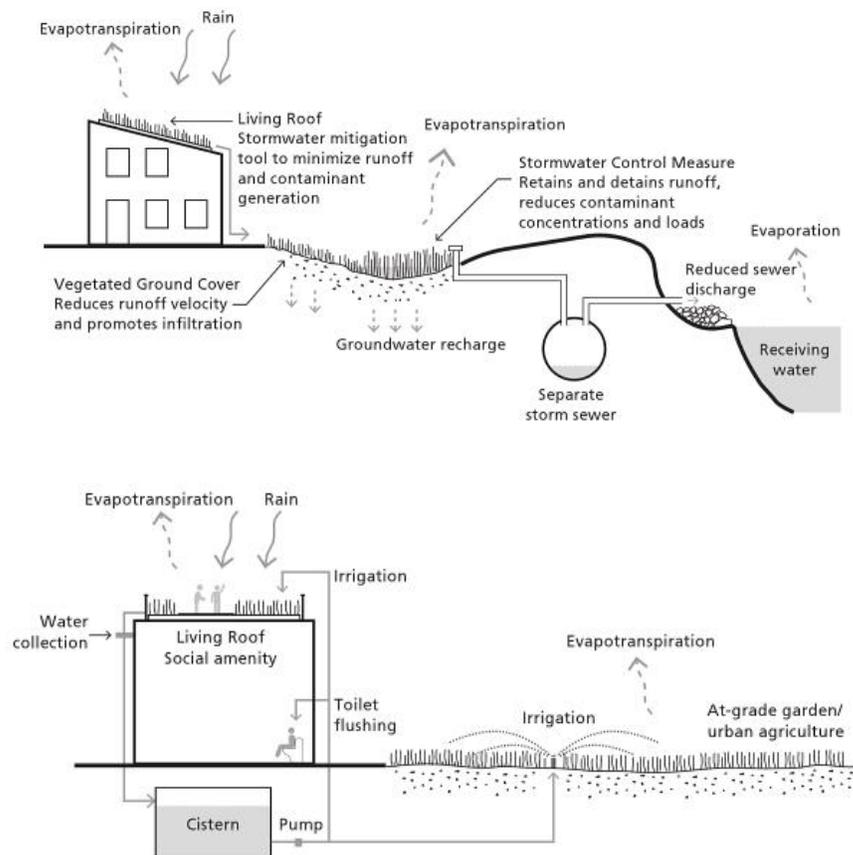


Ilustración 12. Esquemas del manejo de aguas lluvias con techos verdes y otras tipologías de SUDs

A continuación se muestra fotografías de la aplicación de dicha técnica en diversas ciudades del mundo:

Barrió Punggol noreste - Singapur



Copenhage - Dianamarca



Buenos Aires - Argentina



Ilustración 13. Casos de uso de Techos verdes en el mundo

Caso – Seis pequeños edificios (Rock Springs- Pa)

Introducción

Muestras de escorrentía de techos verdes se obtuvieron de la investigación en seis pequeños edificios en Rock Springs, PA, durante el período comprendido entre enero de 2005 hasta noviembre de 2005. La escorrentía de tres techos verdes, dos techos de control planos en asfalto, y un techo con un sistema dividido entre detención y un sistema techo verde sin plantas, la lluvia fue recogida en barriles. Las comparaciones de los volúmenes de escorrentía se presentan entre los tipos de cubiertas. Volumen de agua de escorrentía variado tanto con evento de muestra y el tipo de techo. Los análisis se realizaron en el período de estudio, base mensual e individual tormenta.

Metodología

Seis estructuras similares, tres con techos verdes, dos con asfalto laminado estándar de techado y otro con la mitad de la cubierta en una sección de detención hecha a la medida, y la otra mitad con un techo verde sin plantar medios se utilizaron para este estudio. Todos techos verdes fueron construidos para ser repeticiones idénticas de uno al otro para permitir el análisis estadístico y comparaciones.

La sección de almacenamiento en la azotea fue diseñado para proporcionar aproximadamente 1,0 pulg. (25 mm) de la detención de agua a corto plazo con liberación lenta, y la sección de los medios de comunicación sin plantar contiene modificación de esquisto y el compost ampliado ligero, se incluyó como control para evaluar los efectos de las plantas en los techos en el campo. Las estructuras fueron aisladas. Cada estructura era un 6 x 8 pies (1,8 x 2,4 m) edificio con un techo casi plano (01:12 tono). Una cubierta canalón y bajante se unen al extremo inferior de cada tejado para recoger toda la escorrentía desde el techo. Cada bajante drena 60 galones (230 L) en un barril de plástico. La capacidad total del barril fue de aproximadamente 2 pulg. (50 mm) de lluvia sobre el superficie del techo. La lluvia superó a la capacidad del barril

podría desbordar la parte superior del barril al suelo, por lo que en previsión de desbordamiento durante la tormenta más grande monitoreada, los barriles se vaciaron para permitir un control completo de la tormenta.

Este tamaño del techo y el tamaño del barril combinado, permitió la captura completa para todos los eventos, con excepción de uno. Este fue un enfoque único para el monitoreo de los techos verdes.

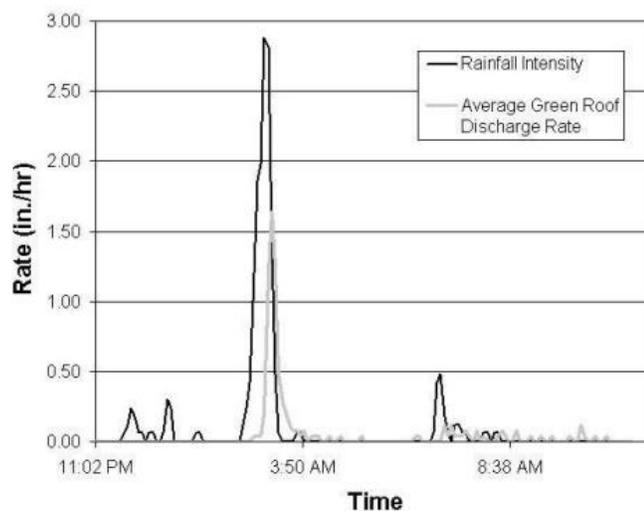
Los volúmenes de escorrentía del techo.

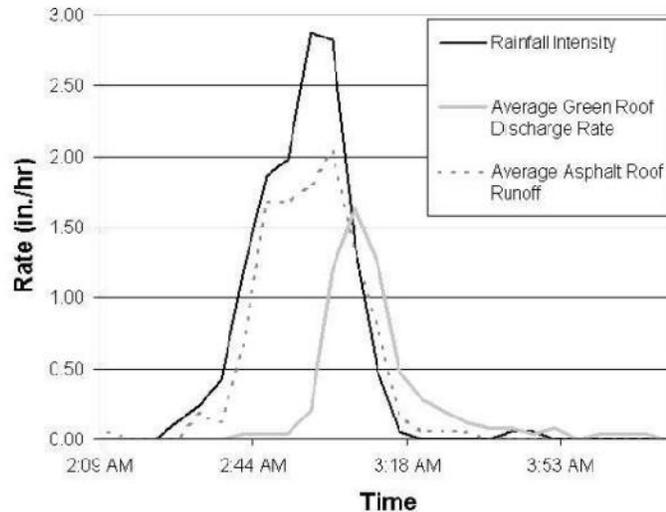
Para 26,9 pulg. (683 mm) de precipitación grabada, había un valor medio correspondiente de 12,7 pulg. (323 mm) con una desviación estándar de 2,8 pulg. (71 mm) de la escorrentía de techo verde en comparación con una media de 23,1 pulg. (587 mm) con una desviación estándar calculada de 1,7 pulg. (43 mm) para los techos planos de asfalto. (Nota: También se calcularon los valores de desviación estándar para dos repeticiones del techo plano de asfalto, mientras que las recomendaciones son típicamente durante un mínimo de tres). Los techos verdes conservan 52,6%, mientras que los techos planos de asfalto retenían 14,1% de la precipitación. No es de extrañar que en algunos la retención debería ocurrir con laminado para techos de asfalto; todas las superficies tienen "recovecos" abstracciones, donde hay pérdidas iniciales de escorrentía. Además, algo de precipitación probable evaporado de las superficies de techo, y algunos muy probablemente se perdieron a salpicar sobre los bordes. El techo de detención tenía 21,8 pulg. (554 mm) de escorrentía basado en 26,1 pulg. (554 mm) de precipitación (excluidos los eventos del 19 de mayo de 2005 hasta el 24 de mayo 2005, cuando el transductor no funcionó correctamente), sólo hubo el 16,3% de retención. El techo de sólo los medios de comunicación tuvo escorrentía de 15,8 pulg. (400 mm), con sede el 22,4 pulg. (569 mm) de precipitación (excluyendo febrero y eventos después de 25 de octubre 2005, cuando transductor no funciona correctamente) que conserva el 29,7%.



La retención de lluvia en los edificios de techo verde varió de mes a mes. La retención en meses de clima frío (enero, hasta marzo, octubre y noviembre) fue menor que en los meses de clima cálido (abril a septiembre). Durante los meses de verano se observó que casi no había escorrentía de los techos verdes; sin embargo, como era de esperar, durante los períodos húmedos se observó algún escurrimiento de los techos verdes. Por ejemplo, la escorrentía en agosto fue 18 % de la 3,65 pulg. (93 mm) de precipitación, en comparación con septiembre, que era sólo el 4% de la 0,91 pulg. (23 mm) de precipitación. En los meses fríos, los períodos más secos aumentaron la retención y produjeron menos escorrentía, que durante los periodos más húmedos. Por ejemplo, sólo el 44 % del 1,7 pulg. (43 mm) de precipitación en febrero genero escorrentía, mientras que la escorrentía de 71 % y 82 %, respectivamente, se generó en el mes de marzo con 2,54 pulg. (65 mm) de precipitación, y enero con 4,46 pulg. (113 mm) de precipitación.

En los Meses Cálidos, casi toda la precipitación fue retenida por los techos verdes. En contraste, no hubo diferencias reales en la retención por los techos de planos de asfalto entre períodos de temporada Fríos y Cálidos.





Grafica 1. Efectos en el Hidrograma unitario con el uso de techos verdes

Análisis Hidrograma Pico

En una tormenta más grande, el techo verde típicamente mantendrá casi toda la precipitación en el inicio del evento hasta que el almacenamiento supera la capacidad. Una vez que la capacidad de almacenamiento, es decir, la abstracción inicial, se superó y la escorrentía comienza a ocurrir, casi toda la precipitación adicional se libera en forma de escorrentía como se ha demostrado anteriormente en las gráficas. El escurrimiento de techo verde se retrasa, por lo tanto, desde el inicio de la tormenta por un período que corresponde a llenar el almacenamiento a su capacidad. La escorrentía también se ha retrasado debido a que el agua lluvia debe pasar a través del dosel de la vegetación (intercepción y flujo tallo), zona de las raíces y los medios porosos intermedios, antes de que llegue al sistema de drenaje. Retraso en el flujo a través del sistema del techo verde se encuentra influenciado por el tamaño de la cubierta, la cubierta vegetal, la ruta, la conductividad hidráulica de los medios porosos, y la capa de drenaje. Una vez la precipitación alcanza la capa de drenaje, el agua fluye a través del sistema a la alcantarilla y bajantes. El componente vertical es responsable de la

abstracción y el retraso inicial de la escorrentía, mientras que el componente lateral parece similar a otros sistemas de techado.

Durante la segunda lluvia más intensa del estudio, el flujo máximo de escorrentía en techo verde no sólo se retrasó, en general fue atenuada, alcanzando así sólo la mitad de la precipitación pico como se demuestra en las grafica 1. La intensidad máxima de este evento de lluvia pico fue de 3 in/hr (~ 75 mm / hr), con techo de asfalto. El techo verde también lanzo escorrentía más gradual, que el techo de asfalto, que dejó fluir la escorrentía tan rápidamente como la intensidad de las precipitaciones en el evento.

Resumen

Los techos verdes en el estudio retienen más del 50 % de la precipitación total durante el período de estudio. Durante los meses de verano casi toda la precipitación se retuvo. Durante el invierno, la retención era más pequeña (< 20 %). Por tormentas que producen escorrentía intensa, los techos verdes retrasaron las tasas de flujos pico y en muchos casos volúmenes de flujo máximo también se atenuaron.

Los techos verdes eran más eficaces para retrasar el tiempo hasta el pico y la reducción de pico fluye cuando no se encuentra totalmente saturado por eventos de lluvia en el día anterior. La respuesta de los techos verdes está sujeta a temporada, régimen de lluvias estacional y el intervalo entre las lluvias, pero aún ofrece beneficios de atenuación y evapotranspiración.

2.3 SUDS USADOS EN URBES CON ALTOS RÉGIMEN DE LLUVIAS



Ilustración 14. Implementación de SUDs en zonas urbanas con altos regímenes de lluvias.

Caso – Singapore

Singapur es una isla tropical rodeada de mares, recibe abundantes precipitaciones, especialmente durante las temporadas de monzones. Los datos históricos muestran que en los últimos tres decenios, Singapur ha experimentado eventos de lluvias más intensas, y estos son cada vez más frecuentes (cambio climático). El crecimiento de las zonas urbanas también ha dado lugar a flujos pico mayor de aguas pluviales de las áreas desarrolladas en los canales. También hay bolsillos de zonas bajas que son propensas a las inundaciones, sobre todo cuando las tormentas intensas coinciden con las mareas altas.

Reconociendo el impacto de mayores incertidumbres climáticas y la urbanización en la gestión de drenaje, PUB la agencia nacional del agua de Singapore ha renovado su

enfoque de la gestión de las aguas pluviales de introducir una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a los sistemas de drenaje.

Este enfoque "fuente-vía-receptor" mira soluciones para toda la cuenca para lograr una mayor protección contra las inundaciones. Este enfoque holístico abarca todo el sistema de drenaje, abordar no sólo los desagües y canales a través del cual el agua lluvia viaja (es decir, "vias"), pero también donde el agua lluvia cae sobre el suelo (es decir, "Fuentes") y las áreas donde se pueden producir inundaciones (es decir, "Receptores").

PUB incluyó un nuevo requisito, que entró en vigor el 1 de enero de 2014, para que los urbanizadores implementen soluciones para frenar la escorrentía superficial que entra al sistema de drenaje público. Estas medidas in situ podrían incluir tanques de detención que ayudarán a introducir más flexibilidad en el sistema de drenaje existente.

Soluciones Pathway

Fortalecer soluciones, PUB planteó los estándares de diseño en 2011 para desagües para atender eventos de lluvias más intensos. Dependiendo del tamaño de la cuenca de captación, esto podría significar un aumento de entre 15% y 50% en la capacidad de drenaje.

Soluciones receptoras

En 2011, PUB también elevó los requisitos de los niveles mínimos de recuperación de tierras, así como los niveles de plataforma y de la cresta de nuevos desarrollos y sitios de reurbanización, bajo su nuevo Código de Práctica sobre drenaje de aguas superficiales. Estas medidas "receptor" proporcionan protección adicional contra las inundaciones para edificios e infraestructuras clave.

El diseño e implementación de soluciones de drenaje requieren una estrecha colaboración entre los planificadores, los modelistas, los ingenieros de PUB, consultores, contratistas y otros actores públicos y privados.

Desarrolladores privados y públicos también juegan un papel en la gestión de las aguas pluviales, ya que pueden poner en práctica medidas para gestionar fuentes de escorrentía pico, de sus sitios en el sistema de drenaje público, y las medidas para proteger a los receptores de sus desarrollos de las inundaciones.

- Barrió Punggol – Singapur (Jardín de Estanque Seco, Sistema de Filtrado Subterráneo)



Antes

Después

-

Putrajaya – Malaysia (Jardín)



Antes

Después

Ilustración 15. Casos de SUDs en zonas urbanas.



Ilustración 16. Zonas de Singapur para ser inundadas.

Áreas propensas a inundaciones y zonas interactivas

Zonas propensas a inundación son aquellas áreas que son de baja altitud, con un historial de inundaciones. Por otra parte, son áreas que no son de baja altitud, pero habían sufrido inundaciones repentinas.

Con un programa de mejora continua de drenaje, PUB ha reducido las zonas propensas a las inundaciones en Singapur desde alrededor de 3200 hectáreas en la década de 1970 a 34 hectáreas en la actualidad.

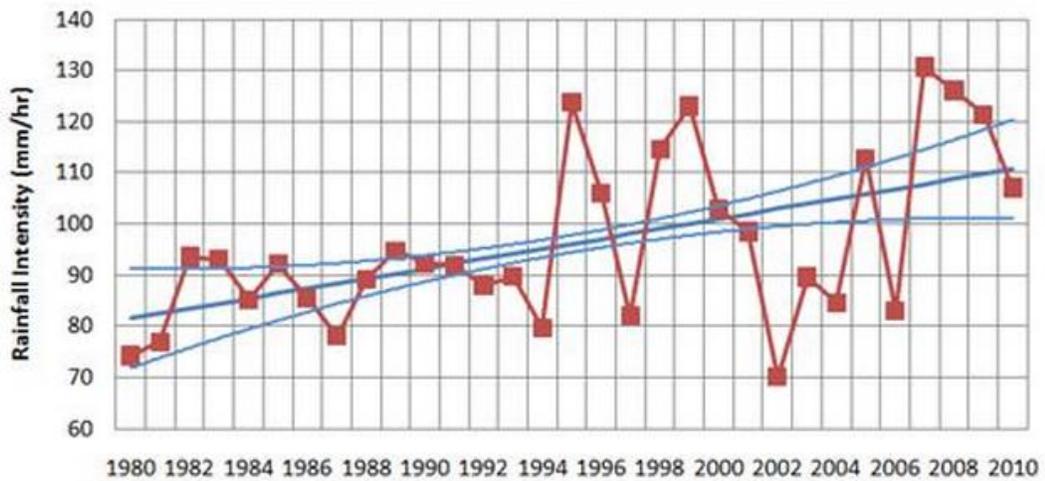
Con el aumento de la urbanización y mayores incertidumbres climáticas, PUB reconoce que se debe hacer más para asegurar que el sistema de drenaje de Singapur sigue siendo robusto y adaptable. En lo que se refiere al tiempo, se puede esperar una mayor volatilidad y una mayor intensidad de la lluvia, por lo que los sistemas de drenaje a necesitar, deben hacer frente a la incertidumbre futura.

La intensidad de las precipitaciones en un período determinado es el factor crítico para determinar si la capacidad de drenaje será abrumado durante una tormenta, y dar lugar a inundaciones repentinas.

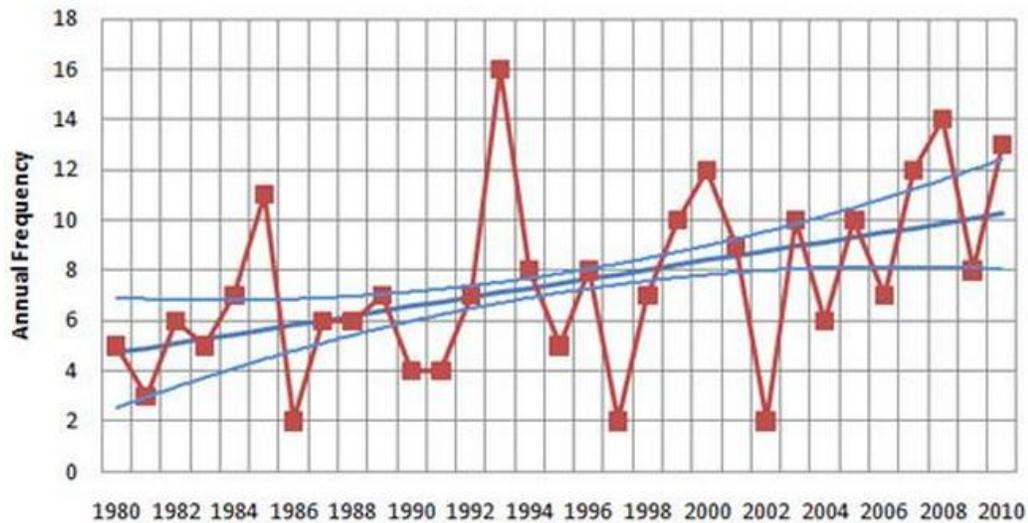
El Grupo de Expertos en su informe señaló que en Singapur, "eventos de lluvias fuertes imponen diferentes restricciones en sus sistemas de drenaje. Descargas extremas pueden resultar de eventos que van desde las tormentas de alta intensidad que duran menos de una hora para eventos temporales de lluvia prolongados con intensidades de lluvia moderada. Con base en los registros de precipitaciones de intensidad en los últimos 30 años, existe una fuerte evidencia de una tendencia hacia mayores intensidades de lluvia y la frecuencia de las lluvias intensas. Estas tendencias son debidas al Cambio Climático y podría añadir más presión sobre la infraestructura de drenaje existente de Singapur.

El panel de expertos explicó que: Una tendencia al alza estadísticamente significativa en el total de lluvia por hora máximo anual se observa para Singapur en su conjunto. La tasa media de aumento es de aproximadamente 10 mm por década, pasando de 80 mm en 1980 a 110 mm en 2010.

Singapur en cabeza de su entidad PUB ha establecido que las inundaciones deben contar con Plan de resiliencia¹ que tiene que evolucionar con los nuevos desafíos, como lo es el tema del cambio climático y que su impacto se evidencia en las siguientes gráficas:



Grafica 2. Precipitaciones de 60 minutos máximo anual desde 1.980 hasta 2.010 en Singapure.



Grafica 3. Frecuencia anual de ocurrencia de precipitaciones por hora total superior a 70 mm en Singapure.

¹ La resiliencia es un proceso dinámico que tiene por resultado la adaptación positiva en contextos de gran adversidad

Estadísticamente significativas tendencias ascendentes en el número anual de días con precipitaciones totales por hora superiores a 70 mm se observan para Singapur en su conjunto. La tasa media de variación es de 1,8 días por década para el umbral de 70 mm.

El Grupo Especial concluyó que *"se requiere un mayor número de intervenciones para ayudar a que Singapur asegure un sistema de drenaje más adecuada para el futuro. Como parte del proceso de planificación de drenaje, PUB debe considerar una gama más amplia de soluciones de drenaje, o intervenciones. Mediante la implementación de una serie de medidas adecuadas que cubre todo el espectro del sistema de drenaje de su fuente (por ejemplo, tanques de almacenamiento locales y estanques, techos verdes, jardines de lluvia, pavimentos porosos, etc.), caminos (por ejemplo, mejoras en la capacidad de drenaje, canales de desviación, la detención regional, etc) y los receptores (por ejemplo, llanuras de inundación urbanas, los niveles de plataforma elevada, barreras contra inundaciones, etc.), el riesgo de inundaciones en la cuenca de drenaje se puede reducir más significativamente y gestionado con eficacia."*

A modo de resumen se define que Singapur con abundantes lluvias, relativamente tierras bajas y espacio limitado para la infraestructura de drenaje, está en un desafío permanente para la gestión del agua lluvia.

Sin embargo, las explosiones intensas de cortas lluvias sobre áreas pequeñas todavía pueden causar inundaciones repentinas, que se localizan y generalmente desaparecen dentro de una hora.

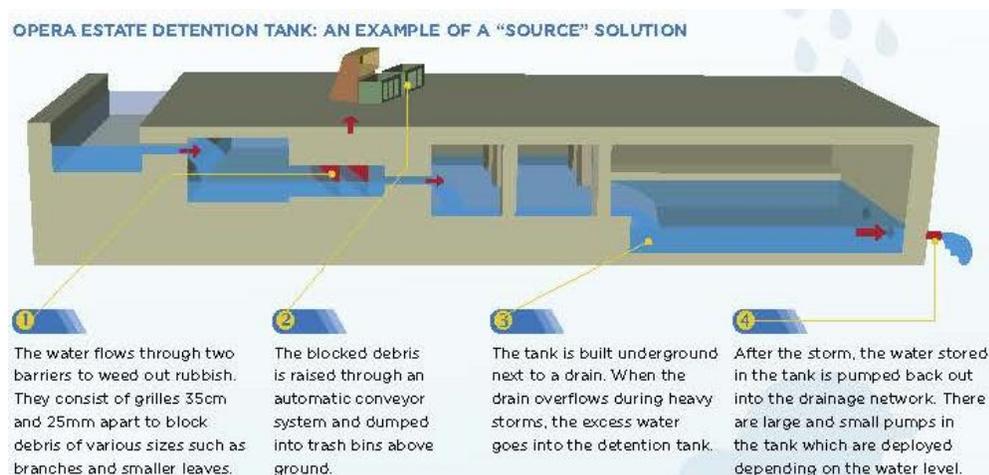
Facilitar la aplicación de medidas para frenar la escorrentía.

Estas características pueden ayudar a retener o frenar la escorrentía de las aguas lluvias, y reducir el volumen de agua en el sistema de drenaje durante la intensa lluvia. Por ejemplo, un tanque de detención se construirá en la avenida Tyersall para almacenar temporalmente el exceso de agua de lluvia de las alcantarillas a lo largo de

Holland Road. Después que la lluvia disminuye, el agua se bombea de nuevo a los desagües para posterior descarga en el puerto deportivo de Embalse.

El agua fluye a través de dos barreras para eliminar a la basura. Se componen de rejillas 35cm y 25 mm aparte al bloque escombros de varios tamaños, tales como ramas y hojas más pequeñas.

Los restos bloqueado se eleva a través de un sistema automático de transporte y objeto de dumping en contenedores de basura por encima del suelo.



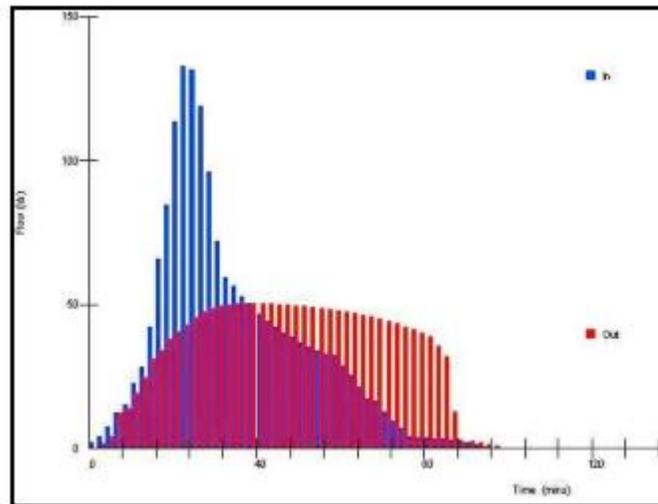
El tanque está construido bajo tierra junto a un desagüe. Cuando el drenaje se desborda durante las tormentas extremas, el exceso de agua entra en el tanque de detención

Caso de Estudio - Urbanización de Torre Baró, Barcelona

En la falda de la montaña se ubican una serie de depósitos de detención, que captan el agua mediante filtración y la dirigen a través de la red de drenaje sostenible de la urbanización, hasta el depósito de reutilización proyectado. En las zonas en las que ha sido posible, estos depósitos se han diseñado deprimidos con respecto al área circundante, con el fin de aprovechar el volumen de almacenamiento temporal en superficie. En todos los casos, el agua pasa a través de capas de gravas y geotextiles hasta los minidepósitos subyacentes (compuestos por estructuras modulares

reticulares de polipropileno), y éstos se conectan mediante tubos a la red de SUDS de la urbanización. La laminación de las aguas pluviales en cabecera disminuye los diámetros de las conducciones al depósito de almacenamiento. mientras que la imagen de la derecha se aprecia el efecto laminador de uno de los depósitos de detención de las zonas verdes.

Se plantea el aprovechamiento de las aguas pluviales para infiltración al subsuelo, con lo que se disminuye el volumen de agua de escorrentía a transportar y tratar en la planta de tratamiento municipal, contribuyendo asimismo a disminuir las descargas del sistema unitario



Gráfica 4. Efecto laminador de uno de los depósitos de detención de las zonas verdes.

Casos de Estudio – Aplicaciones de Bioretención (Proyecto de Demostración Inglewood-Largo-Maryland/Acuario de Florida-Tampa-Florida)

INTRODUCCIÓN

Dos estudios de caso demuestran el potencial de usar planes de gestión integrada (PIM) en el diseño de nuevas plazas de aparcamiento y como modernizaciones para Plazas de aparcamiento existentes. El estudio Inglewood en Largo, Maryland, compara la

eficiencia de eliminación de contaminantes mediante el uso de una celda de bioretención construida en un estacionamiento frente a una en un laboratorio con una instalación similar. El segundo estudio en el acuario en Tampa, Florida, incluyó seguimiento de varios eventos de tormenta para el volumen y control de la calidad del agua.

Área del Proyecto Inglewood

El área del proyecto es un área libre de 5 acres donde existe una zona de parqueaderos situado en una oficina altamente urbanizada, al lado de la Interestatal 95. La gran cantidad de escorrentía no fluye a áreas adyacentes. Las pendientes de la zona de parqueaderos es de aproximadamente 3 por ciento. Puestos de estacionamiento están alineados a ángulos de 90 grados, y hay aproximadamente 30 coches en cada fila de un pasillo. Al final de cada pasillo hay áreas de siembra rodeados de bordillos y cunetas. Entradas al drenaje, se han colocado en algunas de las islas para interceptar y recoger la escorrentía, que se canaliza a una región de aguas abajo instalada para la gestión de las aguas pluviales.

Descripción del Proyecto Inglewood

El proyecto consistió en un laboratorio segmento y un segmento de campo en Inglewood. El laboratorio segmento involucró la construcción de una maceta llena de bioretención con una mezcla típica de suelo (arena de construcción 50 por ciento, de 20 a 30 por ciento capa superior de suelo, y de 20 a 30 por ciento de compost).

Esta instalación es de aproximadamente la mitad del tamaño de volumen de la instalación de Inglewood. La caja fue plantada con plantas representativas y acolchado. Una mezcla de aguas lluvias sintéticas se aplicó y se midió la eficiencia de la eliminación de contaminantes, la temperatura y la tasa de volumen de escorrentía. Los contaminantes metálicos mezclados incluidos eran (cobre, plomo y zinc), fósforo, nitrógeno orgánico, y nitrato.

Una isla ajardinada que mide aproximadamente 38 pies por 12 pies fue elegido como el área de adaptación.

La isla tiene una entrada de la acera que desemboca en el sistema de drenaje municipal. Casi la totalidad del área de drenaje es impermeable. Una ranura de 4 pies se cortó en la acera inmediatamente antes de la entrada. Entonces la isla ajardinada fue excavada a una profundidad de 4 pies. Un desagüe inferior se instaló y se conectó en la parte inferior de la entrada existente para completar el drenaje del suelo de siembra para evitar la sobresaturación.

El drenaje inferior de la bioretención se cubrió con 8 pulgadas de una Grava de 1/2 pulgadas y relleno con una mezcla típica de tierra. El relleno se extendió a una profundidad de cerca de 12 pulgadas por debajo de la parte superior de la bordillo, lo que permite una profundidad de encharcamiento aproximadamente 6 pulgadas de agua en la isla antes de crear un remanso en la apertura de la acera.

Posteriormente la zona fue plantada y cubierta con 3 pulgadas de mulch² triturado de madera dura.

La mezcla de aguas lluvias se aplicó a una área de 50 pies cuadrados, en la instalación del campo a una velocidad de 1,6 pulgadas por hora durante 6 horas. En adición de la eliminación de contaminantes, la temperatura de la esorrentía se redujo aproximadamente 12 ° C. La mayor parte de la eliminación de contaminantes producido, se procesó en la capa del mulch.

Un campo similar fue conducido durante 8 años, la instalación, y la tasa de eliminación de metales fue mucho mayor (Davis et al., 1998). Este efecto podría atribuirse a tasas

² Término utilizado en jardinería y agricultura para referirse a la cubierta protectora que se extiende sobre el suelo, principalmente para modificar los efectos del clima local. Algunos de los materiales utilizados pueden ser orgánicos como el compost, residuos como el estiércol, hierbas (de trabajos de siega), hojas, paja, heno, virutas de madera entre otros.

de flujo más lentas a través del suelo, que tiene mayor contenido de arcilla, así como mayor contaminante absorbido por la vegetación.

Inglewood Resumen del proyecto y Beneficios

Este estudio demostró la viabilidad de la adaptación de un parqueadero existente y demostrando la consistencia de laboratorio y de campo sobre el rendimiento de eliminación de contaminantes. El costo aproximado de construcción fue de \$ 4.500. El costo de bioretención era una manera más rentable para filtrar contaminantes que muchos dispositivos patentados diseñados para tratar el mismo volumen de escorrentía. Estos dispositivos patentados podrían costar \$ 15.000 a \$ 20.000, serían más caros de mantener, y no disminuyen significativamente el volumen de escorrentía o la temperatura. También, áreas de bioretención ofrecen el beneficio adicional de mejora estética. Es interesante observar que una sequía se produjo después de la instalación de la plantas, y aunque muchos de las otras plantas en el estacionamiento murieron o experimentaron una grave sequía, las plantas en las instalaciones de la bioretención sobrevivieron debido al suministro de agua retenida.

Área del Proyecto Acuario de Florida

El sitio del Acuario de Florida es un área de 11.5 acres, asfalto y concreto en el área de estacionamiento que sirve aproximadamente 700.000 visitantes al año. La escorrentía fue controlada utilizando los siguientes PIM:

- Celdas de bioretención al final de la isla.
- zanjas de bioretención encuentran alrededor del perímetro del parqueadero.
- Pavimentos permeables.
- Tiras de Bioretención entre puestos de estacionamiento.

- Un pequeño estanque para complementar almacenamiento y eliminación de contaminantes.

La Figura es una ilustración del sitio que detalla el tipo y la ubicación de los controles de escorrentía.



Ilustración 17. Mapa de tren de SUDS implementados en el Acuario de Florida

En el plano anterior se muestran tres estanques principales que corresponden a:

1. Estanque de la edificación adyacente correspondiente al Acuario de Florida que recoge el agua lluvia del techo de esta.
2. El estanque de la calle que recoge la escorrentía de las calles al interior del acuario.
3. Y por último se observa el estanque que recoge la escorrentía de la zona de parqueaderos.

Descripción del proyecto del Acuario de Florida.

Un total de 30 tormentas fueron controladas por un año en el lugar del Acuario de Florida durante 1998-1999. El distrito de la Gestión del agua del suroeste de Florida midió la lluvia y el flujo de ocho de las subcuencas en la zona de parqueaderos y la calidad de muestras de agua recogida en un estanque base. Comparaciones entre áreas de pavimento controlado por PIM y áreas de asfalto sin control fueron hechas para tasa de escorrentía pico, volumen de escorrentía, coeficientes de escorrentía y calidad del agua. Núcleos de sedimento de zanjas eran también recogidos y analizados.

Resumen Del Proyecto y Beneficios del Acuario de Florida

Las áreas de parqueadero controlado por PIM mostraron una reducción significativa en el volumen de escorrentía y la tasa de escorrentía máxima. La Tabla 2 muestra reducciones de carga de contaminantes para tres tipos de pavimento; reducción se compara con cargas contaminantes en la escorrentía de una cuenca sin zanja. Gran parte de la reducción de contaminantes es atribuido a la escorrentía en cuencas con reducida zanjas. Debido a que los surcos son sólo el primer elemento en el tren de tratamiento, incluso mejor eficiencia de eliminación deben ser vistos cuando los datos son analizados para todo el sistema.

2.4 CASO DE BOGOTA Y EL DESARROLLO DE SUDS

Desarrollo de SUDs en el mundo



En países como Inglaterra, Alemania, Japón o Singapur, el agua de la lluvia se aprovecha en edificios que cuentan con el sistema de recolección, para después utilizarla en los baños en riego de zonas verdes o en el abatimiento de incendios, es decir para el suministro de las redes contra incendios, lo cual representa un ahorro del 15% del recurso.

En la India se utiliza principalmente para riego, pero cada vez se desarrollan más políticas encaminadas a la captación en ciudades como Bangalore o Delhi.

En la República Popular de China se resolvió el problema de abastecimiento de agua a cinco millones de personas con la aplicación de tecnologías de captación de agua de lluvia en 15 provincias después del proyecto piloto “121” aplicado en la región de Gansu.

En Bangladesh se detuvo la intoxicación por arsénico con la utilización de sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico.

En las Islas del Caribe (Vírgenes, Islas Caicos y Turcas), Tailandia, Singapur, Inglaterra, EUA y Japón entre otros, existe un marco legal y normativo que obliga a la captación de agua de lluvia de los techos.

En Israel se realiza microcaptación de agua de lluvia para árboles frutales como almendros y pistachos.

En los Estados Unidos y Australia, la captación de agua de lluvia se aplica principalmente para abastecer de agua a la ganadería y al consumo doméstico. En algunos estados de ambos países se ha desarrollado regulaciones e incentivos que invitan a implementar estos sistemas.

Solo una parte ínfima del agua de lluvia es utilizada. De acuerdo con los especialistas, se podría reducir el rezago en abastecimiento de agua si se aprovecharan los métodos de captación y gestión del agua de lluvia.

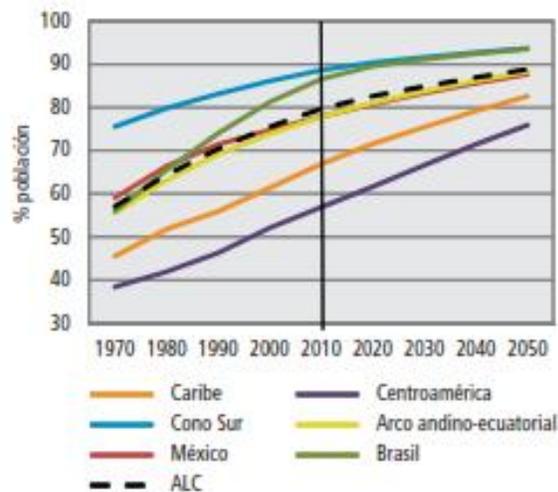
Si se captara toda la lluvia en los techos y en algunos suelos, se podría ahorrar de 10% a 15% del agua que se consume en los hogares.

Si se aprovechara el 3% de la lluvia que cae cada año en el país, alcanzaría para suministrar de agua no potable para usos como limpieza o sanitarios a 13 millones de personas, para que 50 millones de animales pudieran beber o para regar 18 millones de hectáreas de cultivo.

Desarrollo de SUDs en las Latinoamérica.



América Latina y el Caribe es una región fundamentalmente urbana, aunque cuenta con grandes espacios poco poblados. Casi el 80% de su población vive actualmente en ciudades, una proporción superior incluso a la del grupo de países más desarrollados, por lo que la región está considerada como la más urbanizada del mundo; Brasil tiene un programa para la construcción de un millón de cisternas rurales para aumentar el suministro en la zona semiárida del noreste.



Grafica 5. Evolución y proyección de la tasa de urbanización en las Américas 1970 – 2050.

y su tendencia sigue en aumento como se muestra en la anterior gráfica.

Desarrollo de SUDs en el Bogotá...



Localización de los 13 ex-sistemas de alcantarillado en Bogotá.
El No. 14 es el sistema conocido que es del Salto, que no aparece en la imagen. Fuente: Carlos Augusto Cuñiles Ríos.

Bogotá es la novena ciudad del mundo con la mayor densidad poblacional, se localiza dentro de la zona de confluencia intertropical la cual cruza la ciudad dos veces al año, situación que influye en el comportamiento de las lluvias produciendo dos épocas de lluvias. La primera se presenta en los meses de marzo, abril y mayo, y la segunda en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Especialmente hablando, la precipitación se caracteriza por valores medios que oscilan de 69 mm en la localidad de Bosa, al occidente, mientras que los valores medios alcanzan los 142 mm en el sector de Torca, al norte de la ciudad.

Conforme a lo anterior, una de las problemáticas más importantes que tiene la ciudad de Bogotá es la amortiguación de aguas lluvias en el espacio público, sobre todo en los periodos de precipitación, debido a que el rápido desarrollo urbano ha generado la impermeabilización de la ciudad teniéndose pocas coberturas vegetales que ayuden a interceptar el agua lluvia.

Así, es frecuente ver los sistemas de drenaje desbordados en tiempos de lluvia debido a los grandes volúmenes de agua pluvial que se reciben provenientes de las zonas urbanas impermeables, sobrepasando en muchas ocasiones la capacidad de los colectores y generando lo que en los últimos años se ha vuelto repetitivo en cada temporada invernal: inundaciones y encharcamientos en las vías y espacio público.

Uno de los problemas, tal vez el más importante y visible, derivado de la impermeabilización de las zonas urbanas es la formación de inundaciones localizadas tras eventos de lluvia.

Estas inundaciones se producen por el criterio de diseño tradicional de evacuar el agua caída en las superficies impermeables de nuestras ciudades lo antes posible. Este criterio es, precisamente, el que hace que los sistemas convencionales de gestión de las aguas pluviales fallen, produciendo en aquellos puntos más bajos de la ciudad inundaciones de carácter local por la acumulación de una cantidad enorme de agua en un pequeño periodo de tiempo, agua que no es capaz de gestionar el dispositivo de drenaje dispuesto, ya sea por tener un diseño inferior al requerido para el volumen acumulado, o por la falta de mantenimiento, lo cual hace que su funcionamiento no sea el correcto.

Es importante destacar que en países en desarrollo se hace de vital importancia la participación no solo de la parte pública sino de la participación privada dado que la urbanización se da en especial por estos últimos los cuales no tienen en cuenta estas consideraciones dentro de sus desarrollos.



Estudios hechos por el Distrito Capital en cabeza del Instituto Distrital de Gestión del Riesgos y Cambio Climático – IDIGER han establecido la siguiente radiografía:

- En 1952 Bogotá contaba con un área de 50.000 hectáreas en humedales, hoy cuenta apenas con 700 Ha en 15 humedales.
- Actualmente cuenta con una red hídrica Torca-guaymaral, Salitre, Fucha y Tunjuelito, canalizados a través de 174 kms.
- 192 quebradas con una longitud de 152 kms.

Lo anterior para un área de 1.587 kms cuadrados y una población de alrededor de los 7'000.000 una densidad poblacional de 220 hab/ha aproximadamente, que aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que haya 15 metros cuadrados de este tipo de espacio público por ciudadano (mínimo 10), la capital apenas llega a 4,93 metros; espacio público representado en la capital cuenta con 5.206 parques y 1.485 zonas verdes que, en extensión, suman más de 88'000.000 metros cuadrados aproximados, lo que corresponde a que la ciudad cuenta con apenas un 6% de espacio público en zonas verdes.

De otro lado la Universidad de los Andes a solicitud de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá se encuentra desarrollando la Investigación de tipologías y/o tecnologías SUDS que más se adaptan a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C., dicha investigación se viene desarrollando teniendo en cuenta los tipos del suelos de la ciudad, la hidrología el arbolado y las zonas de urbanismo de lo anterior el resultado preliminar arroja 6 tipologías a considerarse y que corresponden a:

Estos tiene como objetivos el manejo de la escorrentía, la calidad del agua lluvia dado en sus efectos en los cuerpos receptores de la ciudad, la inclusión de la comunidad dentro del drenaje urbano tomado desde el punto de vista de los riesgos en la salud pública y el engranaje del urbanismo versus el paisajismo de las áreas urbanas.

De lo anterior para la implementación de las tecnologías SUDs el grupo investigador a desarrollado un mapa conceptual con el fin de seleccionar zonas para tal fin y a su vez el tipo de tipología que mejor se adapte al sitio seleccionado, considerando que estas pueden ser aisladas o pueden implementarse como se le llama comúnmente “conformando un tren” que claramente mejora la calidad del agua y el manejo de la escorrentía.

3 METODOLOGÍA

El presente trabajo se realiza tomando como base la información existente principalmente sobre casos de estudio de uso de SUDs, para dos tipos de características en particular definidas, uno para ciudades densamente pobladas y urbanizadas y otro para ciudades al alto regímenes de lluvias; es así que se tomó información sobre ciudades en estados unidos tales como Tampa en la Florida así como la ciudad estado de Singapore.

Una vez obtenida la información el paso siguiente fue pasarla al caso de Bogotá D.C. – Colombia y analizar para así definir su aplicabilidad o no dentro del contexto de la ciudad.

4 RESULTADOS

Se observó en los casos de estudio que:

Los resultados indican que los techos verdes son capaces de eliminar el 50% del volumen anual de lluvia desde un tejado a través la retención y la evapotranspiración. Se obtienen buenos resultados del uso de tipologías de SUDs tales como: Celdas de bioretención, zanjas de bioretención, pavimentos permeables y estanques de almacenamiento, siendo estos como en el caso del Acuario de la Florida usados todos en conjunto.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las tipologías usadas como techos verdes son soluciones eficientes para sitios con pocas zonas verdes, pero costosas.

La aplicabilidad de tipologías de SUDs en nuestro medio depende de varios factores tales como:

Espacio, y este considerado como con el que se cuenta en el espacio público o con el que disponga o suministre el propietario del espacio privado, para la implementación de estos

La ciudad no cuenta con grandes extensiones de espacio público para la implementación.

6 CONCLUSIONES

Bogotá no cuenta con muchas zonas verdes que puedan ser utilizables para ser inundables como se propone en Singapur.

Bogotá por ser una ciudad latinoamericana, cuenta con unas características económicas que no permiten con facilidad la aplicación de infraestructura de SUDS a gran escala.

Los SUDS que se encuentran hoy definidos, aunque se han venido implementando desde hace varios años en especial en Norteamérica, Europa y Asia, no se encuentran acordes con los fenómenos climatológicos que se presentan en la actualidad debidos al cambio climático.

7 RECOMENDACIONES

Definitivamente para obtener buenos resultados con SUDs se hace necesario la complementación entre unos y otros, es decir lo que se denomina un “tren”.

El uso de tipo de SUDs tales como los techos verdes a pesar de que en la actualidad se están implementando, encarecen los proyectos de construcción dado que son alternativas costosas y solo en proyectos de estratos altos se ve su incursión.

Debe incluirse al sector privado para poder implementar los SUDs en todas los sectores, así como incorporarse desde los estratos bajos con tipologías que sean

Se deben incrementar la proporción de zonas verdes en las pocas zonas de espacio público con que cuenta la ciudad, en especial los parques y zonas definidas para tal uso, y deben agregarse normas que exijan la implementación del uso de SUDs en el diseño y construcción del espacio público, las normas deben venir acompañadas de mejoras

8 REFERENCIAS

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Green Roofs for stormwater Runoff control. Cincinnati – EE.UU. February 2009. p. 3-5

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Bioretention Applications- Inglewood Demonstration Project, Largo, Maryland and Florida Aquarium, Tampa, Florida. Washington, DC – EE-UU. October 2000. p. 1 - 3

PUB, SINGAPORE'S NATIONAL WATER AGENCY. Strengthening SINGAPORE'S Flood resilience. Singapore. May 2013. p. 1 – 3.

ONU-HABITAT. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012.. Nairobi – Kenia: Habitat Publicaciones. Agosto 2012. p. 20, 116-120. ISBN Serie 978-92-1-133397-8 ISBN Volumen 978-92-1-132469-3.

MARCHENA AVILA, Diana Cecilia. Techos Verdes como sistemas urbanos de drenaje sostenible. Bogotá D.C. – Colombia. Edición propia. 2012. p. 6-8.

PERALES MOMPALER, Sara; DOMENECH, Ignacio Andrés. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Valencia – España. p. 1 – 15.

FLEBES DOMENECH, María Dolores; PERALES MOMPALER, Sara; SOTO FERNANDEZ, Roberto. Innovación y Sostenibilidad en la Gestión del Drenaje Urbano: Primeras Experiencias de SuDS en la Ciudad de Barcelona. Valencia – España. p. 1 – 10.

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Valencia – España. p. 1 – 15.

PUB, SINGAPORE'S NATIONAL WATER AGENCY. [www.pub.gov.sg /managingflashfloods/](http://www.pub.gov.sg/managingflashfloods/)

IAGUA. <http://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/drenaje-urbano-sostenible>

http://www.beachapedia.org/Low_Impact_Development_and_Bioretention



9 ANEXOS

En CD anexo.