

# DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA APLICABLE A AMÉRICA LATINA PARA EL LEVANTAMIENTO DE CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO

Gabriela Hernández<sup>1</sup>, María Guzmán<sup>2</sup> y Juan Saldarriaga<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Investigador, Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA), Universidad de Los Andes.

<sup>3</sup> Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes.

E-mail: mg.hernandezd@uniandes.edu.co, mp.guzmant@uniandes.edu.co, jsaldarr@uniandes.edu.co

## Introducción

Los sistemas de alcantarillado son los encargados de recolectar, transportar y tratar las aguas lluvias y servidas de los centros urbanos (Pérez Carmona, 2013). En muchas ocasiones, al desarrollar proyectos de factibilidad, diseño y construcción de este tipo de sistemas, las entidades contratantes invierten gran cantidad de sus recursos en actualizar los catastros de las redes (incluye estado, topología y características constructivas de la red de alcantarillado), debido a que no existe un sistema de información consolidado que sea regido bajo la misma nomenclatura, ejecución y formato de resultados.

Una alternativa innovadora, económica y práctica para realizar el catastro de redes, es implementar equipos avanzados de alta tecnología; en este estudio se evaluó puntualmente el uso de drones. Específicamente, se probó el algoritmo de secuencias planteados en el sector Chicó Norte de Bogotá y en el municipio de Tenjo, Cundinamarca.

Este trabajo es de gran trascendencia, porque genera un algoritmo que explica la metodología adecuada para la elaboración de un catastro de redes. Es importante que las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado de cada región tengan la capacidad de elaborar sus propios catastros de redes de alcantarillado sin necesidad de subcontratar este tipo de proyectos, logrando invertir este tipo de recursos en otros proyectos de crecimiento de bienestar de las sociedades.

## Metodología

El algoritmo de secuencia de este trabajo de investigación se fundamenta en cuatro etapas: la primera consiste en recolectar planos record de construcción de sistemas de alcantarillado de la zona; la segunda es utilizar las nuevas tecnologías para el levantamiento de catastro de los elementos visibles de la red de alcantarillado; la tercera se trata de la inspección de los elementos internos del sistema; y la cuarta es procesar la información de levantamiento de catastro. A continuación, se describe la metodología empleada en cada una de estas etapas.

### *Recopilación y análisis de información existente*

Esta etapa consiste en recolectar la mayor parte de información existente sobre la zona de estudio para tener mayor certeza sobre los resultados que se desean obtener.

Se solicitan los planos record constructivos en formato digital a la empresa dedicada al abastecimiento de agua y alcantarillado, incluso si existen varias versiones, para obtener la mayor cantidad de antecedentes de catastros de alcantarillado e inventario de activos, de manera que se pueda realizar un procesamiento completo y exhaustivo.

### *Planimetría y altimetría de los elementos visibles de la red de alcantarillado*

En un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado es posible realizar la topografía de los mismos por medio del uso e implementación de nuevas tecnologías como los drones,

evitando métodos conservadores como fotografías aéreas, topografía convencional, entre otros (Day, 2017). La precisión de dicha tecnología puede llegar a ser hasta de 1.5 cm por pixel (SenseFly, 2014) y puede optimizar tiempos de toma de imágenes aéreas y costos de inversión.

En esta etapa se determinan las características del sistema en canales cerrados y abiertos. Para canales cerrados se requiere: longitud, diámetro, pendiente y material de las tuberías, coordenadas de pozos de inspección, coordenadas de inicio y fin de cada tramo de tubería. Para canales abiertos se requiere: longitud del canal, su sección transversal, material del canal y estado del sistema.

### *Inspección de elementos internos del sistema*

En zonas donde no se puede utilizar en un 100% las tecnologías modernas, se realiza una inspección de elementos por medio de recorrido de campo. Para canales cerrados, se destapan las tapas de las alcantarillas y se miden las cotas claves de los colectores que entran y salen, si no es posible, se propone en el algoritmo utilizar robots especializados, los cuales tienen la capacidad de inspeccionar las características internas del sistema como son: diámetros de tuberías, material, distancias, pendientes. Como un producto adicional en el catastro de la red de alcantarillado, estos robots pueden identificar el estado interno del sistema.

Debido a que uno de los objetivos principales de la metodología propuesta es minimizar tiempos, riesgos y costos, se pretende eliminar en un 100% las excavaciones. Con base en este supuesto, si al realizar la planimetría del sistema se encuentra que existe un pozo oculto que no se pudo detectar en la toma de imágenes mediante drones, se recomienda implementar el uso de trazadores para determinar el punto de inicio y fin de cada colector; una vez se identifique que no es posible detectar la posición exacta de un pozo porque se encuentra bajo vías, casas y demás, se plantea el uso de georadares, los cuales suministran información muy aproximada de la profundidad a la que se encuentran las tapas de los pozos con respecto a la cota del terreno que se ha obtenido anteriormente en el modelo digital de elevación (Ralph Bernstein, 2000).

A su vez existen los robots de pared prensada que pueden ingresar por medio de los colectores, hasta encontrar una cámara de inspección que esta oculta y tiene la capacidad de proyectar un láser que describe las características internas del pozo como son diámetro, material, altura, y estado de la misma (Csaba Ékes, 2011).

En esta etapa, finaliza la recolección de información de cada uno de los elementos que componen el sistema, de las características externas e internas de los canales.

### *Procesamiento de información*

Para implementar los Sistemas de Información Geográfico (SIG), es necesario contar con las licencias necesarias que permitan el procesamiento requerido, para obtener un producto que integre fotografías aéreas, información obtenida de campo, información base obtenida en las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado, y demás. Además, es

importante el equipo de oficina que digitaliza la información recolectada de la zona de estudio.

En esta etapa, se obtienen los planos e informes finales del proyecto de levantamiento de catastro, y se realizan modelaciones del sistema conforme a las características encontradas, para verificar que se encuentra operando bajo las normas de diseño.

## Casos de estudio

Se seleccionaron dos casos de estudios para probar la metodología en el departamento de Cundinamarca, Colombia. En Bogotá se utilizó un fragmento de la ciudad, el barrio Chicó Norte, mientras que el otro caso utiliza un municipio completo, Tenjo.

El sector de Chicó Norte tiene un área aproximada de 7.38km<sup>2</sup>, el municipio de Tenjo, tiene aproximadamente un área de estudio de aproximadamente 0.4718 km<sup>2</sup>.

Se seleccionaron estos dos casos debido a que: i) con el de Bogotá (ocho millones de habitantes) se puede simular la eficiencia y eficacia del algoritmo planteado en una ciudad de gran tamaño, con toda la complejidad que aplica la recolección de información, permisos de vuelo, densidad de población, usos del suelo y demás; ii) con la aplicación de la metodología en el municipio de Tenjo – Cundinamarca (18 000 habitantes) se analiza que la metodología planteada puede resultar más eficaz dado que el área de estudio es mucho menor y los procesos del algoritmo planteado se simplifican aún más.

## Resultados

### *Barrio Chicó Norte, Bogotá*

En la aplicación del modelo dentro de la ciudad de Bogotá se evidencia que el proceso es mucho más demorado en cuanto a los tiempos de recolección de información, dado que los procesos en las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado tienen más protocolos.

Además, los permisos de sobrevuelo de los drones bajo la normativa de la Aeronáutica Civil de Colombia son procesos que se deben tramitar con mucha anticipación (UAEAC, 2011), lo cual no permitió el estudio de caso con el dron EBEE. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de la investigación, actualmente las empresas consultoras expertas en el tema utilizan este tipo de tecnologías avanzadas en grandes ciudades obteniendo excelentes resultados.

### *Tenjo, Cundinamarca*

Con la implementación de drones tipo EBEE en el municipio de Tenjo, se logra una alta precisión en la toma de imágenes y una precisión en el modelo digital del terreno, los cuales son suficientes para levantamiento de catastros de redes de alcantarillado.

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que es importante estandarizar el proceso de recolección de información en campo como las fichas de levantamiento de cámaras de inspección y de los demás elementos, con el fin de no crear distorsión en el proceso de recolección de información.

## Conclusiones

Los resultados muestran que sí es posible estandarizar un proceso de catastro de alcantarillados aplicable a cualquier población de América Latina con el fin de crear un mismo lenguaje de convenciones y recolección de información que faciliten la actualización de los mismos.

También se puede concluir que las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado, no deben exigir metodologías para el levantamiento topográfico de las zonas de estudio de los catastros de redes, simplemente pueden requerir la precisión a la cual se desea llegar.

Además, la recolección de información existente para el análisis preliminar de la red de alcantarillado es mucho más rápido en las ciudades de menor población.

Para la implementación de drones en ciudades grandes es necesario tramitar con mucha anticipación los permisos requeridos por la aeronáutica civil, con el fin de no retrasar los cronogramas de ejecución de la toma de imágenes.

En cuanto a costos y duración del desarrollo de la metodología planteada, son bajos en comparación con los precios que cobran ciertas firmas para la actualización de catastro de redes de alcantarillado. Por tanto, es posible que las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado designen un departamento encargado de mantener actualizado dicho catastro, con la opción de invertir los demás recursos en otro tipo de proyectos que incrementen el beneficio de la sociedad.

## Referencias

- Csaba Ékes, B. (2011).** GPR GOES UNDERGROUND: PIPE PENETRATING RADAR. *NASTT*, 10.
- Day, D. (2017).** Drones for Transmission Infrastructure Inspection and Mapping Improve Efficiency. *Electric Transmission and Gas Pipelines*. 5.
- Pérez Carmona, R. (2013).** *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: ECOE ediciones.
- Ralph Bernstein, M. (2000).** Imaging radar maps underground objects in 3-D. *IEEE*, 5.
- SenseFly. (2014).** *Extended User Manual eBee and eBee Ag*. Geneva, Switzerland.
- UAEAC. (2011).** *REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA. Parte Tercera. Artículo 3.6.3.5.1.1.*