

FACTIBILIDAD DEL RECICLADO DE AGUA DE TANQUES DE TORMENTA PARA OTROS USOS URBANOS EN UNA ZONA DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Laura Solarte¹, María Mendoza², Juan Saldarriaga³

^{1,2} Investigador, Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

³ Profesor Titular, Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
E-mail: lm.solarte26@uniandes.edu.co, ma.mendozao@uniandes.edu.co, jsaldarr@uniandes.edu.co

Introducción

Con el desarrollo y asentamiento de la población en conglomerados que dieron origen a las ciudades, la impermeabilización de zonas antes naturalmente permeables desencadenó aumento en las escorrentías de manera que, en alternativas para su manejo, el aprovechamiento representa una opción interesante en el ámbito económico como ambiental y el reciclaje de agua lluvias surge como una alternativa interesante para suplir, por lo menos en parte, la creciente demanda de agua potable de los habitantes de los centros poblados (Vishwanath, 2001; De Graaf, 2007; Vishwanath, 2001).

Todo esto se embarca en la planeación y construcción de Sistemas de Drenaje Urbanos Sostenibles (SUDS) que han sido puestos en marcha en muchos países líderes en prácticas de manejos de aguas lluvias. La implementación de estos sistemas puede mejorar la calidad del paisaje, reducir el transporte de contaminantes, disminuir el caudal pico producido por la precipitación que ocurre en el alcantarillado pluvial y disminuir el uso de agua potable para irrigación (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2005).

A pesar de las ventajas, a nivel de vivienda no existe mucho interés debido al riesgo que representa a la salud de los habitantes almacenar agua sin ningún tratamiento por periodos de tiempo prolongado. Sin embargo, a esta escala el agua se utilizaría para procesos que no requieran alta calidad. En esta investigación se utilizarán estructuras hidráulicas (tanques de tormenta) que sirven para el almacenamiento de agua lluvia, regulando el caudal de salida hacia la red y amortiguando el caudal pico que se produce en un evento de lluvia extremo y que puede causar inundaciones y se tendrán como zonas de interés lugares privados en la ciudad de Bogotá D.C con gran consumo y grandes áreas de recolección de aguas lluvias para su posterior aprovechamiento. Todo lo anterior con el fin de evaluar la viabilidad del aprovechamiento de agua de tanques de tormenta, para usos urbanos no potables.

Metodología

Para esta investigación se tuvo en cuenta como punto de partida los volúmenes que son capaces de suministrar los tanques de tormenta en función de la cantidad de precipitación que cae sobre la zona de estudio. Dado lo anterior, se utilizó información de las Tesis de Maestría de Rincón (2016), Madrid (2016) y Bustos (2017) que trabajaron sobre el tema de tanques de tormenta en la ciudad de Bogotá.

En primera medida fue necesario adquirir la información climatológica de la ciudad de Bogotá D.C suministrada por las entidades encargadas. Seguidamente se analizó la información de precipitación con el fin de calcular la cantidad de días que puede llover continuamente en la ciudad para así poder determinar cada cuanto tiempo debería vaciarse el tanque de tormenta para que pueda recibir el siguiente aguacero bajo el escenario de los meses más lluviosos de un año típico. También se analizaron las curvas IDF de la zona de estudio entregadas por la Empresa de Acueducto de Bogotá. Con lo anterior, se calcularon los hietogramas de precipitación sin cambio climático, pero, adicionalmente, se consideró el hietograma con

cambio climático de otro trabajo de investigación realizado para la misma zona de estudio del Informe de Colciencias Pavco Fase I.

Fue necesario conocer los volúmenes de consumo de agua potable de los grandes consumidores de la ciudad y de zonas residenciales de los barrios escogidos. La información fue separada entre centros recreativos, centros comerciales y barrios de la zona de estudio.

La modelación de la red de alcantarillado pluvial se realizó a través del software de modelación hidráulica EPASWMM. Definiendo áreas de captación dependientes del tipo de suelo y áreas disponibles para la posible ubicación de tanques de tormenta, se calculó la red con un hietograma de precipitación sin cambio climático y otro con cambio climático, con el objetivo de analizar la diferencia de volúmenes de agua lluvia en la red. Luego con el programa OptiTank de la Universidad de Valencia (2015) se pudo definir ubicaciones estratégicas de tanques de tormenta, evaluando el tamaño mínimo necesario con el objetivo de minimizar las inundaciones en una red de drenaje.

Con la información disponible se elaboró el modelo hidráulico de la red a la cual se le hicieron modificaciones debido a restricciones en el programa. Para la ubicación de los tanques de tormenta se debe cargar el archivo de la red de alcantarillado pluvial modelada en EPASWMM y posteriormente definir las opciones de optimización del modelo. Luego de que exista una optimización en los conductos o nudos de la red es importante un análisis en ArcGIS para determinar el espacio disponible en cada uno de los pozos potencialmente inundables. Para finalmente calcular se debe especificar el número de generaciones con cambio y el tamaño de la población. Finalmente se inicia la optimización de la red, los resultados incluyen la función objetivo con sus costos en euros, datos de la simulación hidráulica y datos de la simulación actual con el tiempo de simulación final. Una vez terminado el proceso se genera un archivo que se puede abrir en EPASWMM lo que permite analizar los resultados obtenidos mediante el programa optimizador.

El procedimiento anterior permite comparar los volúmenes de agua demandados con los disponibles, teniendo en cuenta la cantidad de agua lluvia proveniente del análisis de la información de precipitación y la modelación hidráulica de la red de drenaje urbano. De esta manera se puede evaluar la factibilidad del reciclado de agua de los tanques de tormenta para usos urbanos no potables, comparando volúmenes de consumo y volúmenes de escorrentía.

Adicionalmente, en el programa OptiTank se desarrollaron cuatro casos diferentes: dos sin cambio climático y dos con cambio climático. Cada escenario tuvo en cuenta como primer caso, que los nudos de la red eran factibles para generar tanques de tormenta. Lo anterior, con la intención de simular que en todas las viviendas que comprenden la red tenían la posibilidad de instalar un sistema de almacenamiento de aguas lluvias. Para el segundo caso, se tuvieron en cuenta únicamente las áreas verdes y parqueaderos de los centros comerciales como zonas disponibles para la instalación de tanques de tormenta.

Zona de Estudio

Es una zona de la ciudad de Bogotá, considerando alguno de los grandes consumidores de la ciudad y algunos barrios de la localidad de Usaquén pertenecientes a la red Chicó Norte. Esta última está compuesta por 14 barrios y contiene grandes centros comerciales, por lo anterior se deduce la variedad de tipos de uso del agua.

Los grandes consumidores de la ciudad resultan ser en su mayoría centros comerciales; además se tuvieron en cuenta dentro de esta categoría tres centros recreativos: *Cici Aquapark* un parque acuático que cuenta con 1200m³ de agua y está en capacidad de recibir 2000 personas por, *Maloka* una empresa privada sin ánimo de lucro que cuenta con un centro interactivo dedicado a la ciencia y tecnología con un área de 17000 m², parte de esta área en el subsuelo y *Mundo aventura* un parque que cuenta con un área de 13 hectáreas incluido el estadio Metropolitano de Techo, con una capacidad de 900 personas por día según la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C

La información suministrada permitió relacionar los consumos de agua potable, en caudales, de los grandes consumidores de Bogotá dentro de los últimos 15 años. La información solicitada para los barrios seleccionados fueron caudales de consumo registrados para los últimos 8 meses, tipo de uso, estrato y número de días facturados.

Resultados

Las estaciones de las cuales se obtuvo información hidrológica arrojaron datos de tal manera que se puede concluir que el número de días que se registró lluvia es muy similar para todas las estaciones excepto para una, la cual es la más cercana a la zona de estudio. De la misma manera se puede afirmar que los meses de abril, octubre y noviembre, puede llover en promedio hasta 8 días continuos con una profundidad más de 72 mm. La precipitación que, en promedio, ocurre con mayor frecuencia entre los resultados obtenidos fue de 144.07 mm de los 875 datos de precipitación estudiados.

Para los análisis de los consumos de agua potable en la zona de estudio, se agrupó cada estrato social y se clasificó por usos; luego, se sumaron los usuarios que hacían parte de esa clasificación y se sumó el consumo de un día de ellos para calcular el Consumo Total Acumulado (m³/día). Finalmente, con el consumo total dividido en número de usuarios, se calculó el Consumo Promedio por cada una de las clasificaciones.

En cuanto a volúmenes de agua de la zona, en relación a consumos diarios, mensuales y anuales, la cantidad de personas que pueden entrar en un día promedio y el área construida de cada centro recreativo, hay que considerar que uno de ellos es un parque en el que se encuentran piscinas por lo que se debe hacer cambio de agua regularmente. La información relacionada con el consumo de agua potable de los centros comerciales de la zona, relevante para este trabajo de investigación, correspondió a tres en específico.

Los resultados de la optimización de los tanques de tormenta en la red Chicó Norte que simulan tanques en todos los nudos, muestran que se presentó una reducción de la inundación cercana al 100%; resaltando que es una solución costosa. La reducción de la inundación fue menor, con un 34.68 % a 37.8 %, cuando solo se utilizaron zonas disponibles como parques y parqueaderos.

En la comparación de volúmenes de agua es importante resaltar que el objetivo de este trabajo es dirigido al reciclado de agua lluvia, pero con fines de uso en los cuales no se necesite que se encuentre en estándares de potabilización. Es por esto que el consumo de agua potable no pudo ser reemplazado por agua

lluvia almacenada. Sobre este remplazo existen muchos estudios a nivel internacional en los que se proponen diferentes valores. En el trabajo de investigación de Martínez (2017), se presenta una revisión bibliográfica de este valor especialmente en países latinoamericanos, en lo que se tiene una cultura similar en consumo a la de Colombia. Martínez termina proponiendo un 40% del total de la demanda reemplazada para cada uno de los predios estudiados.

Conclusiones

Como resultado de la investigación se pudo plantear una idea general de las posibilidades de reutilización de agua lluvia, utilizando tanques de tormenta, de tal manera que el objetivo principal era encontrar el volumen de almacenamiento apropiado para satisfacer una demanda determinada y de la misma manera disminuir el porcentaje de inundación obtenido en las modelaciones de redes de alcantarillados pluviales. Todo basado en datos reales de consumo y utilizando condiciones de cambio climáticos.

Con el análisis de precipitación se encontraron niveles promedios y zonas donde podrían presentarse eventos continuos de lluvias hasta de 8 días. De las redes evaluadas en los trabajos de investigación anteriores a éste, se encontró que la aplicación de cambio climático en los datos de lluvia puede aumentar el volumen de inundación, incrementando los volúmenes de los tanques de tormenta, generando volúmenes con límites máximos aparentemente imposibles de consumir por un solo gran consumidor.

Los tanques de tormenta planteados para cada uno de los predios de la zona pueden reducir los picos de agua lluvia, aunque sería muy costoso debido a 4 razones fundamentales: (i) Implementación inicial, (ii) Construcción de una red separada de aguas lluvias y agua potable en cada uno de los predios, (iii) Costos de consumo de energía si el suministro de agua lluvia se hace por bombeo y (iv) Mantenimiento y operación. Esto implica problemas de salubridad; sin embargo, no se debe descartar completamente esta opción dado que, con algunas modificaciones, puede llegar a lograr implementarse en un futuro.

Referencias

- Bustos, K. A.** (2017). *Prueba de la Metodología de localización de tanques de tormenta en sectores de la ciudad de Bogotá y Medellín*. Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- CIACUA.** (2014). *Drenaje Urbano y Cambio Climático FASE I: Hacia los sistemas de alcantarillado del futuro*. Bogotá: Universidad de los Andes, PAVCO.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.** (2005). *WSUD Engineering Procedures : Stormwater*. Collingwood, Vic: CSIRO Publishing.
- De Graaf, R. V.** (2007). *Local Water Resources and Urban Renewal.A Rotterdam Case Study. NOVATECH 2007, 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management.*, 189-196.
- Madrid, N.** (2016). *Factibilidad del reciclado de agua de tanques de tormenta para otros usos urbanos*. Tesis de Maestría. Bogotá D.C., Colombia: Universidad de los Andes.
- Martínez, J. A.** (2017). *Metodología para determinar el potencial de implementación de sistemas 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*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Rincón, G. J.** (2016). *Prueba de la metodología de localización de tanques de tormenta en diferentes sectores de las ciudades de Bogotá y Medellín*. Universidad de los Andes. Bogotá D.C.