

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS
BOGOTÁ D.C.**

LICENCIA CREATIVE COMMONS: Señale en la casilla la licencia que insertó en el trabajo de grado, tesis o artículo:

Atribución	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial sin derivadas	<input type="checkbox"/>
Atribución no comercial compartir igual	<input checked="" type="checkbox"/>	Atribución sin derivadas	<input type="checkbox"/>	Atribución compartir igual	<input type="checkbox"/>

AÑO DE ELABORACIÓN: 2020

TÍTULO: PREFACTIBILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN LA UGA 030 DE LA SUBCUENCA TORCA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

AUTOR (ES): Culman Chaux, Cristian Ricardo y Murcia, Manuel Alejandro

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):

Pulgarin Montoya, Diego Alejandro

MODALIDAD:

Trabajo de ingeniería aplicada.

PÁGINAS:	111	TABLAS:	32	CUADROS:		FIGURAS:	55	ANEXOS:	1
-----------------	------------	----------------	-----------	-----------------	--	-----------------	-----------	----------------	----------

CONTENIDO: Se refiere a los capítulos que se desarrollaron. Sólo los grandes capítulos. Ejemplo:

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DEL TRABAJO
2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN



3. METODOLOGÍA
 4. ANÁLISIS HIDROLOGICO DEL ÁREA
 5. EVALUCIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EXISTENTE
 6. SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE
 7. ANÁLISIS DE TIPOLOGÍA SUDS
 8. IMPLEMENTACIÓN DE TIPOLOGÍAS SUDS
 9. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

DESCRIPCIÓN: La ciudad de Bogotá D.C. enfrenta un gran reto frente al manejo de los grandes volúmenes de escorrentía producidos por los eventos de lluvia como respuesta a la impermeabilización de la ciudad. El presente trabajo evalúa el sistema de alcantarillado pluvial de un área de 24,11 hectáreas circunscrito en la UGA 030, el cual cuenta con dos colectores que descargan al Canal Torca, el área mayor con 18,7 hectáreas y el área menor con 5,3 hectáreas. En esta evaluación, se determinó la necesidad de ampliar el diámetro del tramo final de los colectores en razón de que hay tramos de tubería que se encuentran trabajando por encima del 85% de la relación de llenado. Para este caso se implementan sistemas de drenaje urbano sostenible SUDS, con el objeto de analizar si es necesaria la ampliación de los diámetros de tubería, o, por el contrario, las implementaciones de estos sistemas ya que presentan una solución que permita la reducción de los volúmenes de escorrentía. Por lo anterior, se evaluó el área de influencia del proyecto para determinar los espacios potenciales para su implementación. Esta evaluación dejó a la vista los exiguos espacios para realizar esta implementación, sin embargo, se hallaron espacios para su adopción. En atención a la matriz de restricción para la implementación de una o más de las 7 tipologías existentes, se encontró que, para esas condiciones físicas, se deben establecer tanques de almacenamiento. Sin embargo, la adopción de esta tipología encontró que no se reducen los caudales pico en el tramo final de la tubería de descarga de ambos colectores. No obstante, las características de la cuenca evaluada permiten la implementación de techos verdes. Esta tipología determinó que hay una reducción del 19,91% del caudal pico del evento de lluvia.



METODOLOGÍA:

- **FASE I: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

En esta fase se relaciona la documentación de referencia, de mayor relevancia para la ejecución de los diseños de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado, objeto del presente trabajo.

- **FASE 2: DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE**

Para la delimitación de las áreas de drenaje se contó con la información los sistemas de alcantarillado pluvial, revisada en las planchas de la EAAB e información revisada en google earth. Así mismo se consideran las algunas hipótesis para esta actividad.

- **FASE 3: DETERMINACIÓN DE CAUDALES**

Durante el desarrollo de esta FASE, se tuvo en cuenta la información determinada en la FASE 2, esto con el objeto de estimar el caudal que aporta cada área de drenaje por medio del método racional, para ello se encuentra el coeficiente de escorrentía establecidos en la norma NS-085, para cada una de esta.

En cuanto a la estimación de la intensidad de la lluvia, estas se determinaron por medio de las curvas de intensidad, duración y frecuencia, en adelante IDF.

Una vez calculados todas las variables necesarias para determinar el caudal de escorrentía por medio del método racional, se calcula el caudal para el área de estudio para un periodo de retorno de 5 años.

- **FASE 4: DIMENSIONAMIENTO DE REDES**

Con base en las curvas IDF, se determina el hietograma por medio del método del bloque alterno, para una lluvia de duración de tres (3) horas y un periodo de retorno de cinco (5) años.

La modelación hidráulica se realiza por medio de un modelo de lluvia-escorrentían del área de influencia del proyecto en la versión 5.1 del software SWMM de la US EPA (United States Enviromental Protection Agency), en el cuál se desarrolla un



modelo dinámico de simulación de una precipitación con una intensidad, ya sea para un solo acontecimiento o bien para periodo extendido. Mediante este software se puede estimar la cantidad que evacua o sale, ya que se establecen una serie de cuencas en las cuales cae el agua de la precipitación, posteriormente se genera la escorrentía y se analiza la travesía de estas aguas por medio de un sistema compuesto por tuberías, canales, depósitos y tratamiento, bombas y elementos que regular.

Una vez evaluado el modelo hidráulico, se procede a realizar la revisión de los parámetros de velocidad máxima y velocidad mínima; pendientes mínima y máxima; dimensión de la sección, profundidad hidráulica y dimensionamiento mínimo para alcantarillados.

- **FASE 5: ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS SUDS**

En esta fase se mencionan los pasos a seguir, para identificar las áreas que requieren y se adaptan a las tipologías de conformidad con la norma NS-166, las cuales tiene como objeto reducir el caudal pico, a continuación, se relacionan cada uno de estos para la definición del sitio con necesidad de SUDS.

- **FASE 6: IMPLEMENTACIÓN DE TIPOLOGIAS SUDS**

Finalmente, esta fase tiene como objeto la selección de la tipología de las estructuras SUDS y la conformación de trenes, con el objetivo de determinar las áreas potenciales elegidas de conformidad con los objetivos trazados para el presente proyecto, así como las limitaciones físicas para su implementación.

PALABRAS CLAVE: SUDS, ALCANTARILLADO, ESCORRENTÍA, IMPERMEABILIZACIÓN, CAUDAL.

CONCLUSIONES:

- Después de haber realizado el diagnóstico de la tubería de descarga de la red alcantarillado de 1.30 metros en el punto de descarga al Canal Torca, se pudo determinar que esta tubería no se encontraba presurizada cuando esta descargaba el caudal pico, es decir un caudal de 2354,3 LPS, sin embargo, aguas arriba de este algunos tramos si encontraban con relaciones de llenado superiores a los valores permitidos por la norma NS-



085, por lo que es imperativo realizar una intervención en esta tubería y aumentar su descarga con el fin de minimizar los impactos de la impermeabilización de la superficie del área de influencia del sistema de drenaje, o evaluar alternativas que ayuden a minimizar el caudal pico.

- Ahora bien, el área de la cuenca de estudio tiene 24.11 hectáreas, este valor se obtuvo a partir de la información del levantamiento topográfico y de la determinación de las áreas aferentes de cada pozo, así mismo se determinó el coeficiente de escorrentía por cada área y con base en la intensidad de la lluvia obtenida de la curva IDF se obtuvo el caudal de diseño por el método racional conforme a lo descrito en la norma NS-085, el cual arrojó un resultado de 1.061,24 LPS.
- Para el caso de la ciudad de Bogotá D.C, está aún no establece políticas claras que dicten normas y determinen una ruta de navegación hacia la implementación de nuevas tecnologías como son los SUDS, y en específico las obras publicas tales como vías, andenes o alamedas, que son grandes generadores de áreas impermeables, y la normativa por su parte lo que relaciona es la priorización de las acciones en áreas en desarrollo, donde se dispone del área para su implementación, dejan de un lado las áreas que ya se encuentran desarrolladas o urbanizadas. Cabe resaltar que la norma NS-166 es una herramienta en la que se pueden encontrar las diferentes alternativas de tipologías SUDS para las diferentes áreas de la ciudad, así como las diferentes restricciones para la adopción de cada una de estas.
- Durante el desarrollo del presente trabajo se pudo establecer que las zonas más densamente pobladas, son las áreas residenciales de estratos 1 y 2, por lo que esto representa un desafío grande de cara a la implementación de estas tipologías, y propone establecer estrategias de urbanismo para los nuevos proyectos y un reto grande para la intervención de aquellas áreas urbanizadas que pertenecen a estos estratos. Por lo anterior, la alternativa de solución frente al problema encontrado y que presentó menos restricciones en cuanto a pendiente, tasa de infiltración, distancia a cimientos y distancia al nivel freático para la implementación, fue la de tanques de almacenamiento.



- No obstante, la simulación hidráulica realizada con el software EPA SWMM, mediante el modulo LID (Low impact development) arrojó un resultado inesperado, pues este no disminuyó la descarga en la tubería de descarga al Canal Torca, por lo que no representa la mejor alternativa.
- Por otra parte, el área de estudio no cuenta con áreas aptas para la implementación de otras de las siete (7) tipologías expuestas en la NS-166 para la ciudad de Bogotá, esto como respuesta a la impermeabilización de esta, el tamaño de los andenes y la densificación, sin embargo, esta norma deja la puerta abierta para la implementación de techos verdes, por lo que se desarrolló la implementación de esta metodología para la fase de prefactibilidad.
- El resultado obtenido con la implementación de techos verdes es la reducción del caudal de descarga en un 20% en la cuenca de mayor tamaño y en la cuenca pequeña tan solo un 2%, por lo que se presenta como una apuesta a implementar, no solo en esta zona, sino en zonas comerciales e industriales, siempre y cuando haya un buen compromiso para afrontar una tarea como esta.

FUENTES:

ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, Sistema De Información Geográfica Eab. [EN LINEA]. [Citado en 03 de 04 de 2020]. Disponible en internet: <https://www.acueducto.com.co/wassigue1/VisorBaseEAB/>

ALCONADA MAGLIANO et al. El Bio-drenaje para el control del exceso hídrico en pampa arenosa, Buenos Aires, Argentina. Febrero, 2008. Vol. 68. No. issn 0188-4611., p.50-72.g

ANNETTE, Et Al. The Impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. En: Journal Of Hydrology. Febrero, 2008. Vol. 350. p.100-113.

BARBOSA, Ana., FERNANDES, Joao y DAVID, Luis. Key issues for sustainable urban stormwater management. En: Journal of Water Research. December, 2012. Vol. 46. No. 20., p.6787-6798.



BUITRAGO, N.f.. Cuantificación Y Caracterización De La Calidad De Agua De Escorrentía De Techo Para El Prediseño De Una Piscina De Retención En El Campus De La Universidad Nacional De Colombia. Tesis De Maestría. Bogotá D.c.: Universidad Nacional De Colombia. 2011. 204p.

BUTLER, David. y DAVIES, John. Urban Drainage. 2 ed. London, Inglaterra.:ISBN 0-203-34190-2, 2004. 566 p.

CAMPOS ARANDA, Daniel. .Procesos del ciclo hidrológico. 3 ed. San Luis Potosí.:Universidad Autónoma De San Luis Potosí, 1998. 33 p.

Centro de investigaciones en ingeniería ambiente CIIA: Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Universidad de los Andes, 2017. 34 p.

CONTECH, Jill. [EN LINEA]. 2016. [Citado en 3 de Mayo de 2020]. Disponible en internet: <https://www.conteches.com/stormwater-management/biofiltration-bioretenction/filterra>

CONTRALORIA DE BOGOTÁ, Evaluación Y Análisis De Los Resultados De La Gestión Integral De Riesgos En Bogotá. [EN LINEA]. 2014. [Citado en 05 de 05 de 2020]. Disponible en internet: <http://www.contraloriabogota.gov.co/intranet/contenido/informes/Estructurales/Subdir%20Estudios%20Econ%C3%B3micos%20y%20Fiscales%20de%20Bogota/2014/Informe%20Estructural%20de%20Riesgos%20en%20Bogot%C3%A1.pdf>

IDEAM, Estudio De La Caracterización Climática De Bogotá Y Cuenca Alta Del Río Tunjuelito..Bogotá D.c..2004.

RODRIGUEZ HERNANDEZ, J.. Estudio, Análisis Y Diseño De Secciones Permeables De Firmes Para Vías Urbanas Con Un Comportamiento Adecuado Frente A La Colmatación Y Con La Capacidad Portante Necesaria Para Soportar Tráficos Ligeros. Tesis Doctoral. Cantabria, España.: Universidad De Cantabria. 2007. 513p.



MARTINEZ ACOSTA, José Alejandro. Metodología para determinar el potencial de implementación de sistema urbanos de drenaje sostenible (suds) En áreas residenciales, A partir de análisis de sistemas de información geográfica (sig). Caso de estudio Bogotá D.c. Colombia . Tesis de grado. Bogotá D.C.: Universidad De Los Andes. 2017. 94p.

PERALES MOMPALER, Sara. y ANDRÉS-DOMÉNECH, Ignacio. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión del agua de lluvia. . En: Revista Técnica De Medio Ambiente. 2008. Vol. 124. p.92-104.

TORRES ABELLO, 2006, Citado por ÁLVAREZ DELGADILLO, Joaquín. y CELEDON JARAMILLO, Erwin. Evaluación de las capacidades hidráulicas y de retención de contaminantes de un modelo de trinchera de retención construida con una canastilla en resinas de polipropileno (aquacell) acoplada con capa filtrante en geotextil y grava utilizada como componente del drenaje urbano. . Tesis De Maestría . Bogotá D.c.: Pontificia Universidad Javeriana. 2012. 87p.

WOODS BALLAR, et al. .Site Handbook For The Construction Of Suds. 1 ed. London.:Ciria, 2007. 62 p. ISBN 978-0-86017-697-8.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. Producto 3 – Guía Técnica De Diseño Y Construcción De Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenible (suds). NS-166. Bogotá D.C..207. 407 p.

STEED, Jill. Greatecology. [EN LINEA]. 2012. [Citado en 3 de Mayo de 2020]. Disponible en internet: <https://greatecology.com/2012/05/07/10-ways-to-use-low-impact-development-to-reduce-your-swurp-footprint/>

CIIA. (2015a). Producto 2 - Informe sobre la investigación y desarrollo de las tecnologías y/o tipologías de SUDS que más se adapten a la problemática de la escorrentía urbana en la ciudad de Bogotá D.C. Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Bogotá.

DURRANS, Et Al. .Stormwater Conveyance Modeling And Design. Haestad Press ed. Michigan, Usa.:Isbn 0965758087, 9780965758086, 2003. 686 p

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. Criterios De Diseño De Sistemas De Alcantarillado. NS-085. 2 ed. Bogotá D.c..2009. 23 p.



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS - INVIAS. Manual De Drenaje Para Carreteras. Bogotá D.c..2009. 538 p.

LOCATELLI, Et Al. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications. En: Journal of hydrology. Noviembre, 2014. Vol. 519. p.3237-3248.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico . RAS 2000. Bogotá D.c..2000. 119 p.

MOSQUERA-MACHADO, S. y AHMAD, S. Flood Hazard Assessment Of Atrato River In Colombia. En: Water Resources Manangement. Octubre, 2006. No. 21., p.591-609.

Seminario de experiencias locales en SUDS, 21 de noviembre de 2014, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER.

URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRIC, Urban storm drainage. [EN LINEA]. 2010. [Citado en 3 de Mayo de 2020]. Disponible en internet: <<https://www.codot.gov/business/hydraulics/links/udfcd-url>>

URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRIC, Urban storm drainage. [EN LINEA]. 2010. [Citado en 3 de Mayo de 2020]. Disponible en internet: <<https://www.codot.gov/business/hydraulics/links/udfcd-url>>

US EPA, O. Storm Water Management Model (SWMM) [Data and Tools]. [EN LINEA]. [Citado en 03 de 04 de 2020]. <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

Valera, S. (1999). Espacio privado, espacio público: Dialécticas urbanas y construcción de significados. Tres al Cuarto, 22 - 24

WALSKI, Thomas. y BARNARD , Thomas. Wastewater Collection System Modeling And Design. Bentley Institute Press ed. [s.l.]. 2004. 606 p. WALSKI, Thomas. y BARNARD , Thomas. Wastewater Collection System Modeling And Design. Bentley Institute Press ed. [s.l.]. 2004. 606 p.



LISTA DE ANEXOS:

1. Shapes alcantarillado pluvial – información secundaria
2. Información topografía – información primaria
3. Areas sin complementar red pluvial
4. Cartografía de red pluvial – información secundaria
5. Topografía de pozos - faltante información primaria
6. Areas ajustadas complemento de red pluvial
7. Analisis de cotas de complementacion
8. Modelacion hidraulica Tr5
9. Modelacion hidraulica Tr10
10. Modelacion hidraulica Tr5 SUDS tanques
11. Modelacion hidraulica Tr5 SUDS techosverdes
12. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento
13. Hietograma