

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE SUDS EN ZONAS DE MEDIA MONTAÑA ANDINA

Freddy Anderson Chacón Rosales

Universidad Nacional de Colombia sede
Manizales
Manizales, Caldas

Joan Nathalie Suárez Hincapié

Universidad Nacional de Colombia sede
Manizales
Manizales, Caldas

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: Esta investigación plantea los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible -SUDS- como alternativa para el manejo del drenaje pluvial en un sector urbano de la ciudad de Manizales, debido al aumento de la escorrentía de agua superficial derivada de la impermeabilización del suelo natural, ocasionada por la presencia de edificaciones del sector. La revisión y depuración de información técnica obtenida se evaluó por medio de la implementación de metodología multicriterio, tomando como base el método proceso analítico jerárquico “AHP” por sus siglas en inglés (Analytic Hierarchy Process) con apoyo de análisis de expertos, a fin de proponer las tres alternativas SUDS más indicadas para regular o disminuir la incidencia de la escorrentía pluvial de acuerdo con los criterios planteados. Los resultados obtenidos arrojaron que las alternativas con mayor adaptación a la zona de estudio son los tanques de almacenamiento, los pavimentos permeables y los alcorques. Finalmente, se plantea como actividad futura la validación de los SUDS seleccionados mediante la construcción de un modelo hidráulico, con el fin de realizar la comparación hidráulica de las condiciones existentes del sistema de alcantarillado

con cada una de las alternativas SUDS previamente seleccionadas o combinación de ellas, y así establecer si se cumple con la normatividad vigente y conseguir el manejo integral y sostenible del drenaje urbano del área de estudio.

Palabras claves: SUDS, modelo gestión de aguas pluviales, drenaje urbano.

INTRODUCCIÓN

Los SUDS se pueden definir como alternativas innovadoras para el manejo integral del drenaje urbano y así replicar en cierto grado las condiciones hidrológicas anteriores al proceso de urbanización (Fletcher et al., 2015), siendo suplementaria al sistema convencional. Además, son una herramienta relevante para gestionar la escorrentía superficial sosteniblemente, debido a que los procesos de desarrollo humano que involucran factores como la urbanización, el aumento de la población y la demanda de agua han afectado los regímenes hidrológicos naturales, cambiando los usos del suelo por medio de la impermeabilización, aumentando los caudales de escorrentía, las frecuencias de inundaciones y sobrecargando las redes de alcantarillado (Ver **Figura 1**) (Li et al., 2019).

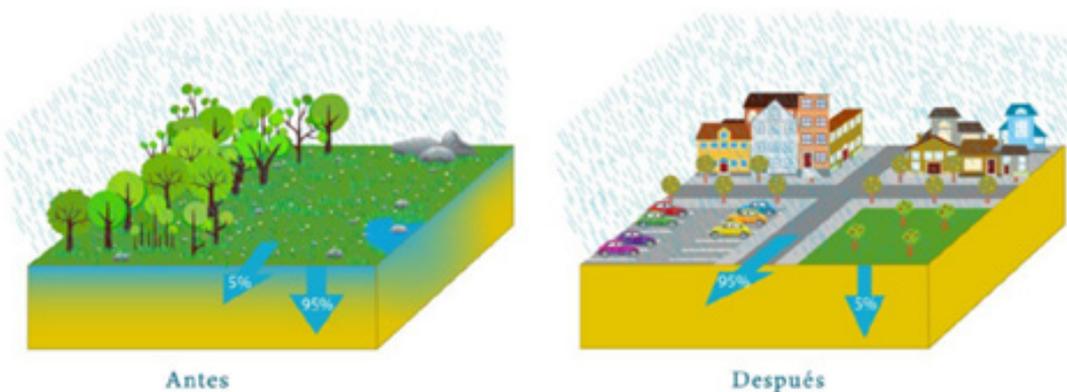


Figura 1.-Afectación de la infiltración y escorrentía a causa de la impermeabilización del suelo. Fuente (HidrologíaSostenible, n.d.).

Desde la planificación urbana, la construcción de metodologías propias de selección e implementación de SUDS abarcan un primer paso para comprender en la práctica la resiliencia de estas nuevas alternativas de drenaje urbano a los sistemas convencionales, así como los planes y programas de desarrollo particulares de cada ciudad (Perales-Momparler et al., 2015). No obstante, la literatura internacional encontrada en guías y metodologías no deben ser entendidas como una reglamentación estricta sino desde una óptica ilustrativa, dado que cada ciudad en relación con los SUDS es única y presenta sus propias características y limitaciones (Mentens et al., 2006).

En el caso particular de la ciudad de Manizales, Colombia, que cuenta para el año 2020 con una población de 446 mil habitantes y se encuentra en un desarrollo constante de crecimiento como ciudad, impactando directamente la población y su entorno, desde los entes gubernamentales en sus políticas de desarrollo se plantean lineamientos direccionados al deleite y bienestar de las nuevas generaciones de un espacio urbano sostenible (Alcaldía de Manizales, 2015); lo cual, constituye a la futura Área Metropolitana en un caso interesante para el análisis de usos de alternativas de SUDS y su futura aplicación, ya que según proyecciones actuales de crecimiento se estima que hay un déficit habitacional de 16.509 viviendas (Alcaldía de Manizales, 2020).

La presente investigación aborda a los SUDS desde la óptica de los aumentos de la escorrentía pluvial derivados de las edificaciones urbanas de una zona de estudio de la ciudad de Manizales, con el fin de plantear preliminarmente por lo menos 3 usos de alternativas diferentes que permitan regular o disminuir la escorrentía pluvial antes de que se descargue al sistema de

alcantarillado municipal, cumpliendo con toda la normatividad local vigente.

UNIDAD DE ANÁLISIS Y POBLACIÓN OBJETIVO

De acuerdo con el área de estudio y el enfoque del tipo de investigación propuesto, la unidad de análisis hace referencia a las edificaciones existentes y pertenecientes a una zona de la cuenca Olivares de la ciudad de Manizales Caldas – Colombia, siendo esta una ciudad catalogada por su ubicación como de media montaña andina (Ver **Figura 2**); donde, a partir de la identificación de sus atributos morfométricos y caracterización detallada de la red de drenaje y, utilizando el método **AHP** se realizó la valoración e identificación de uso de alternativas de SUDS y posteriormente a futuro la validación de dichas alternativas mediante la implementación del modelo de gestión de aguas pluviales SWMM (Storm Water Management Model).

La población de estudio se encuentra definida por la totalidad de las edificaciones, las vías y las zonas naturales de la cuenca urbana seleccionada. Además, en términos de las técnicas que se emplearon para levantar la información de manera secundaria y acotarlas al área de influencia, la población objeto de estudio se convirtió en una unidad de observación básica, para la obtención de planos topográficos, usos de suelo, planos urbanísticos, catastros, datos climatológicos, eventos de inundación, entre otros.

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS SUDS

El proceso de decisión para la selección de alternativas SUDS se desarrolló gracias a la colaboración de un panel de expertos junto con la valoración subjetiva de criterios y alternativas guiados por el Proceso



Figura 2.-Zona noroeste de la cuenca Olivares (zona de estudio). Modificado de (Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales (UNAL), 2018).

Analítico Jerárquico, conocido mundialmente como AHP, el cual tiene como objetivo principal priorizar alternativas. Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación y la particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las percepciones en una escala con el fin de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad como lo nombra Vidal et al., (2012).

PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Para la aplicación de la técnica AHP se tuvieron en cuenta los siguientes tres insumos principales:

- Una lista de alternativas que se deseaba comparar obtenidas de diversas fuentes bibliográficas.

- Un conjunto de criterios, cualitativos y/o cuantitativos, con los cuales se buscó valorar o medir cada una de las alternativas (Ver anexos **Tabla 6**).
- Un objetivo que reflejara el propósito y el alcance de la priorización.

PROCESO JERÁRQUICO

Se estructuró el problema planteado en una jerarquía de criterios y alternativas (ver Figura 3).

La **Figura 3.- Modelo de jerarquía** presenta en primera instancia los tres criterios primarios o generales previamente definidos de acuerdo con diferentes revisiones bibliográficas, los cuales se componen de socioambientales, técnicos y económicos. Posteriormente, se desglosó cada uno de los criterios definidos en la etapa anterior hasta llegar a un nivel de especificación que permitiera el análisis y la comparación de las alternativas.

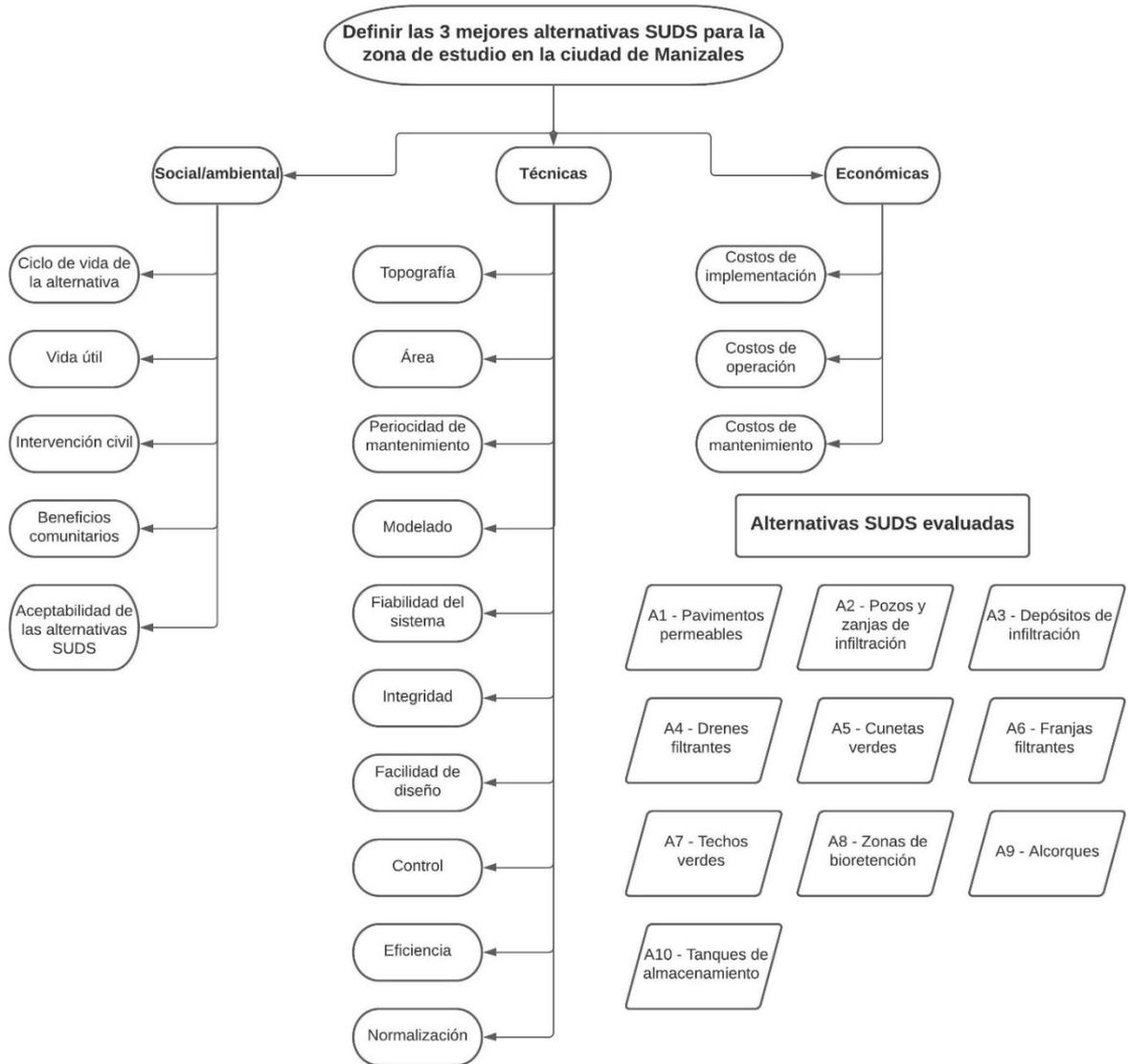


Figura 3.- Modelo de jerarquía.
Fuente (Elaboración propia).

PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS

Con un panel de expertos se realizó una comparación de criterios por pares, apoyados en la matriz de comparación presentada en la **Figura 4** donde cada recuadro de la matriz se encontraba asociado a la comparación de un par de criterios.

	C1	C2	C.	.	Cn
C1					
C2					
.					
.					
Cn					

Figura 4.- Matriz par de comparación de criterios.

Fuente (Vidal et al., 2012).

La comparación de los criterios se efectuó de acuerdo con la escala de Saaty presentada en la **Tabla 1**.

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Ligeramente más importante
5	Mucho más importante
7	Fuertemente más importante
9	Extremadamente más importante

Tabla 1.- Escala de comparación de Saaty.

Fuente (Vidal et al., 2012).

Una vez evaluado cada criterio se procedió a construir una matriz normalizada, donde cada elemento era igual al valor de la matriz de comparación, dividido entre el valor de la suma de los elementos de su columna correspondiente. Finalmente, el vector prioridad se obtuvo del promedio de las filas de la matriz normalizada.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

Para la identificación de inconsistencias se utilizó el indicador propuesto por Saaty (Ver Ecuación 1) presentado en Vidal et al., (2012), el cual tiene como función medir problemas de consistencia o incumplimiento del principio de transitividad partiendo de las matrices de comparación. Si el cociente de consistencia es mayor a 0.1, se concluye que la matriz analizada es inconsistente, por lo tanto, el vector prioridad obtenido no será válido.

$$C.C = \frac{\lambda_{\max} - n}{1 - n} IA \quad [1]$$

Donde,

C.C: cociente de consistencia

λ_{\max} : máximo valor propio de la matriz de comparación

n: número de elementos a comparar

IA: índice aleatorio asociado a cada valor "n"

El cálculo de λ_{\max} se efectuó multiplicando cada elemento del vector prioridad por su correspondiente suma de columna en la matriz de comparación y sumando los términos.

El índice aleatorio se obtuvo de acuerdo con los valores obtenidos por Silvia & Villegas, (2011) y consignados en la **Tabla 2**:

Número de elementos a comparar	Índice aleatorio (IA)
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

Tabla 2.- Índice aleatorio.

Fuente (Silvia & Villegas, 2011).

CALCULO PROMEDIO DE MATRICES DE COMPARACIÓN

Como resultado de cada matriz realizada por los expertos y haciendo uso de la media aritmética (ver Ecuación 2) se procedió a realizar una única matriz agrupando todas las opiniones y valores obtenidos.

$$Media\ aritmética = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [2]$$

Fuente (Devore, 2012).

Donde,

n: número de elementos

x_i : valoraciones brindadas por los expertos

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Con el vector prioridad de los criterios obtenidos, y la calificación de cada alternativa evaluada (que para este estudio fueron seleccionadas 10 alternativas) se obtuvo la prioridad de cada una de las alternativas mediante la construcción de una matriz final como se presenta a continuación (ver Figura 5):

Vector prioridad			
Rotulo	%		
C1	15		
C2	40		
C3	45		

	C1	C2	C3
A1	0,45	1,6	0,45
A2	0,375	2	1,35
A4	0,255	0,88	1,8
An

Figura 5.- Priorización general de alternativas.

Fuente (Elaboración propia).

La calificación de cada alternativa respecto a los criterios propuestos se realizó mediante el uso de una escala de valoración numérica del 1 al 5, donde 1 es deficiente y 5 es muy bueno. Seguidamente, la prioridad general resultó de la multiplicación de la matriz conformada por

los vectores de prioridad de alternativas, con el vector de prioridad de criterios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS

De acuerdo con los criterios escogidos y el resultado promedio del panel de expertos se presentan los resultados obtenidos para cada grupo de criterios (ver **Tabla 3** y **Tabla 4**):

Rótulo	Criterios primarios	%
CSA	Técnico	31
CE	Económico	10
CT	Social/Ambiental	59

Tabla 3.- Vector prioridad Criterios Primarios.

Fuente (Elaboración propia).

Rótulo	Criterios socio/ambientales	%
CSA1	Ciclo de vida de la alternativa	22
CSA2	Vida útil	32
CSA3	Intervención civil	11
CSA4	Beneficios comunitarios	21
CSA5	Aceptabilidad de alternativa SUDS	14

(a)

Rótulo	Criterios técnicos	%
CT1	Topografía	9
CT2	Área	17
CT3	Periodicidad de mantenimiento	5
CT4	Modelado	8
CT5	Fiabilidad del sistema	10
CT6	Integridad	13
CT7	Facilidad de diseño	6
CT8	Control	14
CT9	Eficiencia	13
CT10	Normalización	5

(b)

Rotulo	Criterios económicos	%
CE1	Costos de implementación	9
CE2	Costos de mantenimiento	33
CE3	Costos de operación	58

(c)

Tabla 4.- Vector prioridad para cada grupo de criterios. Fuente (Elaboración propia).

La información presentada en las **Tabla 3**, evidencia cada uno de los porcentajes obtenidos en cada criterio primario y lo prioriza de acuerdo con los valores asignados por el panel de expertos, por lo tanto, el peso que le corresponde a cada criterio primario sería el siguiente: en primer lugar, el criterio socio/ambiental (59%), **seguido del técnico (31%) y se finaliza con el económico (10%).** En la **Tabla 4** se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los grupos primarios y su valoración, donde a partir de estos se inicia la construcción de la matriz de selección general (Ver anexos **Tabla 6**).

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

El desarrollo urbano provoca un cambio significativo en los patrones de escorrentía en relación con los volúmenes de flujo máximo y velocidades de escorrentía, debido a los impactos que ocasiona la distribución urbana y la impermeabilización de sus superficies (Gómez, 2007; Huong & Pathirana, 2013).

Para controlar las posibles inundaciones, se dio lugar a los sistemas de drenaje convencionales en zonas urbanizables, conocidos porque se aplican en la mayoría de las ciudades y tienen como objetivo evacuar la escorrentía hacia un medio receptor en pequeños intervalos de tiempo (Castro et al., 2005; Martínez, 2013; Rodríguez, 2011). Dichos sistemas convencionales, presentan problemas, ya que son poco flexibles por lo que se ha generado una línea de estudio que abarca una serie de alternativas de solución para complementar y mejorar el drenaje convencional de las ciudades “SUDS” los cuales tienen como misión captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de tal forma que esta no se vea afectada y permita eliminar de forma natural una parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa (CIRIA C753, 2015;

Momparler, 2008). En la **Tabla 5**, se presentan los resultados obtenidos de la priorización de alternativas SUDS realizada, las cuales podrían ser aplicadas a la cuenca Olivares de la ciudad de Manizales.

Ítems	Nombre	Puntaje
A10	Tanques de almacenamiento	3,87
A1	Pavimentos permeables	3,69
A9	Alcorques	3,54
A8	Zonas de bioretención	3,48
A7	Techos verdes	3,30
A3	Depósitos de infiltración	3,15
A6	Franjas filtrantes	3,06
A5	Cunetas verdes	3,03
A2	Pozos y zanjas de infiltración	2,96
A4	Drenes filtrantes	2,81

Tabla 5.- Resultado de la priorización de alternativas. Fuente (Elaboración propia).

El resultado de la **Tabla 5** concluye que, dado los juicios subjetivos de cada experto, a pesar de que las alternativas tienen un nivel de cumplimiento similar, las alternativas que más se ajustan a los criterios propuestos son la A10, A9 y A1 las cuales corresponden a tanques de almacenamiento, pavimentos permeables y alcorques.

De acuerdo con CIHA (2017) y CIRIA C753 (2015) los tanques de almacenamiento son estructuras rígidas en forma de prismas, utilizados para crear un espacio vacío para el almacenamiento temporal de agua superficiales antes de su infiltración. El agua almacenada es posteriormente evacuada mediante una liberación controlada o utilizada en actividades que no requieren calidad de agua y su diseño varía dependiendo del objetivo que quiere ser alcanzado, mientras que los pavimentos permeables tienen como objetivo principal reemplazar el pavimento convencional por un tipo de pavimento que permita drenar el agua hacia el subsuelo, de manera que la escorrentía no

se acumule en la superficie y su diseño se basa en las cargas de tráfico esperadas y la apariencia visual que se requiere. Finalmente, los alcorques son esencialmente sistemas de bio-retención con árboles en su interior, para mejorar su capacidad y rendimiento, tiene como objetivo incrementar la habilidad del árbol para reducir la escorrentía y proveer condiciones para que éste pueda soportar problemas asociados a las inundaciones y la interacción con estructuras circundantes.

Rey (2019) en su estudio “PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE PARA CUENCAS DE MONTAÑA CON ALTA PENDIENTE” presenta que para la cuenca Palogrande-Ruta 30 (conocida también como San Luis-Ruta 30) ubicada en la ciudad de Manizales, las alternativas más recomendadas son las cisternas o tanques de almacenamiento simuladas de capacidad de 10.000 litros, las cuales presentaron un mejor desempeño con un almacenamiento total o en su gran mayoría de la escorrentía correspondiente, de manera que retardan el ingreso de está a la red hasta su liberación o posterior reúso. En la modelación se mostró que, aunque disminuyen el caudal pico para algunos casos hasta en 25% no logran una disminución importante de este.

La validación de las tres alternativas obtenidas por medio de la metodología multicriterio se realizará como actividad futura mediante una simulación hidráulica por medio del programa SWMM.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permitieron a través de un panel de expertos y un análisis multicriterio una valoración y calificación de diferentes alternativas SUDS bajo criterios socioambientales, económicos y técnicos aplicables en una zona de media montaña andina.

Los resultados permitieron identificar que las alternativas con mayor puntuación y aplicables a la zona de estudio son: tanques de almacenamiento, pavimentos permeables y alcorques.

Los resultados obtenidos en los criterios primarios de acuerdo con la valoración de los expertos muestran que el más relevante en la implementación de las alternativas SUDS corresponde al socio/ambiental (59%), seguido del técnico (31%) y por último el económico (10%).

Los resultados obtenidos en la valoración de los subcriterios socioambientales muestran que el más relevante de acuerdo con los expertos es la vida útil (32%) y el menos influyente es la periodicidad del mantenimiento (11%).

Los resultados obtenidos en la valoración de los subcriterios técnicos muestran que el más relevante de acuerdo con los expertos es el área (17%) y los menos influyente son los costos de implementación (5%).

Los resultados obtenidos en la valoración de los subcriterios económicos muestran que el más relevante de acuerdo con los expertos son los costos de operación (58%) y el menos influyente es la intervención civil (9%).

La metodología planteada selecciona las tres alternativas que se deberán modelar y analizar a futuro como complemento y validación de la presente investigación.

Los resultados obtenidos para la aplicación de alternativas SUDS exponen una similitud con otro estudio realizado en la misma ciudad, implementado como alternativa de solución para el drenaje urbano los tanques de almacenamiento.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Manizales. (2015). *Plan de Desarrollo Manizales 2012 – 2015 Anexo Caracterización Sector Rural División Físico Territorial* (pp. 1–29).
- Alcaldía de Manizales. (2020). *Plan de Desarrollo Manizales 2020 - 2023*.
- Castro, D., Rodríguez, J., Rodríguez, J., & Ballester, F. (2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible. *Interciencia*, 30(5), 255–260.
- CIIA. (2017). *Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C. Producto 3 - Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. Universidad de los Andes.
- CIRIA C753. (2015). *The SuDS Manual* (CIRIA). CIRIA.
- Devore, J. L. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J. L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Gómez, M. (2007). Hidrología urbana. In Flumen Dinámica fluvial i enginyeria Hidrológica (Ed.), *Colección CBI* (1st ed.). Distribuidora Alfambra de Papelería S.L.
- HidrologíaSostenible. (n.d.). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible – SUDS*. Retrieved October 4, 2020, from <http://www.hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>
- Huong, H. T. L., & Pathirana, A. (2013). Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(1), 379–394. <https://doi.org/10.5194/hess-17-379-2013>
- Leopold, L. (1968). Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use. *Geological Survey Circular*, 554, 1–21.
- Li, C., Liu, M., Hu, Y., Zong, M., Zhao, M., & Walter, M. T. (2019). Characteristics of impervious surface and its effect on direct runoff: A case study in a rapidly urbanized area. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(7), 1885–1891. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.064>
- Martínez, G. (2013). *Sistemas urbanos de drenaje sostenible “SUDS” como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias en la ciudad de Palmira*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77(3), 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>
- Momparler, S. (2008). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. *Agua y Servicios de Abastecimiento y Saneamiento*.
- Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Andreu, J., & Escuder-Bueno, I. (2015). A regenerative urban stormwater management methodology: The journey of a Mediterranean city. *Journal of Cleaner Production*, 109, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.039>
- Rey, D. (2019). *Propuesta de sistema de drenaje urbano sostenible para cuencas de montaña con alta pendiente (tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Rodríguez, L. (2011). *Revisión bibliográfica de los sistemas de drenaje sostenible*. Universidad de los Andes.
- Silvia, V., & Villegas, S. (2011). *Modelo de priorización de proyectos de inversión pública con enfoque multicriterio : caso seMapa Priority model for investment projects with public multicriteria : study case : semaPa*.
- Vidal, C., Bravo, J., Cajiao, E., Meza, P., Arango, S., Franco, D., & Calderón, J. (2012). *Guía metodológica para la priorización de proyectos: Un enfoque aplicado a la infraestructura, la logística y la conectividad*.

ANEXOS

LISTADO DE CRITERIOS

Crterios Primarios "CP"	Crterios especficos	Descripción
Socio/Ambiental "CSA"	Ciclo de vida de la alternativa	Evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales, durante la vida útil de las alternativas SUDS.
	Vida útil	Cuanto tiempo dura las alternativas SUDS en prestar el servicio para la cual fue diseñada.
	Intervención civil	Afectación que presenta la construcción de los SUDS en el área de implementación, en relación con las obras civiles a ejecutar, tipo de materiales y elementos especiales.
	Beneficios comunitarios	Impacto positivo - negativo que tienen las alternativas SUDS en su implementación en cuanto al paisajismo, estética, amenidad, etc.
	Aceptabilidad de la alternativa SUDS	Percepción y actitud de los interesados (comunidad y organizaciones públicas - privadas) frente a los beneficios y riesgos que tienen las alternativas para el bienestar colectivo.
Técnicos "CT"	Topografía	Condiciones del terreno (pendiente) donde se aplicarán las alternativas SUDS.
	Área	Necesidad de espacio requerida por las alternativas SUDS.
	Periodicidad de mantenimiento	Cada cuanto tiempo es necesario realizarles mantenimiento a las alternativas SUDS o al área donde se encuentren para garantizar rendimiento y funcionalidad.
	Modelado	Si es apto para ser modelado en el programa EPA SWWM.
	Fiabilidad	Se refiere a la estabilidad de operación de la alternativa (debe cumplir con los objetivos propuestos).
	Integridad	Reacción frente a daños internos y externos a través del tiempo y su integración con estructuras existentes.
	Facilidad de diseño	Corresponde al nivel de complejidad del diseño e integralidad con otras especialidades. Además, facilidad de uso masivo por consultores.
	Control	Capacidad de los SUDS para regular o minimizar la cantidad del agua.
	Eficiencia	Capacidad de los SUDS para tratar el agua lluvia.
	Normalización	Adopción e implementación de las alternativas SUDS por parte de los entes involucrados a través de normatividad.
Económicos "CE"	Costos de implementación	Inversión inicial de construcción y puesta en marcha de cada alternativa de SUDS.
	Costos de operación	Rubros de personal e insumos necesarios para el funcionamiento de las alternativas SUDS (monitoreo de sedimentos y eliminación).
	Costos de mantenimiento	Rubros de personal, insumos, materiales y equipos necesarios para garantizar el rendimiento de las alternativas SUDS a través del tiempo.

Tabla 6-. Descripción de criterios primarios y específicos de selección.

Fuente (Elaboración propia).