

## **Implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para la gestión de la escorrentía en la ciudad de Ibagué, Tolima**

Jhoiner Eduardo Bolaños-García

[jebolanosg@ut.edu.co](mailto:jebolanosg@ut.edu.co)

<https://orcid.org/0009-0009-3809-5520>

Universidad del Tolima

Tutor: Angel Stive Castañeda-Rodríguez

[ascastanedar@ut.edu.co](mailto:ascastanedar@ut.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0003-3849-4301>

Universidad del Tolima

Cotutor: Cristian Santiago Castiblanco-Suárez

[cscastiblancos@ut.edu.co](mailto:cscastiblancos@ut.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0001-5735-692X>

Universidad del Tolima

### **Resumen**

En esta investigación se plantea la problemática de inundaciones urbanas en la ciudad Ibagué, Colombia y como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible se convierten en una alterativa de solución. El análisis se desarrolla a partir de la definición de la metodología no experimental correlacional-causal en donde se toman como referencia algunos casos de implementación en otras ciudades. En ese sentido se logró contribuir con conceptos y enfoques aplicables para la implementación de estos sistemas alternativos dentro de la planificación urbana en relación con los fenómenos de inundación.

**Palabras clave:** SUDS, escorrentía, planificación, gestión del agua, inundación, infraestructura

### **Abstract**

*This research addresses the problem of urban flooding in the city of Ibagué, Colombia, and how Sustainable Urban Drainage Systems become an alternative solution. The analysis is developed from the definition of the non-experimental correlational-causal methodology where some implementation cases in other cities are taken as a reference. In this sense, it was possible to contribute with concepts and approaches applicable to the implementation of these alternative systems within urban planning in relation to flooding phenomena. Se debe incluir resumen en inglés. No debe superar las 150 palabras.*

**Keywords:** SUDS, runoff, planning, water management, flooding, infrastructure

### **Introducción**

El crecimiento constante y acelerado al que se enfrentan las ciudades en la actualidad ha desencadenado un fenómeno de urbanización masiva, en donde se ha priorizado la transformación de las superficies naturales por infraestructuras impermeables lo que ha incidido significativamente en el ciclo hidrológico. Las proyecciones indican que, a causa del cambio climático, la escorrentía fluvial promedio anual aumentaría en latitudes altas y en algunas áreas tropicales húmedas (Bates et al., 2008).

Colombia es uno de los países más afectados por desastres causados a partir de los fenómenos de inundación, según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres en el periodo de 2010 al 2011 se produjeron 5,2 millones de fallecidos, en 1.027 municipios, más de 1 millón de hectáreas anegadas y pérdidas económicas superiores a los US \$4.870 millones a causa de las fuertes lluvias y el fenómeno conocido como la Niña (Gómez, 2011; Swiss Re, 2011; UNGRD, 2011).

Esto implica que cada vez sea más relevante analizar si las ciudades tienen la capacidad de resiliencia para afrontar eventos naturales de esta índole; por su parte, Bacchin, Ashley, Sijmons, Zevenbergen y Timmeren (2014) afirman que la infraestructura destinada para la gestión del agua en las ciudades ha sido concebida

con un sistema independiente y aislado del diseño y la planificación urbana; presentando así una desarticulación respecto al contexto urbano.

En Colombia es necesaria la implementación de nueva infraestructura como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible que complementen los sistemas de carácter convencional que existen, permitiendo así mejorar los procesos de gestión principalmente de la escorrentía (Cubides & Santos, 2018).

Este es el caso de la ciudad de Ibagué, capital del departamento del Tolima, un municipio situado en la parte alta del valle del Río Magdalena, a 1248 m.s.n.m y el cual durante los últimos años ha sido objeto del incremento de acontecimientos como las inundaciones urbanas en diferentes zonas de la ciudad, esto principalmente a causa de las fuertes lluvias.

Debido a lo anterior, este artículo tiene como objetivo establecer y evaluar la posibilidad de la implementación de los Sistemas de Drenaje sostenible como un complemento a los sistemas de drenaje existentes y una alternativa de solución ante las inundaciones urbanas en la ciudad.

### **Materiales y Métodos**

De acuerdo con el alcance de esta investigación, se plante un desarrollo no experimental con un diseño Correlacional-causal según lo establecido por Hernández Sampieri (2014), para evaluar la eficacia de los Sistemas Urbano de Drenaje Sostenible a partir de tres indicadores, la reducción de la escorrentía, la relación con el paisaje y entorno urbano, y los costos asociados; lo anterior mediante el análisis de datos provenientes de estudios de caso en ciudades que han implementado estas soluciones. Los indicadores se evaluaron de la siguiente manera:

- **Reducción de la escorrentía:** el volumen promedio de agua lluvia gestionado a partir de las soluciones planteadas.

- **Relación con el paisaje y entorno urbano:** la relación que se presenta entre el sistema propuesto y las determinantes físicas y biofísicas del área de influencia.
- **Costos asociados:** estimación del costo asociado a la implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible versus los costos que se asumen en la atención de desastres ocasionados a partir de la mala gestión del agua lluvia.

## **Resultados**

A partir de la recolección de información mediante notas oficiales emitidas por parte de las entidades municipales, así como notas periodísticas, se pudo evidenciar que existen algunas zonas de la ciudad en donde es frecuente que en temporadas de lluvia se presenten fenómenos de alta escorrentía e inundaciones. Una de las áreas más afectadas es el deprimido urbano de la calle 12 con carrera 8 en donde actualmente se emplaza el equipamiento Skatepark.

Figura 1 Localización área de estudio

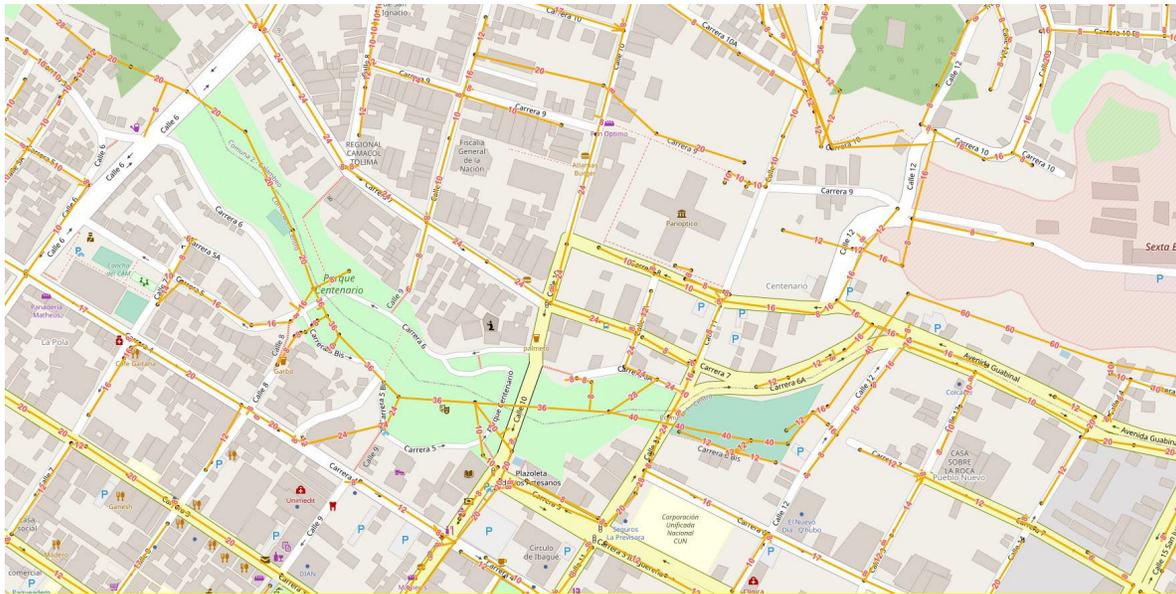


*Fuente: Elaboración propia, Qgis 2024*

En esta zona fue posible establecer que, como se muestra en la figura 1, debido a sus características físicas, este punto se encuentra en un depresión urbano y la mayor parte de su suelo es impermeable, por lo que esto ha contribuido a la generación de una vulnerabilidad asociada especialmente en la parte baja del área que permite una mayor permanencia de la escorrentía.

El sistema existente para la atención de estos fenómenos, como se muestra en la figura 2, se caracteriza por ser un alcantarillado tradicional de uso mixto, compuesto por unas estructuras de captación (sumideros), la tubería de conducción y su descarga final que en este caso se realiza a la quebrada La Pioja. Sin embargo, este sistema presenta insuficiencia en su funcionamiento dado que su capacidad se ve superada durante periodos de lluvia fuerte.

Figura 2 Sistema de drenaje existente



Fuente: Empresa de servicio Público IBAL, 2024

Es entonces en este punto donde la implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible puede ser una parte crucial para el complemento del sistema actual y una alternativa que permita mitigar la afectación sufrida durante la manifestación de los fenómenos de inundación.

La ciudad de Bogotá, por ejemplo, ya cuenta con una la Guía técnica de diseño y construcción de SUDS, en donde se establecen los criterios de sitios, la metodología, el diseño hidrológico, la tipología de SUDS, estructuras anexas y demás lineamiento que facilitan su implementación.

Para el caso de estudio y a partir de esta guía técnica, se seleccionan 7 tipologías que podrían ser integrada al sistema de drenaje pluvial, siendo estas:

Figura 3 Tipologías Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible



*Fuente: Elaboración propia, a partir de presentación SUDS secretaría de ambiente de Bogotá 2024*

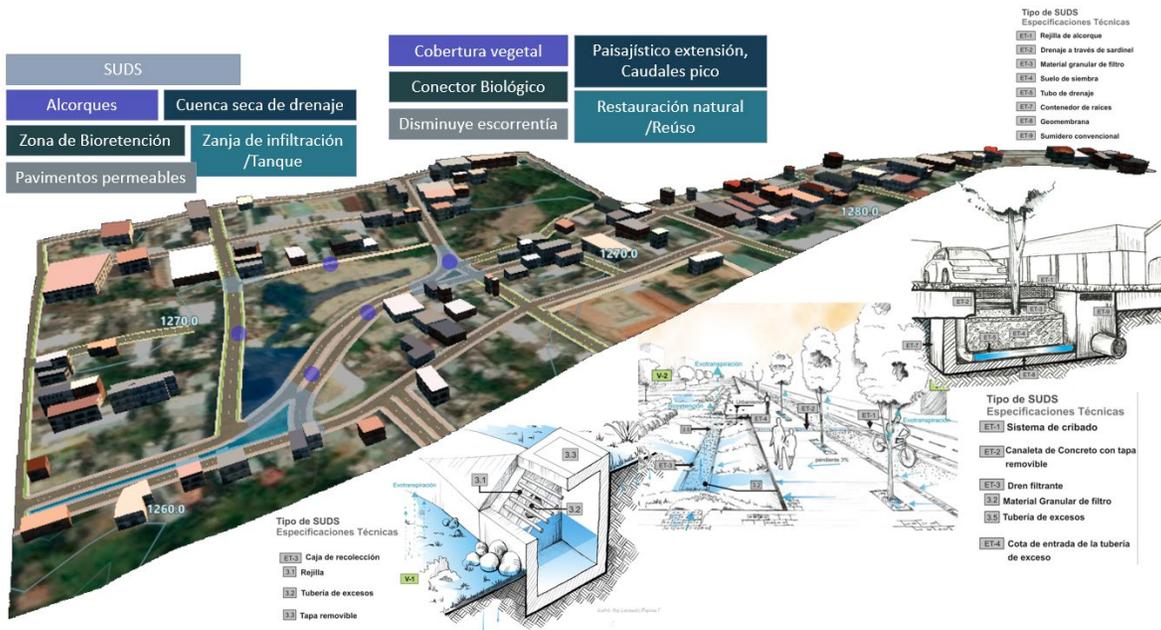
Cada una de estas tipologías puede ser implementada según el comportamiento de la escorrentía en la zona y el objetivo final que se tenga con el recurso pluvial durante su gestión.

En ese sentido, es posible proyectar como se muestra en la figura 4, que para el deprimido de la calle 12 con carrera 8 existe la posibilidad de implementar alcorques inundables principalmente en los separadores que se encuentran dispuestos y que complementen la función de captación inicial que tiene los sumideros existentes.

Así mismo, convertir las zonas verdes artificiales del equipamiento Skatepark en una cuenta seca de drenaje que permita mitigar la formación de láminas de agua pluvial permanentes, la implementación de zonas de bio-retención que puede convertirse en un conector entre el parque centenario y el bosque ripario de la quebrada La Pioja.

Finalmente es posible plantear una zanja de infiltración en la parte más baja de la zona a donde llegue gran parte del volumen y este pueda ser captado e infiltrado de forma natural, pavimentos impermeables en los puntos de intersección vial en donde se encuentra la escorrentía que vienen en diferentes sentidos y adicionalmente, la instalación de estructuras de almacenamiento de agua que permitan el aprovechamiento del recurso gestionado y disponerlo para fines como el riego de las mismas área verdes e incluso su uso para actividades que requieren de un alto consumo como el abastecimiento de los carros del cuerpo de bomberos.

Figura 4 Alternativa de implementación SUDS



Fuente: Elaboración propia, 2024

La implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible implica:

1. **Reducción del volumen de escorrentía:** En los casos donde han sido implementados estos sistemas, en promedio se logró una disminución del 40-70% del volumen de agua gestionada gracias a sistemas como pavimentos permeables y jardines de lluvia.
2. **Relación con el paisaje y entorno urbano:** En los casos de implementación existentes, se ha evidenciado que esta tipología al ser integrada al contexto urbano, contribuyen a la generación de espacio público, las zanjas de infiltración, por ejemplo, son áreas verdes que se suman al paisaje, además de la contribución ecológica con la proliferación de ecosistemas.
3. **Costos asociados:** Si bien es cierto para su implementación es necesario realizar una inversión inicial, esta no necesariamente es mayor a las provenientes de los mantenimientos correctivos que deben ser realizados al sistema actual y a los derivados de las afectaciones producidos por las inundaciones urbanas. En ciudades como Portland (EE.UU.) reportaron una disminución del 25% en costos relacionados con inundaciones y mantenimiento de infraestructuras.

## **Discusión**

Los hallazgos de esta investigación destacan la capacidad de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para afrontar de manera integral los problemas derivados de la escorrentía urbana. A diferencia de los sistemas tradicionales, que están enfocados en conducir el agua fuera del perímetro urbano, los SUDS promueven la infiltración y el tratamiento local del agua.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta algunos factores que pueden determinar el éxito de su implementación, algunos de estos son:

- **Diseño adaptado al contexto local:** los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible deben ser pensados y proyectados considerando las características físicas y biofísicas del territorio.

- **Educación y participación ciudadana:** este es un factor fundamental, la educación de la ciudadanía, la concientización y su apropiación respecto al cuidado y mantenimiento de estas estructuras garantizan su perdurabilidad en el tiempo e incluso su grado de eficiencia.
- **Políticas públicas:** la regulación municipal en este caso e incluso la departamental y nacional permiten por ejemplo la generación de incentivo para fomentar su implementación y mantenimiento

Sin embargo, también se identificaron desafíos, como los altos costos iniciales de algunos proyectos y la falta de experiencia técnica en algunas localidades.

## **Conclusiones**

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible representan una solución eficaz, eficiente y multifuncional para la problemática de inundaciones urbanas derivadas principalmente de la acción pluvial en las ciudades. Al integrar procesos naturales en el diseño urbano, estos sistemas no solo reducen riesgos de inundación y mejoran la calidad del agua, sino que también aportan beneficios sociales, ecológicos y económicos significativos.

En este caso si bien en el área a priori es posible realizar el planteamiento de un piloto con la implementación de estos sistemas que a posterior pueda ser replicado en toda la ciudad, esto requiere una visión a largo plazo que combine la colaboración entre sectores públicos y privados, la participación comunitaria y un marco regulatorio adecuado. En un contexto global de cambio climático y urbanización creciente, los SUDS se posicionan como una estrategia clave para construir ciudades resilientes y sostenibles.

## **Referencias bibliográficas**

- Cubides, E., & Santos, G. (2018). Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(24), 32–42. <https://doi.org/10.31908/19098367.3813>
- Hernandez Sampieri 2014. (2014). *metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed*. Metodologia de la Investigacion, 6(metodologia de la investigacion).
- Wu, S., Bates, B., Australia, C., Kundzewicz, Z. W., & Palutikof, J. (2008). GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO OMM PNUMA EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA.
- UNGRD -Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-. (2011). Reporte oficial de afectación y respuesta II temporada de lluvias. Colombia: UNGRD.
- Bacchin, T. K., Ashley, R., Sijmons, D., Zevenbergen, C., y Timmeren, A. (2014, septiembre). Green-Blue Multifunctional Infrastructure: An Urban Landscape System Design New Approach. Ponencia presentada en 13th International Conference on Urban Drainage, Sarawak.