

Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Ing. Diego Fernando Acosta Martínez

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



**Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades
de catastro de sistemas de alcantarillado**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en ingeniería ambiental**

Ing. Héctor Matamoros Rodríguez M. Sc.

Director

Ing. Amalia Avendaño Sánchez

Jurado

María Paulina Villegas de Brigard

Jurado

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



El trabajo de grado de maestría titulada “Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado”, presentada por Diego Fernando Acosta Martínez, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en ingeniería ambiental.

Director del trabajo de grado

Ing. Héctor Matamoros Rodríguez

Jurado

Amalia Avendaño Sánchez

Jurado

María Paulina Villegas de Brigard

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a mi familia por el apoyo incondicional, a IEH GRUCON S.A., por promover y facilitar el desarrollo de este proyecto.

De manera especial a mi director de tesis por haberme orientado y brindado ayuda con su conocimiento y experiencia en el área de alcantarillado.

A mis profesores y compañeros con quienes compartí conocimientos y experiencias con lo cual aumenté mis habilidades y competencias de forma integral para el ejercicio de mi profesión.

Resumen

En Colombia, aun cuando existen manuales de buenas prácticas de ingeniería y normatividad técnico en el sector de agua potable y saneamiento básico, no existen documentos que proporcionen una metodología con lineamientos y recomendaciones técnicas para la realización de catastros de sistemas de alcantarillado, lo cual ha causado sobrecostos en el desarrollo de algunas consultorías referentes a obras de optimización y/o ampliación de la red existente. Dichos sobrecostos, se asocian a reprocesos que se deben ejecutar para complementar o solucionar errores en la información levantada en campo.

Al no contar con un catastro de alcantarillado actualizado y con información veraz, el municipio que quiera o tenga la necesidad de desarrollar obras de optimización y/o ampliación de la red existente, está obligada a destinar un recurso importante en la identificación de estructuras y en el levantamiento de la información física y funcional de cada componente de la red. En cambio, en los municipios donde se tenga un pleno control de la información de la red de alcantarillado, presenta ventajas en las etapas de diagnóstico y planeación de obras de optimización y expansión.

En este documento se presenta una recopilación de información tomando los resultados del análisis de parámetros y requerimientos de las principales empresas prestadoras de servicio de alcantarillado en Colombia y se recopilan algunas experiencias de algunos profesionales de ingeniería dedicados a realizar trabajos de consultoría. Dicha recopilación de información, se presenta como estado del arte y en un conjunto de requerimientos para adelantar los trabajos de catastro, con el objetivo de priorizar los esfuerzos en la ejecución de ciertas actividades claves para llegar a realizar un catastro de alcantarillado de una forma eficiente y eficaz con resultados veraces.

Luego de haber determinado las actividades clave y sus requerimientos para los catastros, se propone una metodología y considera el uso potencial de herramientas computacionales incluyendo el diseño de una aplicación, la cual apoyará el desarrollo de los trabajos de campo, en la captura y almacenamiento de información estructurada y que permite ser descargada para realizar el post proceso en oficina. Por último, se aplica la metodología propuesta y la herramienta concebida mediante dos pruebas, una prueba de

escritorio y otra prueba con trabajo de campo con el objetivo de establecer una comparación y determinar posibles ventajas en el desarrollo de los trabajos de catastro.

El presente documento se brinda algunas recomendaciones, acerca del levantamiento de catastro de alcantarillado, desde acciones procedimentales, del trabajo en campo como las del marcaje de los componentes del sistema, la forma adecuada de tomar el registro fotográfico. Además, se resaltan las ventajas de conformar un sistema de información geográfico del sistema objeto del estudio, desarrollado a partir de la base de datos relacionada que se obtiene de los reportes de la app desarrollada.

Palabras claves: Catastro de redes, sistemas de alcantarillado, inventario de estructuras, sistema de información geográfica.

Índice general

Introducción	13
Objetivos.....	15
1.1. Objetivo principal	15
1.2. Objetivos específicos.....	15
1.3. Descripción del problema	16
Capítulo 2 Recopilación y análisis de la información existente.....	17
2.1. Catastro de una red.....	17
2.2. Sistema de alcantarillado.....	17
2.3. Antecedentes.....	19
2.4. Marco técnico y normativo	21
2.4.1. Resolución 330 de 2017 - RAS.....	22
2.4.2. Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá	23
2.4.3. Empresas Municipales de Cali.....	24
2.4.4. Empresas Públicas de Medellín.....	26
2.4.5. Triple A S.A. E.S.P.	28
Capítulo 3 Metodología.....	30
3.1. Análisis de lecciones aprendidas	31
3.2. Análisis de los requerimientos técnicos y normativos	35
Capítulo 4 Resultados y contribución.....	38
4.1. Análisis y conclusiones de las lecciones aprendidas	38
4.2. Requerimientos técnicos y normativos.....	43
4.2.1. Pozos de inspección, cámaras de caída, estructuras de alivio	44
4.2.2. Sumideros	44
4.2.3. Tramos	45

4.2.4.	Descargas o entregas.....	46
4.3.	Identificación de actividades claves	47
4.3.1.	Consecución de información preliminar	47
4.3.2.	Visita a otras entidades referentes.....	48
4.3.3.	Planificación inicial de los trabajos.....	48
4.3.4.	Recorrido de reconocimiento y marcación	49
4.3.5.	Preparación de actividades de campo	49
4.3.6.	Inspección de componentes	49
4.3.7.	Organización y verificación de la información levantada en campo	50
4.3.8.	Procesamiento de la información levantada	50
4.3.9.	Presentación de la información levantada	51
4.4.	Metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado	51
4.4.1.	Recomendaciones sobre la consecución de información preliminar	52
4.4.2.	Recomendaciones sobre la visita a entidades referentes	53
4.4.3.	Recomendaciones sobre el recorrido de reconocimiento y marcación.....	53
4.4.4.	Recomendaciones sobre la preparación de actividades de campo.....	55
4.4.5.	Recomendaciones sobre la inspección de componentes del alcantarillado	59
4.4.6.	Recomendaciones sobre la organización de la información levantada	63
4.4.7.	Recomendaciones sobre el procesamiento de la información levantada	64
4.4.8.	Recomendaciones sobre la presentación de la información levantada	65
4.5.	Recomendaciones sobre la identificación y clasificación de actividades a optimizar	65
4.6.	Herramienta computacional diseñada.....	66
4.6.1.	Importar datos sector red.....	70
4.6.2.	Carga sector red y carga sector red actual	71
4.6.3.	Rangos para la numeración de elementos nodo.....	71

4.6.4.	Atribuir valores por defecto	73
4.6.5.	Comandos en ambiente Google Maps.....	74
4.6.6.	Manejo de la aplicación para el levantamiento del catastro	75
4.6.7.	Simbología y estructura de datos.....	81
4.6.8.	Ventajas y desventajas de la aplicación.....	82
4.7.	Formato de reporte de inspección del alcantarillado	83
Capítulo 5 Pruebas realizadas y Resultados obtenidos		86
5.1.	Prueba de escritorio.....	86
5.1.1.	Preparación de la prueba de escritorio	86
5.1.2.	Resultados de la prueba.....	89
5.2.	Prueba de campo	90
5.2.1.	Preparación de la prueba de campo	90
5.2.2.	Resultados de la prueba.....	91
5.3.	Análisis de los resultados	92
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones		94
Referencias Bibliográficas		96

Índice de tablas

Tabla 1 Normas técnicas, manuales y guías consultadas	21
Tabla 2 Atributos de los nodos	24
Tabla 3 Atributos de las líneas	24
Tabla 4 Atributos para la red de alcantarillado manejados por EPM	28
Tabla 5 Información básica de pozos de inspección, cámaras de caída o estructuras de alivio	44
Tabla 6 Información básica de sumideros	45
Tabla 7 Información básica de tramos o ductos	45
Tabla 8 Información básica de descargas o entregas	46
Tabla 9 Materiales y herramientas recomendados	57
Tabla 10 Red construida para la prueba de escritorio	87
Tabla 11 Resultados en la captura de la información	89
Tabla 12 Resultados en la captura de la información	89
Tabla 13 Red construida para la prueba de campo	91
Tabla 14 Resultados en la captura de la información en la prueba de campo	92

Índice de figuras

Figura 1. Fases de la optimización de un sistema de alcantarillado, Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 2. Fases de la metodología general del estudio, Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 3. Sección 1 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 4. Sección 2 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 5. Sección 3 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 6. Sección 4 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 7. Nivel actual dentro de la organización. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 8. Experiencia en alcantarillado. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 9. Actividades en que se presentan reprocesos. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 10. Tiempo gastado por actividad. Fuente: Elaboración Propia.	42
Figura 11. Metodología para el levantamiento de catastro. Fuente: Elaboración Propia.	52
Figura 12. Esquema localización estructuras principales. Fuente: Elaboración Propia.	55
Figura 13. Métodos para medir distancias en un pozo de inspección. Fuente: Elaboración Propia.	58
Figura 14. Aliviadero sencillo en cámara convencional. Fuente: EPM, 2019.	61
Figura 15. Cámara de caída en pozos de inspección. Fuente: ASCE, 2019.	61
Figura 16. Estructura escalonada de caída. Fuente: EPM, 2019.	62
Figura 17. Diferentes tipos de sumideros. Fuente: EPM, 2019.	63
Figura 18. Pantalla principal de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	68
Figura 19. Diagrama de flujo de la inspección con la aplicación. Fuente: Elaboración propia, 2021.	69
Figura 20. Cargar sectores en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	71
Figura 21. Asignar rango de valores en los identificadores en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	72
Figura 22. Asignar valores por defecto en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	73
Figura 23. Comandos básicos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	74
Figura 24. Interacción con pozos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	76
Figura 25. Interacción con pozos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	77
Figura 26. Características básicas en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	78
Figura 27. Datos adicionales del pozo en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	78

Figura 28. Datos adicionales del pozo en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	79
Figura 29. Ejemplo tramo disponible SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	80
Figura 30. Edición de los tramos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	81
Figura 31. Edición de los tramos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	82
Figura 32. Esquema del formato de inspección. Fuente: Elaboración propia, 2021.	84
Figura 33. Esquema para prueba de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	87
Figura 34. Estructuras configuradas para hacer la prueba de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	88
Figura 35. Esquema para prueba de campo de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.	90

Índice de anexos

Anexo 1 Definición de Atributos y dominios

Anexo 2 Formatos de Inspección

Anexo 3 Lecciones aprendidas

Anexo 4 Manual de la aplicación

Anexo 5 Prueba de escritorio

Anexo 6 Prueba de campo

Introducción

El catastro de alcantarillado es un sistema de captura, manejo, archivo y actualización de información acerca de los componentes de la red, el cual está compuesto por: una localización, una descripción física detallada y una evaluación funcional de cada estructura, que compone el sistema; con la función principal servir como herramienta de análisis, evaluación y planificación de intervenciones en la red.

El tener un catastro de alcantarillado actualizado, para un municipio representa una oportunidad para gestionar los recursos en otras actividades de la optimización del sistema de alcantarillado (Diagnóstico, análisis de alternativas y diseño de optimización) y no invertir en la investigación en campo de los componentes del sistema.

Un consultor o contratista que este encargado de una consultoría de diseño para la optimización y ampliación de un alcantarillado existente o deba desarrollar un plan maestro de alcantarillado, debe iniciar con la investigación del sistema existente, en tal caso, se puede dar, un primer escenario ideal, en donde el operador del sistema tenga un catastro actualizado, otro caso, en donde sobre la red a intervenir se tenga catastro actualizado parcialmente y otra, la más frecuente, en donde no se posee un conocimiento del sistema de alcantarillado existente.

El consultor o contratista en cualquiera de los casos, debe realizar un levantamiento de catastro, bien sea para validar la información del catastro suministrado o para conformar e ir construyendo un catastro de alcantarillado con un grado de detalle, sí es el caso, que permita construir modelos de evaluación. Para lo cual debe cumplir con ciertos parámetros en cuanto a calidad y cantidad de información.

En este documento se presenta el resultado de los trabajos realizados para identificar y recopilar parámetros y requerimientos de las principales empresas prestadoras de servicio de alcantarillado en Colombia y de algunos profesionales de ingeniería dedicados a realizar trabajos de consultoría, en los que es indispensable conocer las características físicas e hidráulicas de las diferentes estructuras que componen el sistema de alcantarillado estas experiencias se recopilaron a través de una encuesta diseñada para tal propósito. Dicha recopilación de información, se presenta como estado del arte y en un conjunto de requerimientos para adelantar los trabajos de catastro, con el objetivo de priorizar los

esfuerzos en la ejecución de ciertas actividades claves para llegar a realizar un catastro de alcantarillado de una forma eficiente y eficaz con resultados veraces.

Luego de haber determinado las actividades clave y sus requerimientos para los catastros, en el desarrollo de este trabajo y con base en lo establecido se estructura una metodología para la realización de los trabajos del catastro de alcantarillado, el cual se propone contemplando el uso potencial de herramientas computacionales que incluyen una aplicación para herramientas móviles, diseñada a partir de las actividades clave y los parámetros o requerimientos establecidos, desarrollada con el apoyo la empresa XX; la cual apoyará el desarrollo de los trabajos de campo, en la captura y almacenamiento de información estructurada y que permite ser descargada para realizar el post proceso en oficina. La metodología compila algunas recomendaciones técnicas para la ejecución ordenada y eficaz de cada actividad. Por último, se aplica la metodología propuesta y la herramienta concebida mediante una prueba de escritorio y una prueba de campo para lograr una comparación y determinar posibles ventajas en el desarrollo de los trabajos de catastro utilizando las herramientas que se diseñaron en este trabajo de grado.

Objetivos

1.1. Objetivo principal

Diseñar una metodología para realizar el catastro de sistemas de alcantarillado con el apoyo de herramientas computacionales desarrolladas para este propósito, que permita la optimización de los procesos y garanticen una buena calidad de los resultados y una optimización en los recursos utilizados.

1.2. Objetivos específicos

- Recopilar información existente sobre, estándares definidos por las normas de las empresas prestadoras de servicios públicos de alcantarillado y de experiencias de algunas empresas del sector, de la ingeniería de consulta, en el levantamiento del catastro de los sistemas de alcantarillado.
- Analizar la información recopilada acerca de levantamiento de catastro de alcantarillado para seleccionar las actividades más relevantes y desglosar aquellas para los cuales, en el análisis, se puede establecer sean las más adecuadas a incorporar a la metodología que se busca proponer.
- Definir las actividades que pueden ser susceptibles a optimizar o controlar por medio de un procedimiento o una herramienta computacional.
- Desarrollar algunas herramientas computacionales de apoyo y una metodología para facilitar la captura y el procesamiento de la información levantada en campo.

1.3. Descripción del problema

En Colombia, para un desarrollo de un plan maestro de alcantarillado o para el diseño de una optimización de un sistema de alcantarillado existente, el consultor en primer lugar debe realizar un levantamiento del catastro del sistema.

El tiempo y recursos destinados para la actividad de catastro, varía de acuerdo a la cantidad y calidad de información primaria o secundaria que se obtenga del operador del sistema. Las empresas prestadoras de servicios públicos consolidadas y de grandes ciudades tienen sus propias normas técnicas, manuales y otros estándares, en los cuales señalan los requerimientos de la información básica que el operador debe poseer del sistema de alcantarillado que opera y del mismo modo los requerimientos que el consultor debe conocer del sistema de alcantarillado.

Si bien, los operadores son entidades independientes y de carácter público con la autonomía de imponer normas, manuales o guías, a su gusto y conveniencia; es importante generalizar algunas buenas prácticas de ingeniería entorno a la consecución de la información del sistema de alcantarillado existente, esto debido a que algunos operadores fijan estándares en la calidad de la información, sin embargo, no recomiendan el método o la forma de capturar la información.

En Colombia, no existe una metodología ni herramientas divulgadas para el levantamiento del catastro de un sistema alcantarillado, la carencia de herramientas computacionales y la inexistencia de una guía metodológica hacen que esta labor se realice con métodos rudimentarios, implicando muchas horas de oficina para procesamiento, y en muchas ocasiones hace que la validez de la información obtenida sea posiblemente cuestionada.

Por lo anterior, se hace necesario realizar el diseño de una metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado apoyado en herramientas computacionales y una guía con directrices específicas para cada una de las actividades del levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado, con lo cual se evitarán tiempos muertos en actividades de campo, disminuirá el tiempo requerido para organizar y procesar la información. Como propósito, este documento será una guía para las firmas consultoras, y empresas prestadoras del servicio de alcantarillado en el momento de planificar y ejecutar el levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado.

Capítulo 2 Recopilación y análisis de la información existente

En este capítulo, se revisa la literatura disponible referente al levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado existente, que incluye: manuales, normas técnicas y demás documentos que sirvan como marco de referencia para describir los requerimientos técnicos para obtener un catastro veraz que sirva de insumo para los proyectos de plan maestro de alcantarillado, optimización o expansión del sistema.

2.1. Catastro de una red

Como punto de partida, es importante definir el concepto de catastro, el cual se define como un inventario de las tuberías existentes, su localización y el mayor número de anotaciones posible, incluyendo diámetros, materiales y año de instalación, según el Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico. Para Muñoz, C. L., Rueda, 2017, el catastro de una red es un registro y archivo que contiene información relacionada con todos los detalles de ubicación y especificaciones técnicas de los elementos de una red.

Para los autores, el catastro es un inventario de los componentes de un sistema de alcantarillado, tales como colectores, interceptores, emisarios, pozos o cámaras de inspección, cámaras de caída, aliviaderos, sumideros, y acometidas domiciliarias y demás estructuras especiales existentes, en donde se puntualiza sobre su localización con respecto a un sistema de referencia geográfico (coordenadas x,y,z) y el cual compendia el mayor número de anotaciones posible, incluyendo diámetros, materiales y año de instalación, estado y operatividad, con el cual se estructura una base de datos, preferiblemente geográfica, que contiene toda la información técnica necesaria que permita alimentar herramientas que faciliten realizar análisis sobre el sistema de alcantarillado, su estado, capacidad y operatividad.

2.2. Sistema de alcantarillado

En primer lugar, un sistema de alcantarillado se define como:

Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la recolección, conducción y evacuación hacia las plantas de tratamiento y/o cuerpos receptores de agua, de las aguas residuales y/o lluvias producidas en una ciudad o municipio. También se

incluyen las obras requeridas para el transporte, tratamiento y disposición final de estas aguas. (Reglamento Técnico Para El Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017).

Según López, 2003 clasifica los alcantarillados en dos tipos: alcantarillados convencionales o no convencionales, siendo los convencionales los más usados. Así mismo, los alcantarillados convencionales se clasifican en alcantarillado separado y combinado, los alcantarillados no convencionales se clasifican de acuerdo a la aplicación de tecnología en simplificados, condominiales y sin arrastre de sólidos.

El alcantarillado separado, es aquel que independiza las aguas residuales de las aguas lluvias, para lo cual desarrolla dos conceptos diferentes, el alcantarillado sanitario para recolectar las aguas residuales industriales y domésticas; el alcantarillado pluvial para recolectar las aguas procedentes de la escorrentía superficial. Al contrario del alcantarillado combinado, conduce simultáneamente las aguas residuales y aguas lluvias.

El alcantarillado simplificado es un sistema de alcantarillado pensado para reducir distancia entre pozos y la operación y mantenimiento con equipos. El alcantarillado condominial, recogen aguas residuales de un área pequeña, según el autor de menos de una hectárea. Por último, el alcantarillado sin arrastre de sólidos, se basa en la retención de sólidos en un tanque a la salida de las viviendas y solo se transporte la parte líquida del residuo, haciendo el diámetro de la tubería muy pequeña.

Los elementos constitutivos de un sistema de alcantarillado son: colectores, interceptores, emisarios, pozos o cámaras de inspección, cámaras de caída, aliviaderos, sumideros, y acometidas domiciliarias.

2.3. Antecedentes

En Colombia, por las necesidades de aumentar cobertura, optimizar los sistemas de alcantarillado actuales y sanear los cuerpos receptores de vertimientos, se han aumentado las inversiones en cuanto al alcantarillado, según datos del Gobierno Nacional (Urna de cristal, 2018), los proyectos de agua potable y saneamiento básico han duplicado su inversión. Entre 2002 y 2012 se invirtieron 248 mil millones en estos proyectos, pero entre 2011 y 2013 la inversión presupuestal ha sido de 552 mil millones.

En el 2018, los 4 billones que se invirtieron beneficiaron a 9 millones de colombianos, los cuales corresponden a 1,3 billones del programa Agua para la Prosperidad (antiguos Planes Departamentales de Agua); 723 mil millones de proyectos emblemáticos, 830 mil del Presupuesto General de la Nación, 822 mil de regalías y 508 mil de otras fuentes.

Actualmente, el presidente de la República Duque, 2020, en plan de reactivación económica “Compromiso por Colombia”, en el capítulo Agua, dice que a través de la inversión de 1.7 billones se harán 158 obras que generarán más de 11 mil empleos y mejorarán la prestación de acueducto y alcantarillado a cerca de 5 millones de colombianos en 132 municipios de 29 departamentos del país.

Por lo anterior, es importante que los actores que desarrollan proyectos de inversión de alcantarillado deben ser conscientes que la inversión para alcantarillado sanitario es menor a la inversión para acueductos, y es mucho menor la inversión para el alcantarillado pluvial. Esta situación, debe generar en los consultores de optimización de alcantarillados, una preocupación álgida para que sus actividades sean desarrolladas de una forma rápida y eficiente, evitando que los proyectos tengan reprocesos, retrasos o que el producto de los mismos sea deficiente.

Como se evidencia en la Figura 1, en Colombia los proyectos de optimización de un sistema de alcantarillado existente se dividen en 5 fases principales. Las cuales se describen a continuación.

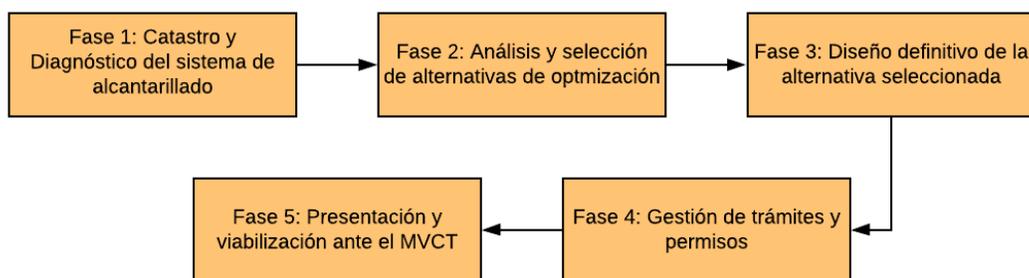


Figura 1. Fases de la optimización de un sistema de alcantarillado, Fuente: Elaboración propia.

- **Fase 1: Catastro y diagnóstico del sistema de alcantarillado existente.**

En esta fase el consultor realiza el inventario del sistema existente, el catastro debe identificar las características principales de los colectores, interceptores, emisarios finales, pozos o cámaras de inspección, sumideros y demás estructuras que lo componen. El objetivo del catastro, es conocer la ubicación, longitudes, diámetros, cotas de inicio y fin de colectores, interceptores y emisarios. Contemplando para esto, el inventario de pozos o cámaras de inspección y sumideros. Siendo este inventario como el insumo principal para la segunda parte de esta fase, el diagnóstico del sistema existente, en el cual se desarrollan actividades para determinar el caudal de agua sanitaria, pluvial o combinada que transporta el sistema. Con lo cual, se realiza una evaluación hidráulica de la capacidad del sistema, en cuanto a parámetros de diseño tales como, capacidad hidráulica (Y/D), velocidad máxima, arrastre y empuje por línea de energía entre otros, concluyendo de esta forma en la clasificación de colectores, interceptores y emisarios que no cumplen con los parámetros y estos se deben optimizar.

- **Fase 2: Análisis, y selección de alternativas.** Tras el planteamiento de varias alternativas en búsqueda de mejorar la capacidad de transporte del sistema existente, se realiza un estudio comparativo de carácter técnico, económico, ambiental y social de las alternativas, con el objetivo de encontrar la mejor alternativa para la solución de la mayoría de los problemas del sistema de alcantarillado existente.

- **Fase 3: Diseño definitivo de la alternativa seleccionada.** En esta fase se desarrollan actividades tales como: Estudios geotécnicos, dimensionamiento hidráulico definitivo, elaboración de planos, determinar cantidades de obra, presupuesto, cronograma de obra, plan de manejo de tráfico y plan de manejo ambiental.

- **Fase 4: Gestión de trámites y permisos.** En esta fase se organiza y se entrega la documentación requerida a la autoridad correspondiente para solicitar trámites y

permisos, tales como, permiso de vertimientos, permisos de ocupación de cauces, documentación para legalizar y solicitar servidumbres.

- **Fase 5: Presentación y viabilización ante el MVCT.** Esta fase se realiza según sea la fuente de los recursos de la inversión, en la mayoría de los proyectos de este tipo, se hacen con recursos públicos y requieren la aprobación del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT. Con esta etapa culminada, se podrá realizar el proceso licitatorio del proyecto para su construcción y puesta en marcha.

En este punto, se puede evidenciar que tener un inventario de los elementos constitutivos del sistema de alcantarillado que será objeto de evaluación hidráulica, es una actividad crucial en el desarrollo de una optimización.

Es por esto, que a continuación se presentará un resumen de los requerimientos técnicos y normativos que las principales empresas prestadoras del servicio de alcantarillado tienen en referencia al levantamiento del catastro de una red de alcantarillado.

2.4. Marco técnico y normativo

En la Tabla 1 se presentan las principales normas, manuales y guías consultadas y consideradas en referencia al levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado existente.

Tabla 1 Normas técnicas, manuales y guías consultadas

Nombre	Entidad	Año	Descripción
Resolución 330 - Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio	2017	Norma de requerimientos técnicos exigidos en todo el territorio nacional
NS-030 v5.4	EAAB ESP	2020	Establece los requerimientos técnicos básicos y las obligaciones para la ejecución de los trabajos de topografía
NS-054 v2.1	EAAB ESP	2020	Establece los criterios y condiciones básicas que deben considerarse para la elaboración, presentación y aprobación de estudios de prefactibilidad, factibilidad, diseños básicos y de detallados de sistemas de alcantarillado
NS-058 v4.1	EAAB ESP	2020	Aspectos técnicos para investigación y calificación de redes de alcantarillado con equipos CCTV

Nombre	Entidad	Año	Descripción
NS-085 V4.1	EAAB ESP	2020	Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado
NMA-SE-RA-010 v1	EMCALI EICE ESP	2012	Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras del sistema de alcantarillado
EMA-SE-RA-004 v1	EMCALI EICE ESP	2012	Inspección e redes de alcantarillado
NDI-SE-RA-007 v1	EMCALI EICE ESP	2017	Criterios de diseño en sistemas de alcantarillado
Normas de diseño de sistemas de alcantarillado	EPM ESP	2013	Donde señala un procedimiento general para el diseño de los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias
AGU-TRS-TRP-016-00-00	EPM ESP	2014	Alcances del trabajo y especificaciones para los levantamientos o localizaciones de trabajo de topografía en la investigación para diseños de redes de acueducto y/o alcantarillado, conducciones, impulsiones y obras civiles
AGU-TRS-TRP-030-00-00 v07	EPM ESP	2014	Manual para la Referenciación de Redes de Acueducto y Alcantarillado
PI-IN-DC-2 v09	AAA SA ESP	2009	Normas y especificaciones técnicas para la construcción de obras de acueducto y alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los elementos más relevantes de cada uno de las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado, en referencia a requerimientos, formatos y documentos a entregar en un catastro de alcantarillado, iniciando con el resumen de los requerimientos expuestos en la Resolución 330 de 2017 del MVCT.

2.4.1. Resolución 330 de 2017 - RAS

En el capítulo denominado “Planeación de proyectos de infraestructura”, en el artículo 8, menciona que una de las actividades preliminares para emprender un proyecto deberá ser un diagnóstico y evaluación del sistema existente, el cual, como primer paso, tendrá como objetivo la recolección y análisis de información. Documentando en un sistema de información geográfico, el estado de las redes construidas, técnicamente denominado catastro de redes.

En el artículo 240, menciona que el catastro de redes debe incluir como mínimo información de localización de tuberías, accesorios, diámetros, materiales y año de instalación.

2.4.2. Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá

En primer lugar, La EAAB, en su norma NS-054 v2.1, en el numeral 4.3 menciona que:

El consultor junto con el interventor se compromete a entregar los productos en formatos SIG y CAD, donde se indique el estado actual y real de las redes existentes en terreno, con toda la información inherente a la inspección y levantamiento realizado en campo (cotas, diámetros, longitudes, materiales y estado de red). Se aclara que la no integridad, consistencia, validez, exactitud temática, completitud de los datos, implica la no aprobación del proyecto (Norma Técnica de Servicio NS-054 v2.1, 2020).

En la misma norma técnica el numeral 4.3.3. literal p menciona que el plano de elementos típicos debe contener la siguiente información:

Colectores, líneas de gravedad, túneles, sifón invertido, tubo o sumidero, estructuras de conexión, tramos, sumideros, cámaras de caída, cámaras de inspección, cámaras de inspección, cámaras de sifón, cámara túnel, conexiones domiciliarias (longitud, diámetro, pendiente en porcentaje, material y ubicación), aliviaderos, transiciones, puntos de entrega, planta de tratamiento, estación elevadora, vertedero, pozo inicial.

Por último, en esta norma técnica, en el anexo L, se presenta la estructura de entrega de formatos CAD y SIG, en donde se pueden visualizar todos los campos que solicita la EAAB en cuanto a catastro del sistema existente. En la Tabla 2, se presenta un resumen de los atributos de los nodos, que pueden representar una cámara o pozo de inspección, una estructura especial, un sumidero o una caja domiciliaria.

Tabla 2 Atributos de los nodos

Identificador	Material	Tiene cabezal
Norte	Cota rasante	Tipo almacenamiento
Este	Cota terreno	Longitud vertedero
Clase	Cota fondo	Dirección
Subtipo	Nombre	Abscisa
Tipo sistema	Inicial varias cuencas	Número de contrato
Fecha de diseño	Cono reducción	Número de diseño
Cámara sifón	Observaciones	

Fuente: NS-054, Anexo J. EAAB, 2020.

En la Tabla 3, se presenta un resumen de los atributos de las líneas, que pueden representar un Interceptor, Colector, Emisario Final, entre otros.

Tabla 3 Atributos de las líneas

Nodo inicial	Diámetro nominal	Tipo de sección
Nodo final	Material	Cámara de caída
Clase	Número de conductos	Método de instalación
Subtipo	Cota rasante inicial	Nombre de tramo
Tipo sistema	Cota rasante final	Base
Fecha de diseño	Cota clave inicial	Altura
Número de contrato	Cota clave final	Ancho de berma
Número de diseño	Longitud	Observaciones

Fuente: NS-054, Anexo J. EAAB, 2020.

La EAAB, en su norma NS-085 v4.1, en el numeral 4.2.1 “recopilación de información a nivel de factibilidad y de diseño” menciona que el diseñador debe recopilar los planos de catastro de instalaciones de sistemas de infraestructura, como aguas lluvias y aguas residuales. Dentro de las actividades a realizar esta la determinación de tipo de tubería, pendiente promedio, punto final de drenaje, haciendo inspecciones de CCTV de acuerdo con la NS-058.

En la norma NS-058 v4.1, se definen los requisitos mínimos exigidos en la investigación y calificación de tuberías y conductos de alcantarillado de aguas residuales, pluviales o combinados que funcionan principalmente a gravedad.

2.4.3. Empresas Municipales de Cali

En referencia a las normas técnicas relacionadas directamente con el levantamiento del catastro de alcantarillado, el operador EMCALI EICE ESP, presenta la NMA-SE-RA-010, denominada “Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras del sistema de

alcantarillado” en donde define la metodología de las labores de inspección a ejecutarse para establecer acciones preventivas y correctivas en las redes del sistema de alcantarillado.

En el numeral 6.2.2.1, de la NMA-SE-RA-010, menciona que antes de iniciar las labores de inspección interna de redes y estructuras del sistema de alcantarillado se deben realizar como mínimo las siguientes actividades:

- Visita preliminar para revisar niveles de agua, sedimentos, diámetro de la tubería, peligro de caída, presencia de piedras y de gases tóxicos.
- Limpieza en menos de 24 horas antes de la inspección, de tal modo que estado real se pueda determinar y evaluar adecuadamente.
- Ubicar en los planos donde se va a trabajar, tipo, extensión y características de ordenamiento de la red a inspeccionar.
- Destapar cámaras aguas arriba y aguas abajo del lugar, para su ventilación, luego de 5 minutos proceder a la verificación de ausencia gases tóxicos.

En el numeral 6.2.2.2 se define la inspección directa como la que se efectúa en tuberías de diámetro mayor a 36 pulgadas, en la cual se debe obtener información de las deficiencias y evidenciar todo con fotografías o filmaciones.

En el numeral 6.2.2.3 se define la inspección externa como la que consiste en el reconocimiento superficial y la inspección visual de las redes y estructuras del sistema de alcantarillado, con el fin de detectar fallas en las redes y estructuras de alcantarillado, en la cual como mínimo debe evaluarse los siguientes aspectos:

- Nivel y estado de las tapas de las cámaras de alcantarillado.
- Nivel y estado de los sumideros.
- Formación de fisuras en el pavimento de las vías.
- Afectaciones en el pavimento de las vías por terceros.
- Hundimientos en el eje de las tuberías y en el entorno de las cámaras de inspección.
- Lugares de agua estancada.
- Consultar a la comunidad sobre la intervención del sistema.
- Detectar conexiones erradas.

En el numeral 6.4, denominado “inspecciones de cámaras y sumideros”, menciona que para verificar el estado de las cámaras y sumideros se deben utilizar los parámetros empleados para la inspección de redes de alcantarillado y la información debe ser registrada en los formatos Anexo 5 y Anexo 6 de la norma técnica, los cuales se entregan en medio magnético y en medio físico

En el anexo 2 del presente documento se encuentran los formatos de inspección con la presentación de la información requerida por EMCALI EICE ESP.

En los anexos de la norma técnica NCO-SE-AA-003, denominada “Requisitos para la elaboración y entrega de planos e información técnica de obra construida en los sistemas de acueducto y alcantarillado”, se definen los atributos requeridos para las tuberías de alcantarillado (Anexo 13.2) y se encuentran los atributos requeridos para nodos de alcantarillado (Anexo 14.4).

Y, por último, la EMA-SE-RA-004, denominada “Inspección e redes de alcantarillado”, define las condiciones para el pago de las actividades que se requieren para la inspección de redes y estructuras del sistema de alcantarillado.

2.4.4. Empresas Públicas de Medellín

Con respecto a las normas técnicas del operador Empresas Públicas de Medellín E.S.P., en primer lugar, se encuentran las normas de diseño de sistemas de alcantarillado, cuyo objetivo es fijar los criterios básicos, los requisitos mínimos que deben tenerse en cuenta en los diferentes procesos involucrados en la conceptualización y el diseño de sistemas de alcantarillado.

En el numeral 3.2.3 de las normas, denominado “descripción de los sistemas e infraestructura existentes”, en referencia al levantamiento del catastro del sistema de alcantarillado menciona que se debe conocer y dejar registros de los siguientes aspectos:

- Características de componentes incluyendo el tipo de sistema de alcantarillado, la disposición de elementos, edad de las tuberías, materiales de las tuberías, redes de tuberías, cámaras de conexión y/o inspección, interceptores, canales,

estaciones elevadoras y cualquier otro tipo de estructura especial que forme parte del sistema de alcantarillado.

- Toda la información cartográfica existente en el Sistema de Información Geográfica de EPM, sobre el sistema de alcantarillado y el sistema de abastecimiento de agua potable.
- Las contribuciones especiales de aguas residuales o de aguas lluvias en caso de que éstas existan.
- Tipo de descargas a las quebradas y cuerpos receptores.
- Identificar infraestructuras construidas y proyectadas en el corto y mediano plazo dentro de la zona de influencia del sistema de alcantarillado que se va a desarrollar, tales como calles, avenidas, puentes, líneas de transmisión de energía eléctrica, redes de gas, redes de telecomunicaciones, circuitos del sistema de distribución de agua potable, urbanizaciones y cualquier otra obra de importancia.
- Se deben identificar cruces de tuberías, alcantarillas (box culvert), las estructuras de entrega de aguas de lavado del sistema de conducciones de EPM o cualquier otro tipo de infraestructura localizada dentro de los cuerpos de agua.

En el numeral 4.3.1 de las normas de diseño de EPM, menciona que, con el fin de llevar a cabo la verificación del funcionamiento hidráulico de una red de alcantarillado, se debe tener un modelo completo con toda la información topológica de la red. Esta información debe incluir los diámetros internos reales, dimensiones internas de ductos con secciones no circulares, pendientes y longitudes de cada ducto, los materiales, las cámaras de inspección, las cámaras de caída, los alivios en alcantarillados combinados, los puntos de descarga y particularmente las cotas de cada uno de los elementos de la red.

Otro documento generado por este operador, es el Manual para la referenciación de redes de acueducto y alcantarillado, que en el numeral 4.3.2 denominado “definición de los atributos”, presenta una explicación detallada de los elementos y atributos con los cuales se debe conformar el modelo digital, en la Tabla 4 se presentan los atributos que se relacionan con un sistema de alcantarillado.

Tabla 4 Atributos para la red de alcantarillado manejados por EPM

Ancho de la caja – Longitud de la caja	Cuenca	Pendiente
Arranque	Diámetro de la cámara	Profundidad batea de entrada
Cámara de caída	Diámetro de la tubería	Profundidad batea de salida
Clase de aliviadero	Elemento especial de alcantarillado	Profundidad cámara de caída
Clase de sumidero	Forma	Tipo de agua
Colocación	Identificación del elemento	Tipo de cámara
Coordenadas	Longitud de alcantarillado	Tipo de canal
Cota terreno	Material	Tipo de estación
Cota de fondo	Nombre del colector o interceptor	Tipo de estructura de descarga
Cota batea nodo inicial	Nombre de la descarga	Tipo de red
Cota batea nodo final	Nombre de la estación	Tipo de rejilla
Condición de mantenimiento	Observaciones	Tipo de sección
		Ubicación

Fuente: AGU-TRS-TRP-030-00-00, V.7. EPM, 2014.

En el anexo 2 del presente documento se encuentran los formatos de inspección con la presentación de la información requerida por EPM.

2.4.5. Triple A S.A. E.S.P.

Con respecto a las normas técnicas del operador Triple A S.A. E.S.P., en el documento PI-IN-DC-2 versión 9 se establecen las normas y especificaciones técnicas para la construcción de obras de acueducto y alcantarillado. Referente al catastro de alcantarillado, en el numeral 3.11.2 Levantamiento topográfico, el operador brinda una serie de actividades específicas para el catastro de redes.

Este operador sugiere que el trabajo de inspeccionar las redes de alcantarillado en los sectores designados consiste en una serie de actividades, las cuales serán descritas a continuación:

- Determinar la ubicación en coordenadas de los pozos de inspección.
- Tomar cota de la tapa del pozo de inspección.
- Tomar la cota batea y diámetro del tramo de salida del pozo de inspección.
- Tomar cotas bateas y diámetros de las tuberías de entradas al pozo de inspección.

- Los niveles topográficos de las cotas y las coordenadas deben estar amarrados a BM Triple A.
- Determinar la longitud entre pozos a partir del centro de cada pozo de inspección.
- La información recopilada debe ser entregada en formato digital compatible DWG de acuerdo a requerimiento, el cual debe estar consignada la información recopilada en terreno (Ubicación del pozo, Cota tapa, Cotas bateas de la o la tubería de llegada, cota de la tubería de salida, diámetro y material de la red levantada, longitudes de las redes de alcantarillado).
- Se deben suministrar las carteras topográficas.
- Se deben diligenciar formato de pozos y tarjeta de esquina por cada pozo de inspección levantado.

En el mismo documento, este operador indica algunas recomendaciones en cuanto al manejo del tráfico y señalización vial.

En el Anexo 2 del presente documento se encuentran los formatos de inspección con la presentación de la información requerida por el operador Triple A S.A. E.S.P.

Capítulo 3 Metodología

El proceso metodológico que se estableció para desarrollar el producto principal del presente documento, tal como se definió en el numeral 1.1 se presenta en la figura 2. Esta metodología se divide en seis actividades principales, a saber:

- Realizar una encuesta para analizar las lecciones aprendidas de contratistas o firmas consultoras del sector en cuanto a catastro de alcantarillado.
- Analizar los requerimientos técnicos y normativos referentes a la cantidad y calidad de la información que se requiere obtener en un catastro de redes de alcantarillado.
- Identificar las actividades claves en el levantamiento de un catastro de alcantarillado.
- Identificar las actividades claves que son susceptibles a optimizar realizando un cambio en el procedimiento o en la aplicación de alguna herramienta computacional para que las actividades requieran menos dedicación de tiempo y recursos.
- Identificar las posibles herramientas computacionales que se puedan desarrollar teniendo en cuenta el tiempo y los recursos del presente estudio.
- Finalmente, como última actividad se define la metodología para realizar el levantamiento de catastro de una red de alcantarillado, dirigiendo al lector con una serie de recomendaciones y a pasos a ejecutar, de forma sistemática y estructurada que conduzcan, a realizar un catastro de redes de alcantarillado, basado en la planificación y ejecutando las actividades de una forma lógica que redunde en un uso más eficiente de los recursos necesarios para ejecutar el trabajo.

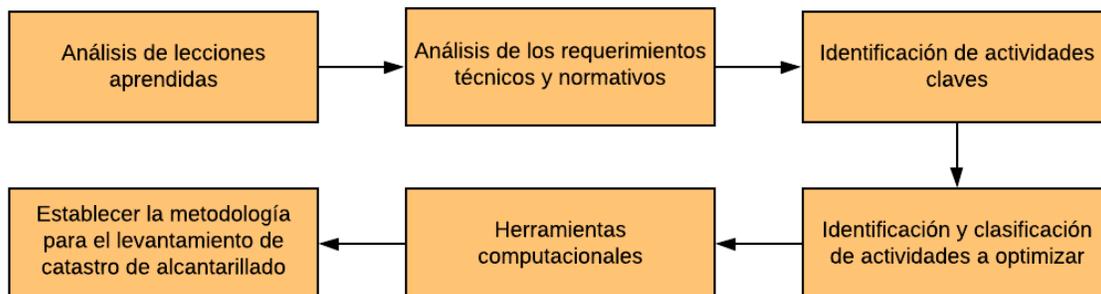


Figura 2. Fases de la metodología general del estudio, Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las seis actividades realizadas en el estudio y se relacionan las herramientas y la manera de la cual se llevaron a cabo.

3.1. Análisis de lecciones aprendidas

En este numeral se presentan las preguntas que conforman el formulario que fue construido mediante un formulario construido en la plataforma FORMS de Outlook. Para la encuesta se estructuró un cuestionario conformado por cuatro secciones, la primera identifica al profesional que contestó la encuesta, identificando el nivel de estudios y la experiencia que tiene en referencia a sistemas de alcantarillado.

La segunda sección quiere conocer sí las experiencias que ha tenido la persona que contesta la encuesta ha tenido experiencias exitosas o no exitosas en la elaboración de catastro de un sistema de alcantarillado con el objetivo de identificar que actividades tienen una tendencia a generar reprocesos.

La tercera sección quiere conocer sí la persona que contesta la encuesta ha generado o trabajo con alguna herramienta computacional con la finalidad de disminuir tiempo en procesar la información levantada en campo. Y la última sección, se direcciona para conocer la importancia que otorga el profesional al proceso de captura de la información de campo y a la forma ordenada de la captura para facilitar la presentación de la información del catastro.

A continuación, se presenta el cuestionario estructurado para realizar la encuesta, tal como el encuestado lo visualiza.

← Atrás PC Móvil

Alcantarillado

Encuesta para conocer lecciones aprendidas en labores desarrolladas exitosas y no exitosas

* Obligatorio

Presentación

Datos personales básicos

1. Nombres y Apellidos *

2. Nombre de la Entidad donde labora *

3. Nivel del cargo que ocupa en la Entidad *

- Nivel Directivo
- Nivel Asesor
- Nivel Profesional
- Nivel Técnico
- Nivel Asistencial

4. Ha participado en proyectos de diseño de la optimización de un alcantarillado existente *

- de 1 a 3 proyectos
- de 3 a 5 proyectos
- de 5 a 10 proyectos

Figura 3. Sección 1 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.

← Atrás PC Móvil

Lecciones aprendidas en el catastro de Alcantarillado ...

* Obligatorio

Experiencias en el levantamiento de catastro de alcantarillado

¿En referencia al catastro de alcantarillado ha tenido experiencias exitosas o no exitosas?

5. Con base en su experiencia, cuál considera que es el nivel de importancia del levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado en un proyecto optimización *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

No es importante Muy importante

6. Ha tenido que realizar actividades de catastro cuando en su contrato no estaba incluida esa actividad en el alcance *

Sí

No

7. En algún proyecto en los que ha participado, se han presentado resultados inesperados o información deficiente relacionados con el catastro que han generado reprocesos en tiempo o recursos *

Sí

No

Atrás
Siguiente

Figura 4. Sección 2 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.

← Atrás PC Móvil

Lecciones aprendidas en el catastro de Alcantarillado ...

* Obligatorio

Herramientas Computacionales

¿Es importante generar herramientas computacionales que disminuyan el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea?

10. Tras ocurrir los reprocesos, usted invertiría recursos en el desarrollo de herramientas computacionales para evitar estas situaciones en un futuros proyectos. *

Sí

No

11. Ha tenido la oportunidad de generar o utilizar herramientas computacionales para ejecutar alguna actividad en el levantamiento del catastro de un alcantarillado. *

Sí

No

Atrás Siguiete

Figura 5. Sección 3 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.

← Atrás PC Móvil

Lecciones aprendidas en el catastro de Alcantarillado ...

* Obligatorio

Presentación de la información del levantamiento de catastro de alcantarillado

¿Tener una información ordenada y estructurada facilita la presentación de la información?

14. Con base en su experiencia, cuál considera que es el nivel de importancia de tener los registros levantados en campo en orden para facilitar el procesamiento y presentación de la información al cliente *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

No es importante Muy importante

15. Con base en su experiencia como han sido los tiempos para las siguientes actividades *

	Menos del tiempo estimado	Igual al tiempo estimado	Más del tiempo estimado
Transcripción de la información en formatos del cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organizar el registro fotográfico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organizar la información para el alistamiento del modelo de diagnóstico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Atrás
Enviar

Figura 6. Sección 4 - Encuesta. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis de los requerimientos técnicos y normativos

Con base en los requerimientos de la Resolución 330 de 2017 y en los requerimientos de los principales operadores de servicio de alcantarillado en Colombia, mencionados en el numeral 2.4 “Marco técnico y normativo”, se procede a enlistar la información que solicitan levantar de los componentes del sistema de alcantarillado. Esto con el fin de realizar una compilación por componentes o elementos constitutivos de un sistema de alcantarillado, de

los requerimientos de la información que se debe capturar en campo, con el objetivo de establecer un formato único que responda a toda la información requerida a nivel nacional en lo que hace referencia al catastro de una red de alcantarillado.

3.3. Identificación de las actividades claves

Con base en el análisis de los resultados obtenidos en las dos actividades previas, se procede a establecer cuáles de las actividades de un levantamiento de catastro de redes son claves en el desarrollo de estos trabajos, de forma tal que se alcance el éxito, dando como resultado un producto de alta calidad que pueda ser utilizado por los ingenieros consultores como insumo fundamental del Plan Maestro de Alcantarillado o para consultorías de modelación y optimización de los sistemas de alcantarillado. Estas actividades clave pueden ser las que más generan reprocesos o que requieren la mayor cantidad de recursos, o simplemente que son indispensables para incluirlas en la guía metodológica.

3.4. Identificación y clasificación de actividades a optimizar

La metodología para la construcción del trabajo de grado continúa con la determinación de cuáles de las actividades que en el paso anterior se determinaron como claves para el desarrollo de los catastros de redes de alcantarillado sean susceptibles de optimizar mediante un cambio en el procedimiento o porque con implementación de una de alguna herramienta computacional se puedan optimizar los recursos requeridos para su desarrollo, como por ejemplo: número de personas dedicadas al trabajo, tiempos necesarios para ejecutar la actividad, o disminución de la probabilidad de errores humanos en la ejecución de las actividades.

3.5. Herramientas computacionales

Como consecuencia lógica de la anterior actividad de la metodología definida para lograr los objetivos planteados en el trabajo de grado, se plantea a la identificación de las herramientas computacionales que se pueden diseñar y desarrollar, teniendo en cuenta los

recursos disponibles en el presente estudio. Para esto se busca que la relación de impacto positivo alcanzado sobre recursos necesarios, sea el mayor posible.

A las actividades que se seleccionaron que se deben optimizar con una herramienta computacional, se procedió a desarrollar dos herramientas computacionales, una aplicación para un dispositivo móvil que facilita el levantamiento del catastro y una aplicativo con base en Excel para facilitar la organización de la información para la presentación de la misma al cliente.

3.6. Establecer la metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado

Finalmente, con base en el trabajo previo se definió un procedimiento general que se debe adelantar para lograr un trabajo integral, efectivo y eficiente para obtener el catastro de redes de alcantarillado. Este procedimiento se resumió como guía Metodológica presentándolo como diagrama de flujo de actividades. Además y como complemento se realizó el compendio de recomendaciones técnicas y procedimentales conformando una metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado, contemplando como un paso a paso, acompañado de una serie de consejos y recomendaciones en cada una de las actividades.

Capítulo 4 Resultados y contribución

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del presente trabajo de grado, los cuales son: Las lecciones aprendidas obtenidas de las encuestas realizadas a profesionales y consultorías del sector de la ingeniería de consulta. La compilación de requerimientos técnicos y normativos. La metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado, una aplicación desarrollada para facilitar la captura, respaldo y procesamiento de la información. Por último, un aplicativo con base en código VB en Excel para la organización y presentación de la información levantada en campo con la aplicación, obteniendo un formato con su respectivo registro fotográfico.

4.1. Análisis y conclusiones de las lecciones aprendidas

En este numeral se presentan los resultados de la encuesta que se diseñó y realizó a diferentes profesionales y firmas consultoras con experiencia en proyectos de alcantarillado, con el fin de establecer la importancia y el papel que juega el levantamiento del catastro en las consultorías de diseño o actualización de planes maestros de alcantarillados y de la misma manera, conocer la importancia en las consultorías de diseño de optimización de un sistema de alcantarillado existente. En el Anexo 3 denominado “Lecciones aprendidas en el catastro de Alcantarillado” se puede encontrar el reporte que se generó con las respuestas obtenidas de la encuesta.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de la aplicación de la encuesta a 49 profesionales del sector de las consultorías de diseño de sistemas de alcantarillado.

La primera pregunta se solicita la identificación mediante los nombres y apellidos, la segunda pregunta indaga el nombre de la entidad en donde labora actualmente el consultado. Se destaca que la encuesta cubre a algunas entidades muy reconocidas en el medio de la ingeniería de consulta tales como Ingetec SAS, H2O Consulting SAS, Contelac SAS, Estudios Técnicos y Construcciones SAS, IAN Consultores SAS, IEH Grucon SA; también se incluyen profesionales independientes y otras firmas. Se destaca, además, la presencia de profesionales que se desempeñan en entidades como la EAAB, CAR, alcaldías y gobernaciones.

En la tercera pregunta, se realiza la consulta sobre el nivel jerárquico que ocupa el encuestado en la organización en el cual labora. Obteniéndose respuestas que nos indican que el 53% de los encuestados tienen un nivel profesional, el 31% están en un nivel directivo, 12% están en un nivel de asesor y 4% están en un nivel técnico, tal como se ilustra en la Figura 7.

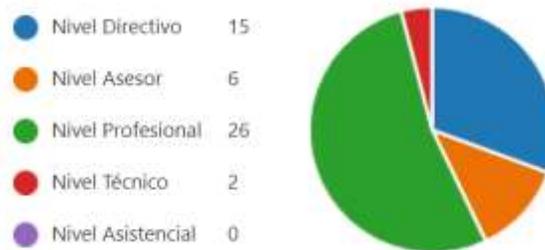


Figura 7. Nivel actual dentro de la organización. Fuente: Elaboración propia.

A la cuarta pregunta: ¿Ha participado en proyectos de diseño de la optimización de un alcantarillado existente?, un 45% de encuestados tienen experiencia en 5 a 10 proyectos, un 37% con una experiencia de 1 a 3 proyectos y el 18% restante tienen una experiencia media de 3 a 5 proyectos en el diseño de planes maestros de alcantarillado o de diseños de optimizaciones de sistemas de alcantarillados. Respuestas indican que la encuesta fue contestada con profesionales con experiencia, tal como se evidencia en la Figura 8.

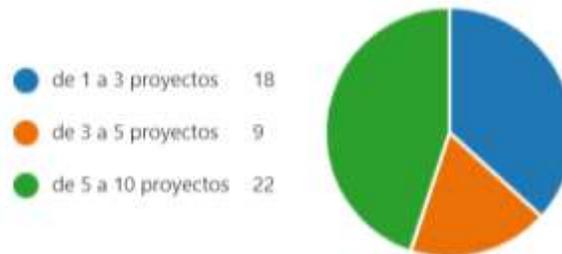


Figura 8. Experiencia en alcantarillado. Fuente: Elaboración propia.

A la quinta pregunta: Con base en su experiencia, ¿cuál considera que es el nivel de importancia del levantamiento del catastro de un sistema de alcantarillado en un proyecto optimización? 45 encuestados respondieron que el levantamiento de catastro es importante en el desarrollo de un proyecto de optimización de un sistema de alcantarillado, en cambio 4 encuestados respondieron que no era importante.

A la sexta pregunta: ¿Ha tenido que realizar actividades de catastro cuando en su contrato no estaba incluida esa actividad en el alcance? 34 encuestados respondieron que, si han

tenido que hacer labores de catastro, aun cuando en el contrato no haya estado implícito hacer catastro. En cambio 15 encuestados respondieron que no han tenido que hacer labores de catastro cuando esto no está dentro del alcance del contrato. Estas últimas preguntas, confirman la importancia de la actividad de obtención del catastro del sistema de alcantarillado.

A la séptima pregunta: En algún proyecto en los que ha participado, ¿se han presentado resultados inesperados o información deficiente relacionados con el catastro que han generado reprocesos en tiempo o recursos? El 92% encuestados (45 personas) respondieron que si y el 8% (4 personas) respondieron que no.

En la octava pregunta: ¿En qué actividades se han desarrollado los reprocesos? Se busca definir en que actividades se dan más frecuentemente reprocesos. En la Figura 9 se evidencia que hay reprocesos en el levantamiento de la información en campo, en la organización y transcripción de la información levantada, y finalmente en el alistamiento de la información para alimentar el modelo de simulación hidráulica para el diagnóstico del sistema de alcantarillado. Siendo la etapa de alistamiento para las actividades de trabajo en campo en donde se reportó una menor frecuencia de reprocesos.



Figura 9. Actividades en que se presentan reprocesos. Fuente: Elaboración propia.

En la novena pregunta, la cual es una pregunta abierta, planteada para conocer cuáles han sido los reprocesos que han tenido que realizar, las personas encuestadas respondieron que se basan en mediciones tomadas en campo imprecisas, registro fotográfico mal organizado, transcripción errónea de la información, presencia de pozos no inspeccionados por permisos de acceso a predios o por tapas cubiertas por los pavimentos de la vía o tapas selladas. Repetición de visitas por falta de alguna información por levantar, datos mal

tomados en campo y el marcado erróneo de los pozos produce errores de conectividad, entre otras actividades.

A la undécima pregunta: Tras ocurrir los reprocesos, ¿usted invertiría recursos en el desarrollo de herramientas computacionales para evitar estas situaciones en futuros proyectos? El 94% (46 personas) de los encuestados, respondieron que si invertirían y tan solo el 6% (3 personas) respondieron que no.

A la duodécima pregunta: ¿Ha tenido la oportunidad de generar o utilizar herramientas computacionales para ejecutar alguna actividad en el levantamiento del catastro de un alcantarillado? El 63% (31 personas) de los encuestados respondieron que no han tenido la oportunidad de generar o utilizar una herramienta computacional para tal fin, en cambio, el 37% restante (18 personas) si lo han logrado.

De los encuestados que respondieron que han utilizado herramientas computacionales, en la decimotercera pregunta se establece que las actividades donde se utilizaron las herramientas computacionales fueron en la organización y transcripción de la información, y en el levantamiento de la información en campo con una representación del 67% (12 personas) de los 18 encuestados que si han usado herramientas computacionales. Un porcentaje menor ha utilizado herramientas computacionales para el alistamiento de la información para el modelo de diagnóstico.

A la decimocuarta pregunta: ¿En qué actividades considera que el levantamiento de catastro de alcantarillado consume más tiempo y recursos? El 55% de los encuestados (27 personas) respondieron que las actividades que consumen más tiempo en un catastro de alcantarillado son el levantamiento de la información en campo y la organización, y transcripción de la información.

A la decimoquinta pregunta: Con base en su experiencia, ¿cuál considera que es el nivel de importancia de tener los registros levantados en campo en orden para facilitar el procesamiento y presentación de la información al cliente? Se encontraron 44 encuestados como promotores, que ven muy importante el orden de los registros y 5 encuestados ven con baja importancia tener un orden de la información levantada en campo.

Con la última pregunta de la encuesta, se buscaba conocer la experiencia en los tiempos de ejecución en las actividades de transcripción de la información en formatos del cliente, organizar el registro fotográfico y la organización de la información para el alistamiento del modelo de diagnóstico. A la cual los encuestados respondieron de forma general que se ha gastado más del tiempo estimado en estas actividades, situación que se evidencia en la Figura 10.



Figura 10. Tiempo gastado por actividad. Fuente: Elaboración Propia.

Con base en los resultados de la encuesta realizada se pueden identificar varios aspectos importantes:

- El levantamiento del catastro de alcantarillado es una actividad muy importante para el desarrollo de una consultoría de diseño de la optimización de un alcantarillado existente.
- En la mayoría de las consultorías de diseño de una optimización o en la actualización de un plan maestro de alcantarillado, aunque no tengan la actividad de catastro dentro del alcance del contrato, se deben realizar actividades para realizar un levantamiento de catastro.
- En la mayoría de los casos ha habido reprocesos causados por un catastro deficiente o una baja calidad de la información secundaria.
- Las mediciones tomadas en campo imprecisas, registro fotográfico mal organizado, transcripción errónea de la información, presencia de pozos no inspeccionados con éxito, repetición de visitas por falta de alguna información por levantar o por datos mal tomados en campo, y el marcado erróneo de los pozos que produce errores de conectividad, entre otras actividades son las principales causantes de reprocesos y sobrecostos en el desarrollo de una consultoría.

- La mayoría de los encuestados gastarían recursos para la generación o uso de herramientas computacionales para evitar los reprocesos en el catastro de alcantarillado.
- La mayoría de experiencias en el levantamiento de catastro no son exitosas, han incurrido en sobrecostos y toman más tiempo del estimado para llevar a cabo el desarrollo de un catastro de alcantarillado.

4.2. Requerimientos técnicos y normativos

Con el análisis de los requerimientos, se realizó un resumen según el tipo, cantidad y calidad de la información y clasificado por cada componente del sistema de alcantarillado y determinar de esta forma la información básica que se requiere para presentar un catastro de alcantarillado en Colombia, siguiendo las directrices de la Resolución 0330 de 2017 y lo solicitado por los principales operadores de servicio de alcantarillado en el país.

Con base en la información requerida de los pozos o cámaras de inspección se realizó un listado y clasificación. El resultado de este, producto se presenta en la Tabla 5, como un resumen de la información básica que se requiere conocer dentro de un levantamiento de catastro de alcantarillado.

La clasificación de la información se realizó teniendo en consideración el orden en la forma de captura de la información, en primer lugar, se requiere identificar la estructura, luego la ubicación y descripción para el acceso a dicha estructura, seguido a esto, se debe conocer la función que cumple dicha estructura, si se encuentra en servicio y el estado físico de la misma, información que se puede capturar mediante la inspección visual del entorno y de la estructura posterior a la apertura.

Posteriormente, se considera la información que requiere un instrumento de medición, como por ejemplo dimensiones básicas tales como, profundidades, diámetros y distancias. En el Anexo 1 se presenta el resumen de los atributos y dominios que a continuación se presentan.

4.2.1. Pozos de inspección, cámaras de caída, estructuras de alivio

Referente a los pozos de inspección en la siguiente tabla se encuentra la información que se debe levantar.

Tabla 5 Información básica de pozos de inspección, cámaras de caída o estructuras de alivio

Tipo de información	Elemento	Descripción	
Ubicación y acceso	Dirección	Nomenclatura que describe la ubicación	
	Localización	Ubicación de la estructura	
	Rasante	Tipo de Rasante	
	Servidumbre	Predio privado o público	
	Acceso	Acceso a la estructura	
Funcionalidad	Sistema	Tipo de sistema de alcantarillado	
	Tipo de estructura	Tipo de estructura / Componente	
	Servicio	Estado del servicio	
	Estado	Estado físico	
	Anomalía	Algún daño típico presentado	
Dimensiones Internas	Tapa	Diámetro Tapa	
	Cono	Altura del cono	
	Escalones		Número de escalones
			Avance de escalones
			Estado de escalones
	Pozo o cámara		Diámetro de pozo
			Profundidad total
Materiales	Pozo o cámara	Material de construcción	
	Cono	Material	
	Tapa	Material	
Otro	Comentario	Observación o comentarios	
	Cámara de caída	La estructura tiene o no tiene cámara de caída	
	Estructura de alivio	La estructura tiene o no tiene alivio de excesos	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.2.2. Sumideros

Con base en la información requerida de los sumideros, se realizó un listado y clasificación, producto de la cual se presenta en la Tabla 6, un resumen de la información básica que se requiere conocer dentro de un levantamiento de catastro de alcantarillado.

De la misma forma que en los pozos o cámaras de inspección, la información requerida se clasifica en la ubicación, funcionalidad, dimensiones internas, materiales y otra información.

Tabla 6 Información básica de sumideros

Tipo de información	Elemento	Descripción
Ubicación	Dirección	Nomenclatura que describe la ubicación
	Localización	Ubicación de la estructura
	Rasante	Tipo de Rasante
Funcionalidad	Tipo	Transversal, lateral o convencional
	Obstrucción	Nivel de sedimentos en el sumidero
	Sedimentos	Rejilla o caja colmatada
	Servicio	Estado del servicio
	Estado	Condición de la rejilla
	Anomalía	Algún daño típico presentado
	Profundidad batea	Profundidad medida desde la rasante de la vía
Dimensiones Internas	Diámetro de salida	Diámetro de la tubería de la tubería de salida del sumidero
	Número de rejillas	Número de rejillas
Materiales	Material de la Rejilla	Material de las rejillas
Otro	Estado de la vía	Estado de la vía
	Presencia de olores	Presencia de olores en el sumidero o alrededor

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.2.3. Tramos

Con base en la información requerida de los tramos o ductos, se realizó un listado y clasificación, producto de la cual se presenta en la Tabla 7, un resumen de la información básica que se requiere conocer dentro de un levantamiento de catastro de alcantarillado.

De la misma forma que en los pozos o cámaras de inspección y sumideros la información requerida se clasifica en codificación, funcionalidad, dimensiones, materiales y otra información.

Tabla 7 Información básica de tramos o ductos

Tipo de información	Elemento	Descripción
Codificación	Identificación	Código con el cual se identifica el tramo
	Pozo inicio	Identificar el pozo de inicio del tramo
	Pozo final	Identificar el pozo final del tramo
Funcionalidad	Sistema	Tipo de sistema de alcantarillado
	Servicio	Estado del servicio
	Estado	Estado físico
	Anomalía	Observación o comentarios
Dimensiones	Flujo	Presencia de flujo
	Forma del ducto	Forma en la cual es el conducto

Tipo de información	Elemento	Descripción
	Número de ductos	Número de conductos que conforman el tramo
	Material del ducto	Material de construcción
	Diámetro	Diámetro del ducto
	Profundidad clave inicial	Distancia entre la rasante y la clave del ducto al inicio
	Profundidad clave final	Distancia entre la rasante y la clave del ducto al final
Otro	Rasante	Tipo de Rasante
	Servidumbre	Predio privado o público
	Anomalía	Algún daño típico presentado
	Comentario	Observación o comentarios

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.2.4. Descargas o entregas

Con base en la información requerida de los tramos o ductos, se realizó un listado y clasificación, producto de la cual se presenta en la Tabla 8, un resumen de la información básica que se requiere conocer dentro de un levantamiento de catastro de alcantarillado.

De la misma forma que en los pozos o cámaras de inspección, sumideros y tramos la información requerida se clasifica en ubicación, funcionalidad, materiales y otra información.

Tabla 8 Información básica de descargas o entregas

Tipo de información	Elemento	Descripción
Ubicación y acceso	Dirección	Nomenclatura que describe la ubicación
	Localización	Ubicación de la descarga
	Servidumbre	Predio privado o público
	Acceso	Acceso a la descarga
Funcionalidad	Sistema	Tipo de sistema de alcantarillado
	Estado	Estado físico
	Cabezal	Cabezal de descarga de la entrega
	Anomalía	Algún daño típico presentado
Materiales	Material	Material de construcción
	Diámetro	Diámetro de la tubería
Otro	Comentario	Observación o comentarios

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Anexo 2, documento denominado “Formatos de inspección” se presenta la forma en la cual cada operador de servicio de alcantarillado solicita que se entregue la información de

cada componente, con el objetivo que la información levantada responda a la totalidad de la información solicitada.

4.3. Identificación de actividades claves

Con base en los análisis de los resultados de las encuestas obtenidas y teniendo en cuenta la compilación de los requerimientos técnicos y normativos, a continuación, se enlistan las actividades que los autores han considerado como claves en el desarrollo de un levantamiento de catastro de alcantarillado, las cuales deben ser incluidas en la metodología y servir de base para definir las características que debe tener una herramienta computacional que apoye para el buen desarrollo de las actividades de catastro.

Las actividades que se enlistan a continuación, consideradas claves y se presentan en un orden secuencial, contemplando desde la consecución de la información del sistema de alcantarillado existente hasta el alistamiento y presentación de la información, indicando las herramientas y métodos que se sugieren utilizar para el correcto desarrollo de los trabajos de catastro de alcantarillado.

- Consecución de información preliminar del sistema de alcantarillado.
- Visita a otras entidades referentes
- Planificación inicial de los trabajos
- Visita de reconocimiento y marcación
- Preparación de actividades de campo
- Organización y verificación de la información de campo
- Procesamiento de la información
- Presentación de la información levantada

En el desarrollo de este numeral se explicará cada actividad caracterizando sus entradas, procesos y salidas.

4.3.1. Consecución de información preliminar

La primera actividad que se debe ejecutar en la recopilación de la información disponible del sistema de alcantarillado disponible en la empresa prestadora del servicio, la cual se espera tenga planos as build o bases de datos geográficas parciales o totales, de los activos

que componen el sistema de alcantarillado que opera. Esta actividad tiene finalidad obtener la localización de las redes, y todas las estructuras que componen el sistema. Se recomienda obtener, además, memorias técnicas, levantamientos topográficos realizados anteriormente y todo aquel material técnico que se disponga.

Las entidades contratantes de consultorías para el diseño de una optimización de un sistema de alcantarillado, servirán como mediadoras para la consecución de la información requerida ante los operadores del servicio de alcantarillado, las alcaldías de los municipios, esto con el fin de comprobar la ubicación exactas de la red y sus principales componentes.

Es usual entablar reuniones posteriores al inicio del contrato de la consultoría con las partes interesadas. En ellas, se debe programar la entrega de la información disponible del sistema, de la cual el consultor realizará el estudio de la calidad y suficiencia de la información obtenida. Sí la información levantada no cuenta con la cantidad y/o la calidad que se requiere, se deberá proceder a establecer que otras entidades interesadas pueden poseer información valiosa para el desarrollo del proyecto, se puede incluir dentro del listado a personas que pueden tener conocimiento de los componentes con que cuenta el sistema de alcantarillado en estudio.

4.3.2. Visita a otras entidades referentes

Como se expresó en el numeral anterior, en el caso que la información conseguida en primera instancia sea evaluada y se identifique que tiene falencias o debilidades, se debe identificar otras posibles fuentes de la información, tales como fontaneros actuales o anteriores, presidentes de juntas de acción comunal u oficinas de otras dependencias que tengan información acerca de obras o mantenimientos ejecutados en el sistema de alcantarillado. Lo cual completará la información base para realizar la planeación de los trabajos necesarios para el catastro de alcantarillado.

4.3.3. Planificación inicial de los trabajos

Toda la información recopilada debe ser estudiada y analizada por los profesionales a cargo de la dirección de los trabajos de catastro. Luego con base a dicho estudio se debe planificar el trabajo de campo que busca validar y complementar la información disponible. Se debe

establecer el número de comisiones de trabajo y los recursos con que deben contar. También se deben determinar el número de miembros del equipo de supervisión y control de la calidad de la información recopilada.

4.3.4. Recorrido de reconocimiento y marcación

Posterior a la comprobación y revisión de la información conseguida con el operador del servicio de alcantarillado, la alcaldía o la junta de acción comunal, se procede a realizar una serie de visitas técnicas para el reconocimiento y marcación de las estructuras que componen el sistema de alcantarillado objeto de la consultoría. Esta actividad se realiza con el objetivo de identificar y localizar los pozos de inspección, sumideros, alivios, cabezales de descarga para que la comisión de topografía o la comisión de inspección tenga la información de lo que debe detallar con el levantamiento topográfico.

4.3.5. Preparación de actividades de campo

Con base en la información verificada en las actividades anteriores y a los hallazgos de estructuras no ubicadas y antes de realizar las inspecciones de campo o el levantamiento de topografía de los componentes del sistema de alcantarillado se debe realizar una planeación detallada de la inspección, con el objeto de establecer y conseguir las herramientas, software y personal para la inspección de los componentes identificados del sistema de alcantarillado objeto de la consultoría, de forma tal que se pueda establecer un cronograma de trabajos y la distribución de sectores y responsabilidades a cada uno de los equipos definidos y las estrategias a seguir para identificar los componentes del alcantarillado no detectados en el recorrido inicial. Para esta planificación se debe tener en cuenta el alcance final de la consultoría, para tener en cuenta las particularidades de está definidas en el alcance y los productos contratados, los cuales es posible requieren de alguna información específica la cual deba ser obtenida.

4.3.6. Inspección de componentes

La inspección de los componentes del sistema de alcantarillado, se realizará teniendo en consideración los criterios mencionados en el numeral 3.2, en donde se resumen los requerimientos técnicos y normativos, que se deben identificar y conocer del sistema de

alcantarillado y que se han definido como parámetros a identificar en los trabajos de campo para que los componentes del sistema de alcantarillado puedan ser completamente caracterizados. El objetivo de esta actividad es conseguir el registro de toda la información requerida con la ayuda de formatos y registro fotográfico de cada componente del sistema, de forma tal que se pueda cumplir con el objeto del contrato de consultoría.

4.3.7. Organización y verificación de la información levantada en campo

La información levantada mediante formatos y registro fotográfico se deberá organizar o transcribir con el objetivo de tener un acceso rápido a la información. Para esto el registro de la información se debe realizar de forma ordenada para que la labor de búsqueda de la información sea rápida, evitando los errores en el proceso. Un proceso clave en este proceso es el de verificación de la calidad de la información levantada, que tiene como propósito garantizar la veracidad de la información. Si se detectan inconsistencias o falta de información se debe analizar las causas y se debe retornar al trabajo de campo y realizar las actividades complementarias nuevamente.

4.3.8. Procesamiento de la información levantada

Una vez que la información está organizada y verificada se realiza el procesamiento de la información levantada en campo. Esta labor consiste en convertir el registro de pozos, tramos, alivios, sumideros y descargas, con dimensiones, longitudes, cotas, materiales, estado, etc., en una información base para el modelo de simulación hidráulico. Esta etapa requiere organizar la información de forma minuciosa y estructurarla de forma tal que se pueda utilizar para conformar el modelo hidráulico del alcantarillado. La estructuración de la información debe además permitir alimentar las bases de datos geográficas que tenga definida la empresa prestadora del servicio de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. Si durante el procesamiento de la información levantada se detecta que es necesario complementar algún tipo de información, principalmente para adelantar las labores de la construcción de los modelos hidráulicos, se hace necesario establecer el tipo de información faltante, para luego planificar la consecución de herramientas, equipos o el método para obtener efectivamente la información faltante, luego de la cual se debe

retornar a campo para ejecutar los trabajos conducentes a el levantamiento de la información.

4.3.9. Presentación de la información levantada

La presentación de la información levantada en campo es la actividad final en este proceso, la cual tiene como objetivo presentar al cliente de la consultoría y al cliente interno de la firma consultora la información levantada en campo cumpliendo con todos los requisitos y formatos especificados por la entidad contratantes, incluyendo bases de datos y los insumos necesarios para alimentar los modelos hidráulicos que se tengan especificados. La presentación final de la información, se basa en la compilación de formatos, registro fotográfico e información compilada, ordenada y estructurada de todos y cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado.

4.4. Metodología para el levantamiento de catastro de alcantarillado

Tras identificar las actividades claves para el levantamiento del catastro de alcantarillado, ahora se conforma y especifica una metodología, en la cual se establecen algunas recomendaciones para capturar la información de campo de una forma eficiente y veraz, con el fin de disminuir el tiempo en el procesamiento y en la presentación de la información al cliente. En la siguiente figura se establece el orden y la secuencia de las actividades para el levantamiento del catastro de alcantarillado.

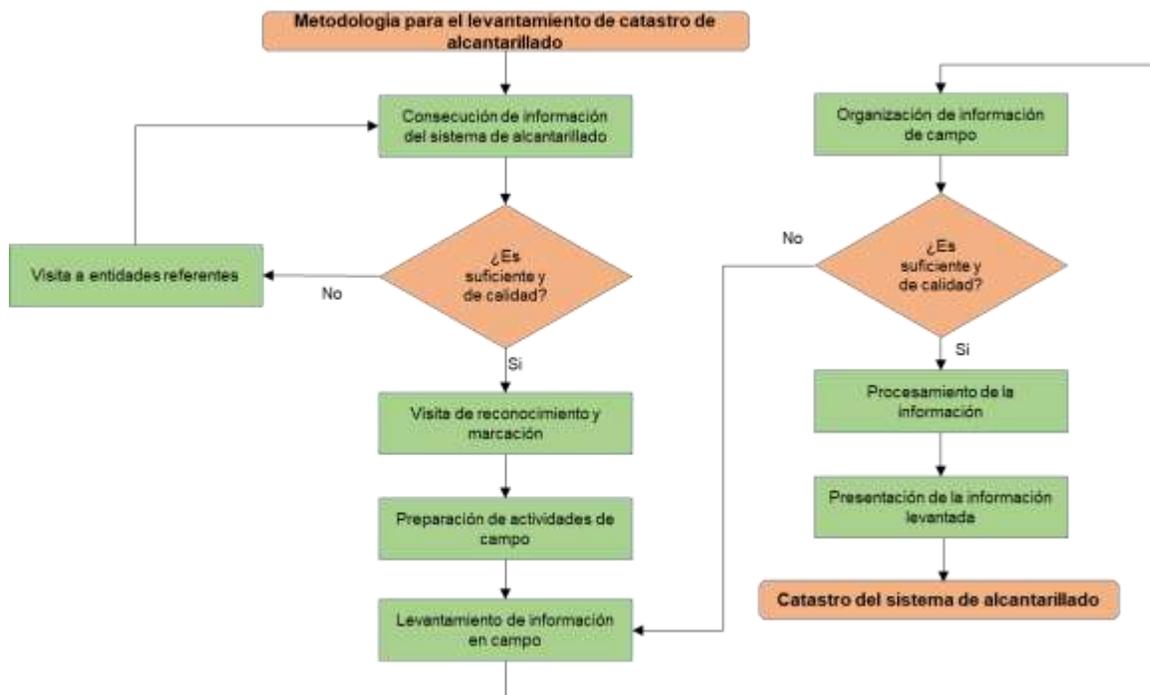


Figura 11. Metodología para el levantamiento de catastro. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se enumeran una serie de recomendaciones para realizar las actividades en cada una de las etapas de la metodología, enfocando el esfuerzo a brindar consejos para que la captura de la información se realice de la mejor manera posible y se eviten la mayor cantidad de reprocesos, los cuales son evitables si se planifica bien el trabajo, teniendo en cuenta lo definido en el alcance de la consultoría y los productos que se deben entregar.

4.4.1. Recomendaciones sobre la consecución de información preliminar

En la consecución de la información preliminar, se recomienda conformar una base de datos con la información en los diferentes medios, en el cual se obtenga la información. Sí la información se obtiene de forma física se debe conformar en un organizador “AZ” una base de datos de una forma organizada. Sí la información se obtiene de forma magnética, para organizar todo lo obtenido en una carpeta digital y compartida en una nube. Se recomienda dividir tanto la información en físico como la información magnética con las siguientes categorías, con el objetivo de organizar la estructura de datos.

- Contractual
- Inventario de estructuras
- Planos
- Registro fotográfico
- Vertimientos – Plan de saneamiento de vertimientos (PSMV)
- Planes de mantenimiento – Plan de obras e inversiones regulado (POIR)

Es importante mencionar que la información debe estar plenamente identificada, clasificada y ordenada por fecha de manera ascendente de la más antigua a la más reciente.

4.4.2. Recomendaciones sobre la visita a entidades referentes

Si la información conseguida en primera instancia no es suficiente para realizar un reconocimiento en campo de los componentes del sistema de alcantarillado, se deberá realizar reuniones con los principales actores del sistema, tales como fontaneros actuales o anteriores, miembros de juntas de acción comunal o asociación de usuarios del sistema.

En dichas reuniones, se buscará conformar una cartografía social, con el fin de buscar la forma de completar la información preliminar del sistema de alcantarillado para cubrir los vacíos detectados.

Se recomienda conformar un directorio telefónico, cartografía mediante rutas y puntos capturados mediante instrumentos de posicionamiento y algunas evidencias o registros históricos que se obtengan.

4.4.3. Recomendaciones sobre el recorrido de reconocimiento y marcación

En esta actividad se recomienda resumir toda la información conseguida en un plano de catastro base o en un esquema base, en el cual se puede identificar y localizar cada componente del sistema de alcantarillado. En dicho esquema tendrá toda la información que se adquiera, en cuanto a diámetros, materiales de construcción, funcionamiento y características principales.

Para la marcación de las estructuras que se deberán levantar en el catastro, se recomienda usar pintura para tráfico pesado de color amarillo. Para evitar que las marcas se borren y

duren por lo menos hasta el momento en que pase la comisión de inspección o la comisión de topografía. Para el marcaje de las estructuras se aconsejan seguir varios aspectos:

- **Marcado de estructuras:** La ubicación del marcado de los pozos se recomienda en la parte superior con dirección al norte, evitando marcar las tapas como se presenta en la siguiente fotografía.



Fotografía 1 Marcado de pozos de inspección. Fuente: IEH GRUCON S.A.

- **Puntos de referencia:** Sí la estructura o componente del sistema se encuentra en una zona verde o en una vía en un material afirmado o en una vía de alto tráfico, que no permite que la marcación de la pintura tenga una buena adherencia, se recomienda marcar algunos puntos de referencia como postes, arboles u otros elementos urbanísticos, tales como andenes, como se presenta a continuación.



Fotografía 2 Marcado de puntos de referencia. Fuente: IEH GRUCON S.A.

- Generación de cartografía mediante dispositivos móviles: Se recomienda generar un esquema básico con la localización de las estructuras más importantes del sistema (pozos de inspección, estructuras de alivio, vertimientos) para que sea una guía para la comisión de inspección o de topografía y a la cual se tenga acceso desde un GPS de mano o un dispositivo móvil.
- Se recomienda utilizar una nomenclatura unificada y acorde con la utilizada por la empresa prestadora de servicio de forma tal que todo el equipo de trabajo tenga un lenguaje de comunicación único.

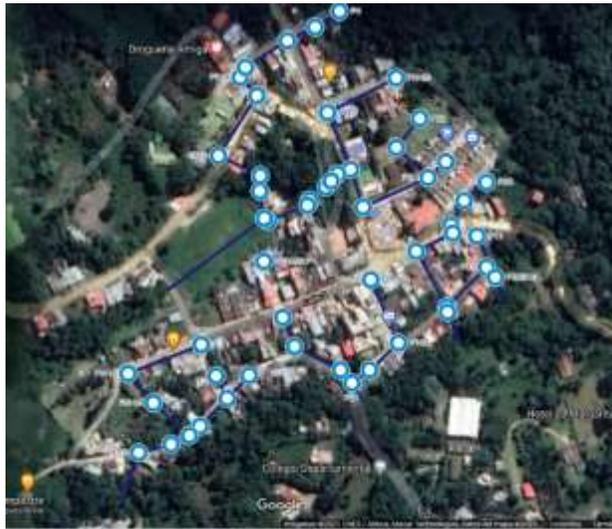


Figura 12. Esquema localización estructuras principales. Fuente: Elaboración Propia.

Al terminar el reconocimiento y marcación de las estructuras principales del sistema de alcantarillado se obtiene un plano o esquema con la identificación y localización de los aspectos que la comisión de la topografía y de inspección deben tener en consideración para las siguientes actividades.

4.4.4. Recomendaciones sobre la preparación de actividades de campo

Para esta actividad se deben establecer condiciones para el trabajo de las comisiones de inspección y topografía, según la naturaleza del contrato de consultoría y las características del sistema de alcantarillado.

En primer lugar, se debe establecer quien realizará la inspección de los componentes del sistema, en algunos casos, la comisión de topografía es el responsable del levantamiento

de los detalles del sistema de alcantarillado y al mismo tiempo, es el encargo de la inspección de los componentes del sistema. En otros casos, la comisión de topografía es diferente a la comisión de inspección, lo cual es lo más recomendable, debido a que la inspección requiere un tiempo determinado y la estación total utilizada para el levantamiento no se puede disponer en un tiempo muerto, dedicado al levantamiento de las estructuras.

Esta precisión se puede descifrar teniendo en cuenta el desglose de los recursos que tiene esta actividad con respecto al presupuesto asignado al proyecto, en donde se debe establecer el número de comisiones y el tiempo en el cual se planea ejecutar la actividad de inspección de los diferentes componentes del sistema de alcantarillado.

Es importante tener en consideración la división del trabajo por zonas de trabajo y por comisiones, la cual puede distribuirse mediante alguna herramienta o dispositivo móvil para guiar a la comisión por los componentes asignados a cada una de las comisiones. Con el objetivo de no cruzar información o repetir la inspección en algún componente del sistema a través de alguna convención diferente en el esquema o plano asignado para la comisión.

Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda realizar una preparación de los materiales, herramientas y equipos que se van a requerir para la inspección de los componentes del sistema, a continuación, se relacionan los elementos que se requerirán para la inspección.

4.4.4.1. Materiales y herramientas recomendadas para realizar la inspección

Los materiales y herramientas que se recomiendan utilizar en la inspección de los componentes tienen diferente naturaleza, en primer lugar, la seguridad y salud en el trabajo para el personal que será responsable de realizar la inspección. En segundo lugar, se presentan las herramientas para la apertura de las tapas o bocas de acceso a los diferentes componentes del sistema. En la siguiente tabla se presentan los materiales y herramientas con las cantidades recomendadas para el personal asignado para la labor de la inspección.

Tabla 9 Materiales y herramientas recomendados

Naturaleza del elemento	Elementos	Cantidad	
Seguridad y salud en el trabajo	Casco de seguridad	1 por colaborador	
	Guantes de nitrilo	1 par por colaborador	
	Trípode para arnés con línea de vida	1 por comisión	
	Elementos de protección personal	Respirador con cartucho para vapores orgánicos	1 por colaborador
	Chalecos reflectivos	1 por colaborador	
	Botas con punta de acero	1 par por colaborador	
	Gafas de seguridad	1 por colaborador	
	Señalización vial	Conos viales	4 por colaborador
	Señal de alto y siga	1 por comisión	
	Apertura de bocas de acceso y medición	Barra	1 por comisión
Pica		1 por comisión	
Bastón o jalón de topografía		1 por comisión	
Codal de 80 cm		1 por comisión	
Herramientas		Nivel de mano	1 o 2 por comisión según el método a utilizar para medir profundidades
Flexómetro		2 por comisión	
Linterna		1 por comisión	

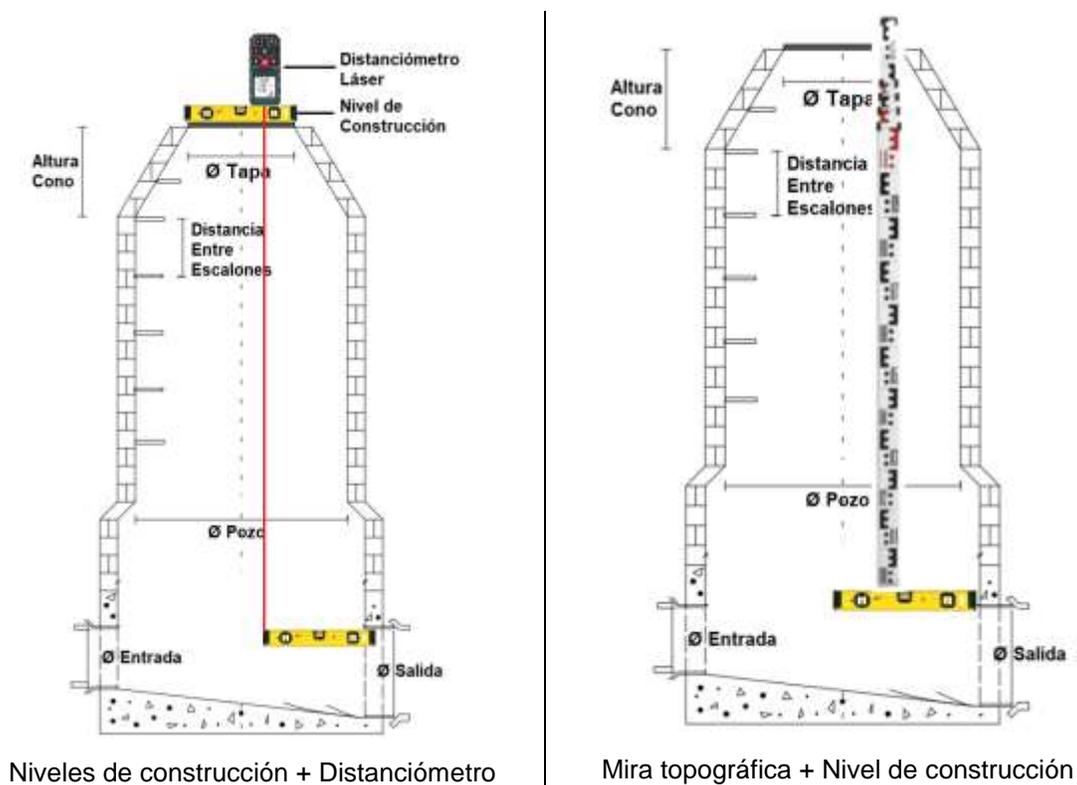
Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.4.4.2. Equipos recomendados para la inspección

Los equipos recomendados para la actividad de inspección dependen de la preferencia de los instrumentos de medición. Sin embargo, para esta actividad, se recomiendan dos métodos para la medición de profundidades dentro de los componentes del sistema del alcantarillado a levantar los cuales involucran dos tipos de instrumentos. Se recomienda un

método combinando niveles de construcción con un telémetro o distanciómetro para tomar las medidas respectivas y otra forma con la mira topográfica con el mismo objetivo.

Cada comisión debe tener un conjunto de equipos e instrumentos de medición para tomar las profundidades y diámetros de las tuberías, es importante tener reserva de por lo menos una unidad de cada uno de los instrumentos que se preparan para el uso. Del mismo modo, se deben preparar la forma en la cual se va a registrar la información tomada en campo, lo cual se recomienda planificar con antelación con base en tiempos y recursos, teniendo como premisa, disminuir el tiempo del procesamiento y bajar la probabilidad de cometer errores en la transcripción de la información.



Niveles de construcción + Distanciómetro

Mira topográfica + Nivel de construcción

Figura 13. Métodos para medir distancias en un pozo de inspección. Fuente: Elaboración Propia.

Definir o encontrar un método de captura de la información diferente a la forma tradicional, es muy importante para esta actividad, el registro manual de la información mediante formatos en físico diligenciados en campo, implica tiempo adicional para la organización, transcripción y presentación de la información, por lo tanto, esta actividad debe ser optimizada para lograr un impacto positivo para el levantamiento de catastro del

alcantarillado. Utilizar tecnología de punta como el escáner laser puede contribuir en la agilidad para el desarrollo de los trabajos de campo. Estos equipos también contribuyen a obtener información de precisión la cual con adecuado postproceso permite establecer todas las particularidades de las estructuras levantadas.

4.4.5. Recomendaciones sobre la inspección de componentes del alcantarillado

La inspección de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado consiste en tomar registro de las dimensiones básicas, profundidades, diámetros de las tuberías de entrada y salida de dicho componente, y registro fotográfico. De igual forma se registrará el estado físico, materiales, bocas de acceso y la información que se crea importante para cada componente.

A continuación, se mencionan algunas recomendaciones para la inspección de los diferentes componentes del sistema de alcantarillado.

4.4.5.1. Inspección de pozos de inspección

Los registros que se toman en una cámara o pozo de inspección consisten en identificar el estado físico, tipo de sistema, materiales de construcción, dimensiones básicas, profundidades y diámetros de las tuberías de entrada y salida de la estructura.

- Estado físico: Las cámaras o pozos de inspección en el momento de la inspección pueden presentar señales que indican un mal estado físico, tales como facturas, pérdida del recubrimiento interno o filtraciones, estado de los escalones, cañuelas, colmataciones o niveles de sedimentación, basuras u objetos que obstruyen o dificultan el flujo.
- Tipo de sistema: En el momento de la inspección se puede evidenciar el tipo de flujo que se ve entrando y saliendo de la estructura, previendo sí el caudal es de tipo residual doméstico, combinado o pluvial. Con la identificación de las tuberías de entrada se puede identificar sí existen conexiones con sumideros existentes o conexiones domiciliarias.
- Materiales de construcción: En la inspección visual se debe reconocer los materiales de construcción de cada una de las partes de la cámara o pozo de inspección, partes

como el cono de reducción, cilindro del pozo, peldaños, tapas de acceso y elementos constitutivos de la estructura.

- Dimensiones básicas: Las mediciones más importantes de la estructura se basan en las dimensiones internas de la estructura, tales como diámetro interno del pozo, ancho o longitud en el caso que sea cuadrada, espesores y alturas de vertederos si la estructura los tiene.
- Profundidades: Las mediciones buscan conocer la profundidad total de cada pozo o cámara de alcantarillado, profundidad de cada tubería de entrada y salida, con el objetivo de conocer las cotas bateas y claves de las tuberías que conformarían los tramos del sistema de alcantarillado y a partir de ellas y la longitud entre pozos su pendiente.
- Diámetros: Las medidas de los diámetros se podrán obtener mediante niveles de mano, mira topográfica o distanciómetro laser, con el objetivo de reconocer el diámetro de la tubería. Es evidente que se debe colocar algún elemento para realizar la medición en la parte interna del tubo para que la campana de la tubería no resulte en errores en la determinación de diámetros de las tuberías.

4.4.5.2. Inspección de estructuras especiales

Como ya se mencionó anteriormente, en un sistema de alcantarillado puede existir estructuras de alivio, cámaras de caída, cámaras especiales con algunas funciones especiales, como repartir caudal con diferente profundidad y diámetro.

En el caso de localizar una estructura con alivio es importante determinar y especificar con un identificador especial que se trata de una estructura con esta función, debido a que es muy importante determinar la topología de la red de alcantarillado existente. Como se presenta en la siguiente figura, las estructuras de alivio se pueden identificar mediante la existencia de canales, vertederos o cañuelas elevadas con lo cual se puede realizar una división de aguas, tras un evento de lluvia.

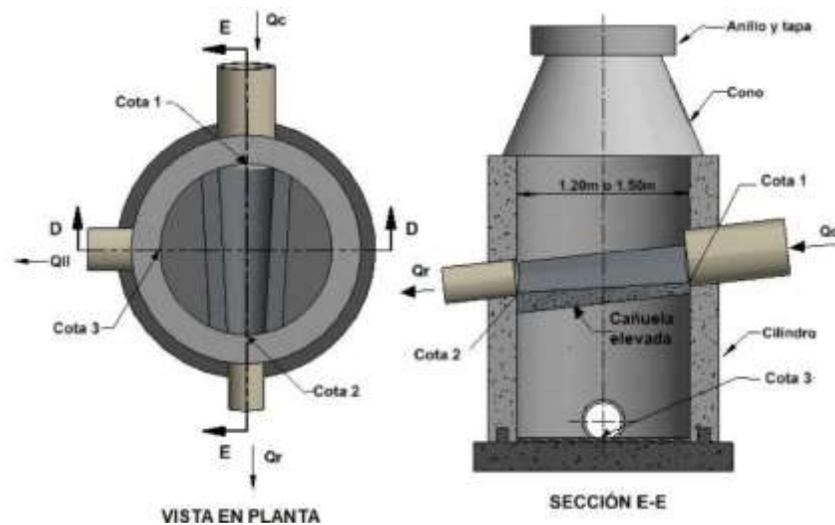


Figura 14. Aliviadero sencillo en cámara convencional. Fuente: EPM, 2019.

En el caso de estructuras de alivio es importante identificar cuáles son las conexiones de tipo sanitario o residual doméstico y cuáles son las conexiones de tipo pluvial para que la red de alcantarillado existente tenga una solidez y veracidad en la información.

Una cámara o pozo de inspección con cámara de caída tiene la función de conectar dos pozos entre los cuales la pendiente del terreno es alta por lo cual se debe realizar una conexión con una pendiente diferente a la del terreno para producir una velocidad más baja en el fluido. Como se presenta en la siguiente figura la caída puede presentarse de forma externa o interna.

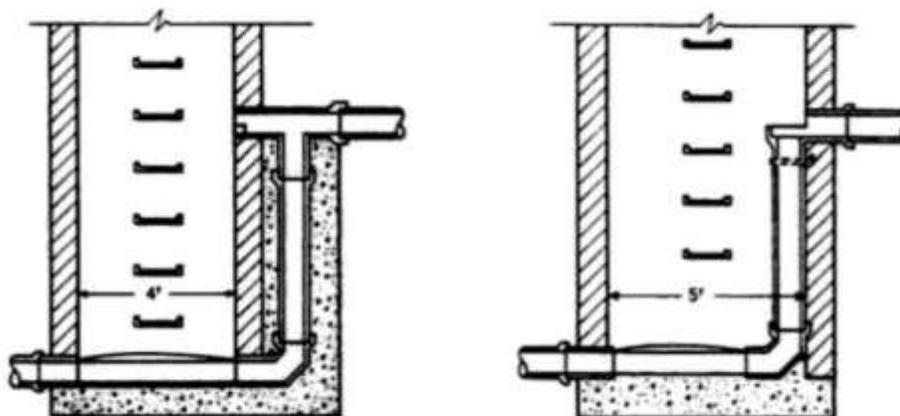


Figura 15. Cámara de caída en pozos de inspección. Fuente: ASCE, 2019.

Cuando la caída se desarrolla con conexiones de diámetros mayores a 24 pulgadas se requieren estructuras especiales y escalonadas en la mayoría de los casos. Por ende, en el momento de la inspección solo se podrá tener acceso en algunas partes de la estructura, sin embargo, es prioridad conocer las cotas de inicio y final de la estructura de disipación de la estructura.

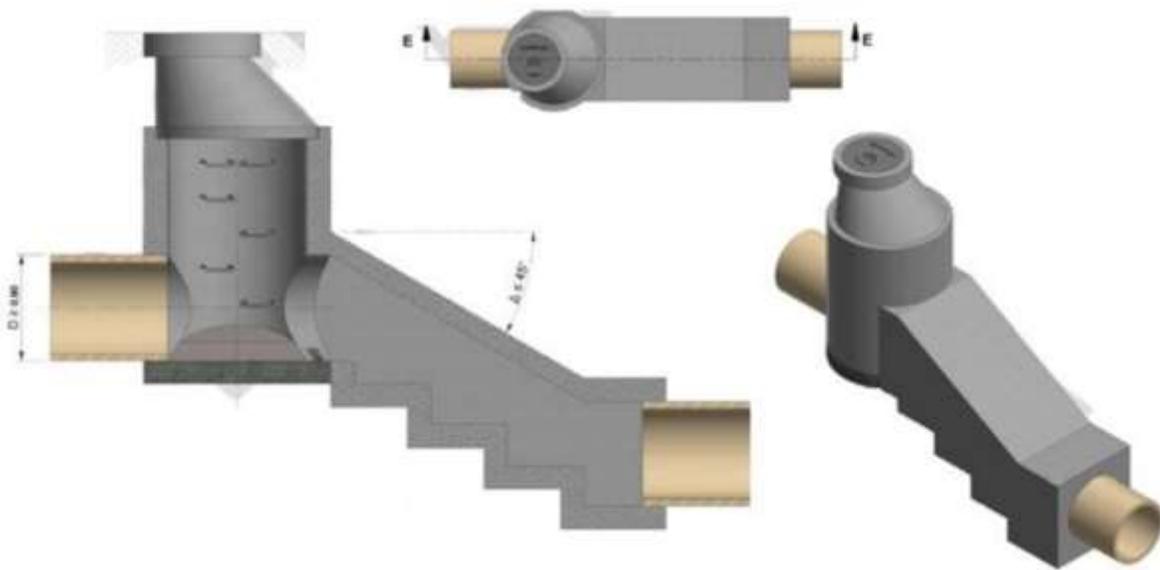


Figura 16. Estructura escalonada de caída. Fuente: EPM, 2019.

4.4.5.3. Inspección de sumideros

Los sumideros son estructuras que tienen por objeto realizar la recolección de las aguas de lluvia y direccionarlas para que ingresen al sistema de alcantarillado pluvial y que eviten que los elementos no deseados ingresen en el sistema. Para el levantamiento del catastro de alcantarillado, la identificación y la localización de los sumideros consiste en definir el tipo de sumidero y la profundidad de la caja del mismo y las dimensiones de los mismos.

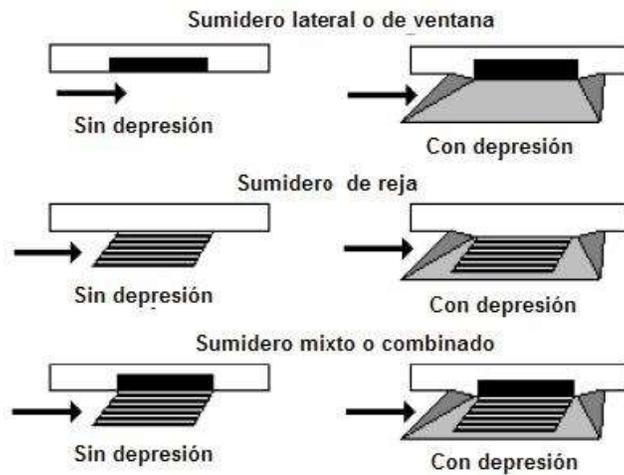


Figura 17. Diferentes tipos de sumideros. Fuente: EPM, 2019.

Para reconocer el tipo de sumidero e identificar la cámara o pozo al cual se conecta, se debe inspeccionar los pozos cercanos para identificar su conexión.

4.4.5.4. Inspección de descargas o vertimientos

En el levantamiento de catastro es importante identificar los puntos de descarga del sistema de alcantarillado existente, en el momento de la visita a estos puntos, se recomienda realizar una inspección visual para identificar los siguientes aspectos:

- Estructura de entrega del fluido al cuerpo receptor.
- Naturaleza del vertimiento: reconocer la naturaleza del vertimiento, si la descarga es de tipo residual doméstico, pluvial o combinado.
- Reconocer el cuerpo receptor del vertimiento.
- Identificar el diámetro de la tubería de descarga y hacer registro fotográfico.
- Establecer las cotas del vertido y las características de la estructura de descole.

4.4.6. Recomendaciones sobre la organización de la información levantada

La información levantada en campo, se recomienda organizar por días y por comisión, con el objetivo de hacer una copia de respaldo y organizar toda la información, de acuerdo al avance de la inspección y no dejar esta actividad para el final de la actividad de inspección del sistema de alcantarillado.

Es importante hacer la actividad de inspección de una forma ordenada y llevar la numeración e identificación de cada componente de una forma ágil con el cuidado de realizar la identificación única de cada elemento.

Sí la inspección se realiza usando formatos en físico, se recomienda asignar la labor de transcribir los formatos a una base de datos, la cual se debe ir alimentando de acuerdo al avance de la inspección del sistema de alcantarillado.

4.4.7. Recomendaciones sobre el procesamiento de la información levantada

El procesamiento de la información levantada en campo consiste en la transcripción o compilación de la información, cuyo resultado es la topología del sistema de alcantarillado existente. Dicha topología requiere tres tablas o componentes, una es la tabla de cámaras o pozos de inspección, una tabla de tramos y por último una tabla de vertimientos o descargas.

- Tablas de cámaras o pozos de inspección: Se debe conformar una lista de las cámaras o pozos inspeccionados, con la localización (coordenadas), identificación (Identificador único), profundidad de la cámara o pozo, tipo de sistema (sanitario, pluvial o combinado) y tipo de rasante (Vía en pavimento flexible, vía en pavimento rígido, vía en afirmado o zona verde).
- Tabla de estructuras especiales: Se debe conformar una lista de las estructuras especiales, como estructuras de alivio, cámaras de caída u otro tipo de estructura, con la localización (coordenadas), identificación (Identificador único), profundidades, dimensiones básicas y tipo de rasante (Vía en pavimento flexible, vía en pavimento rígido, vía en afirmado o zona verde).
- Tabla de tramos: Se debe conformar una lista de los tramos que componen la red de alcantarillado existente. Se debe identificar cada tramo (identificar pozo de inicio y pozo final), forma del conducto, dimensiones del conducto (dimensiones del box o diámetro de la tubería), profundidad a clave de la tubería en el inicio del tramo, profundidad a clave de la tubería al final del tramo, y tipo del sistema (sanitario, pluvial o combinado).
- Tabla de vertimientos o descargas: Se debe conformar una lista de los vertimientos del sistema de alcantarillado existente, identificando la descarga (identificar

vertimiento), localización (coordenadas), dimensiones del conducto que descarga y la naturaleza de la descarga (sanitaria, pluvial o combinado).

Con esta información completa ordenada y estructurada, se puede conformar un modelo de simulación hidráulica del sistema existente con el cual se puede realizar un diagnóstico del sistema existente y en los casos de expansión la interacción del nuevo sistema con el existente.

4.4.8. Recomendaciones sobre la presentación de la información levantada

La etapa de la alistamiento y presentación de la información consiste en la preparación de los formatos que el cliente final del catastro exige para entrega del mismo. Es importante mencionar que los formatos se pueden conformar de una forma ágil, si la base de datos se arma de una forma organizada y se puede establecer un formato que se pueda consultar e imprimir o se desarrollan aplicativos que estructuren las salidas de las bases de datos para que la salida cumpla las especificaciones dadas por las normas de la empresa prestadora del servicio.

Para otros operadores la información producto del catastro debe manejarse en una base de datos en donde la información levantada del sistema se organiza en formatos y tablas que se pueden consultar de una forma ágil, pero se recomienda estructurarla en una base de datos geográfica la cual pueda ser consultada en herramientas SIG libres o licenciadas.

4.5. Recomendaciones sobre la identificación y clasificación de actividades a optimizar

La premisa de optimizar las actividades que comúnmente se llevan a cabo en un levantamiento de catastro de alcantarillado, es reducir tiempo y recursos necesarios para su correcta ejecución, minimizando reproceso. Teniendo en cuenta esta premisa, con la metodología propuesta se busca optimizar las siguientes actividades:

- Preparación de las actividades de campo
- Inspección de componentes del sistema
- Alistamiento y presentación de la información

Para la metodología planteada estas actividades son los aspectos más relevantes y que constituyen el eje central de los trabajos de catastro y que se ha establecido son susceptibles de optimización y en donde la necesidad de disminuir los reprocesos impacta de forma determinante los tiempos y costos de ejecución, con el objetivo de llegar a un catastro que contenga toda la información con la calidad y cantidad necesaria para evaluar el sistema de alcantarillado existente.

4.6. Herramienta computacional diseñada

Como se presentó anteriormente, en el desarrollo de la metodología se plantea que el uso de una herramienta computacional para facilitar la captura y el procesamiento de la información levantada en campo, en un levantamiento de catastro de alcantarillado, es una parte primordial en la implementación de la metodología presentada.

Explorando las opciones para el apoyo económico o técnico para el desarrollo de una aplicación para un dispositivo móvil, se encontró el apoyo del Ingeniero Carlos Alberto Giraldo López, actual presidente del grupo empresarial EMDEPA y líder del área de estudios y diseños de la consultoría IEH GRUCON S.A., quien delegó a un profesional en programación para esta iniciativa, Alberto Hernández quien desarrolló la aplicación denominada “PROGRAMA ANDROID Y GOOGLE MAPS API SURVALC21”, destinando del mismo modo tiempo de su personal, para mesas de trabajo de discusión sobre los atributos y funcionalidades de la aplicación y reuniones para realizar pruebas lógicas y de escritorio para el desarrollo de la herramienta.

Actualmente me desempeño como ingeniero especialista en el área de estudios y diseños en IEH GRUCON S.A., tengo a mi cargo labores en el diagnóstico y diseño de redes de alcantarillado, por lo tanto, tuve la oportunidad de liderar el proyecto de desarrollo de la aplicación, coordinando y dirigiendo las mesas de trabajo para tal fin, organizando las pruebas lógicas y de escritorio, todas estas actividades enmarcadas en las actividades planteadas para el desarrollo del presente trabajo de grado.

Esta aplicación se desarrolló para el levantamiento de información de pozos y tramos de alcantarillado y la construcción grafica interactiva de la topología de la red, mediante mesas de trabajo se analizaron y corrigieron las cualidades de la aplicación, conformando de esta forma, un programa que mediante la plataforma de Android Google Maps y la tecnología

GeoJSON de intercambio de información geográfica cumplió con el objetivo de disminuir el tiempo y recursos necesarios para realizar la captura y procesamiento de la información levantada en campo como más adelante se puede comprobar. La aplicación desarrollada cumple con las siguientes funciones:

- Construcción gráfica de la infraestructura existente de la red de alcantarillado, pudiendo identificar los componentes principales, tales como pozos, tramos, sumideros, cámaras de caída, descargas y estructuras de alivio.
- Capturar la información al recorrer mediante la plataforma de Google maps la infraestructura de la red de alcantarillado, logrando identificar los elementos, consultar, editar, crear y borrar sus características.
- En elementos Nodales (pozos) se puede agregar información nueva o editar la existente, así como a la geometría del elemento y sus componentes internos y borrar elementos nodo.
- En elementos Tramo, se puede agregar información nueva o editar la existente correspondiente a la geometría y descripción de los ductos y borrar elementos Tramo.

La aplicación cuenta con la siguiente pantalla principal, en donde se presenta el menú de acciones que se pueden realizar, se puede importar, cargar datos, administrar, configurar los valores por defecto, borrar datos, exportar datos y salir de la aplicación.



Figura 18. Pantalla principal de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 19 se presenta el diagrama de flujo base para el desarrollo del trabajo de catastro y de la aplicación en el que se describen los procesos principales que ejecuta la aplicación. Sin embargo, para facilitar al usuario el manejo de la aplicación, en el Anexo 4, se encuentra el manual con todos los pasos para el uso de la misma, con el objetivo de darle a conocer al usuario las cualidades, instrucciones y recomendaciones a tener en cuenta para el manejo de su interfaz gráfica.

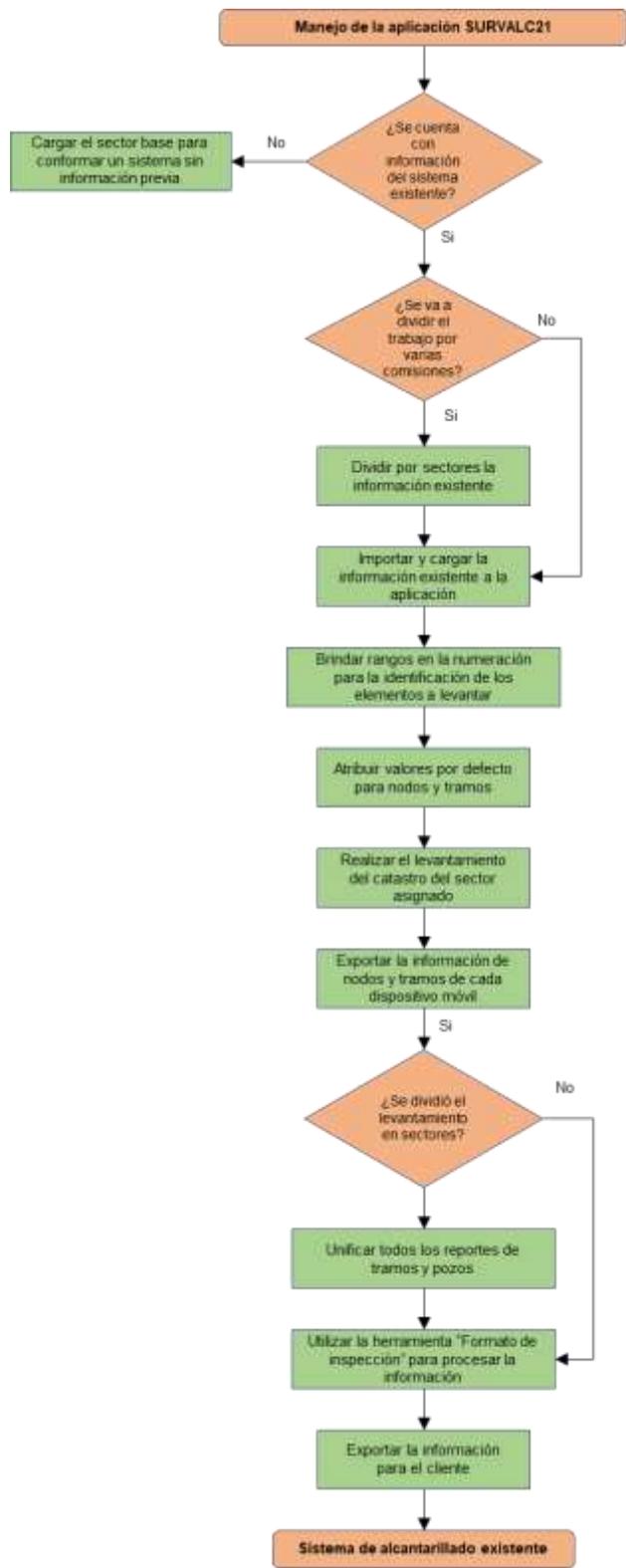


Figura 19. Diagrama de flujo de la inspección con la aplicación. Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, se presentarán algunos de los procesos principales que conforman la aplicación y que el usuario debe tener en consideración para el manejo de la aplicación.

4.6.1. Importar datos sector red

Para el caso en el que se logre obtener información preliminar del alcantarillado objeto de estudio, la aplicación cuenta con el menú "IMPORTAR DATOS SECTOR RED" el cual tiene dos objetivos, cargar información base y tener la opción de dividir el trabajo en grupos o comisiones con la división de la información por sectores.

Con la guía que se presenta en el documento en Excel, Anexo 4.2 denominado "Herramienta para cargar información", se realiza la carga masiva de la información de pozos y tramos y en el mismo documento se extrae la información con los parámetros definidos para que la aplicación reconozca y adopte la misma.

En esta herramienta se presenta la interfaz para que el usuario ingrese la información a la aplicación mediante el uso de las características definidas en la app para los campos respetando los atributos definidos y codificados, asociados a los elementos del sistema y relacionados al lenguaje con el que comúnmente son manejados por el personal que ejecuta este tipo de tareas de catastro de un sistema de alcantarillado, como por ejemplo; el atributo de tipo de sistema en un alcantarillado: Sanitario, pluvial, combinado o indeterminado. El cual, para la aplicación debe ser ingresado como: número 1 para el caso de sistema sanitario, número 2 para el caso de pluvial, 3 para combinado y 4 para indeterminado.

Con el formato definido en dicho documento, debe ser ingresada toda la información de pozos en la hoja denominada "LOCALIZACION POZOS" y la información de tramos debe ser ingresada en la hoja denominada "LOCALIZACION TRAMOS". Con la información incorporada en el formato establecido, y con el objetivo de exportar la información parametrizada en las hojas "ExportarPozos" y "ExportarTramos" el archivo debe ser guardado en formato delimitado por comas (.csv), para su correcta importación a la app. La importación se ejecuta al seleccionar la opción "IMPORTAR DATOS SECTOR RED", que se presenta en la Figura 20.

4.6.2. Carga sector red y carga sector red actual

Para la ejecución del trabajo de campo es conveniente tener cargada información base en el aplicativo; para ejecutar dicho cargue, en la aplicación se usan estas dos opciones que despliegan sub menús, según las dos alternativas planteadas y de acuerdo con las condiciones de los datos con que se cuente: En el caso de tener información en el almacenamiento interno del dispositivo móvil donde este instalada la aplicación en el formato parametrizado (.csv) de varios sectores o diferentes sistemas de alcantarillado. El menú “CARGA SECTOR RED” la aplicación pregunta cual sector se desea cargar y en el menú “CARGA SECTOR RED ACTUAL” carga el sector que actualmente está trabajando, pasando con estos menús a la visualización de la información haciendo uso de la plataforma nativa de Google maps, así como se presenta en la Figura 20.

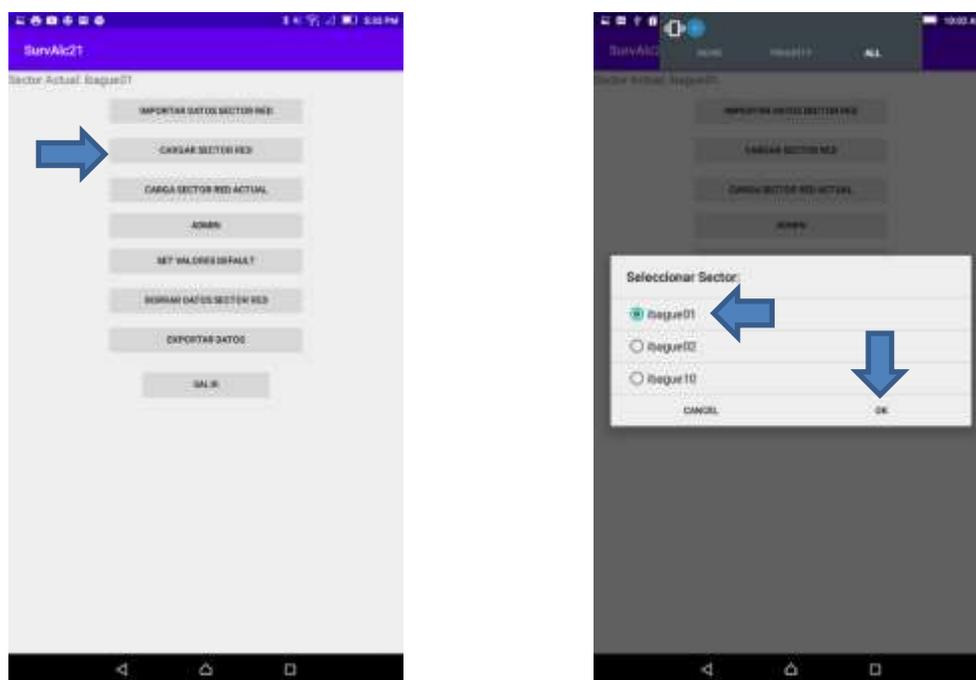


Figura 20. Cargar sectores en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6.3. Rangos para la numeración de elementos nodo

Para adelantar labores de catastro de redes, en situaciones en las que no se cuenta con información base para adelantar el trabajo, es conveniente hacer una serie de definiciones

iniciales, que permiten administrar las comisiones y darles información base para agilizar el trabajo. Para estos casos si en la aplicación no hay información cargada y se requiere empezar a usar el aplicativo en campo, con el menú “ADMIN”, se pueden asignar valores que deben ser asignados por el coordinador del trabajo de campo, debido a que sí hay varias comisiones de trabajo se pueden nombrar las estructuras de acuerdo a rangos, asociados con los sectores asignados a cada comisión, así por ejemplo, para la comisión 1, se pueden asignar del pozo 001 al pozo 100, para la comisión 2, se puede asignar del pozo 101 al pozo 200 y de la misma forma los sumideros, tramos, descargas y estructuras especiales, tal como se presenta en la Figura 21.

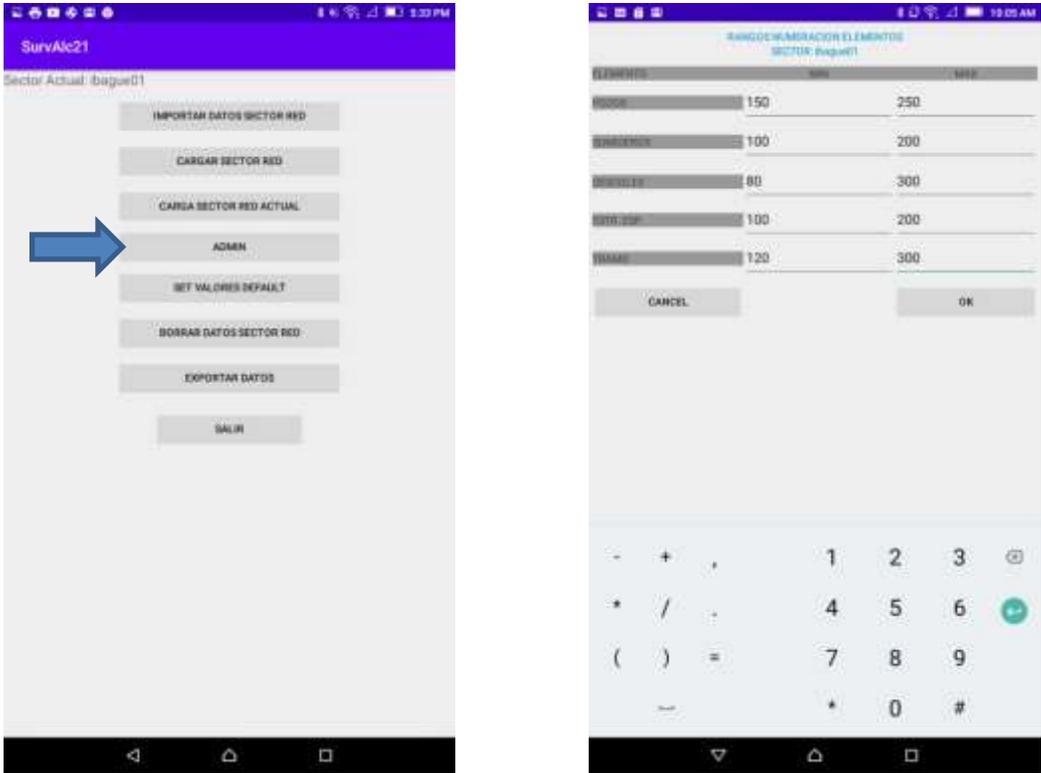


Figura 21. Asignar rango de valores en los identificadores en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se puede evidenciar, en el caso presentado, para los sumideros el grupo de trabajo podrá nombrar los sumideros desde el SSN000100 hasta el SSN000200, una vez llegue al 200 el programa no le permitirá crear más sumideros, y así para los demás elementos.

4.6.4. Atribuir valores por defecto

Con la opción “SET VALORES DEFAULT”, el coordinador de las comisiones asigna los valores por defecto que tendrán los elementos Nodos o Tramos creados con el programa, de acuerdo a las características observadas de los elementos del sistema que han sido determinadas en el trabajo previo. De esta forma se puede agilizar el trabajo de la comisión, la cual, al realizar su trabajo, solo tendrá que cambiar los datos que no coincidan con las definiciones dadas. Esta alternativa se presenta en la Figura 22.

Estos valores asignados quedan guardados en la memoria interna y según las características que se pueden conocer del sistema se puede asignar valores como el tipo de sistema: Sanitario, pluvial, combinado, o en cuanto a materiales predominantes de tuberías: PVC, Gres, Concreto; lo cual como ya se mencionó puede disminuir el tiempo de captura de la información.

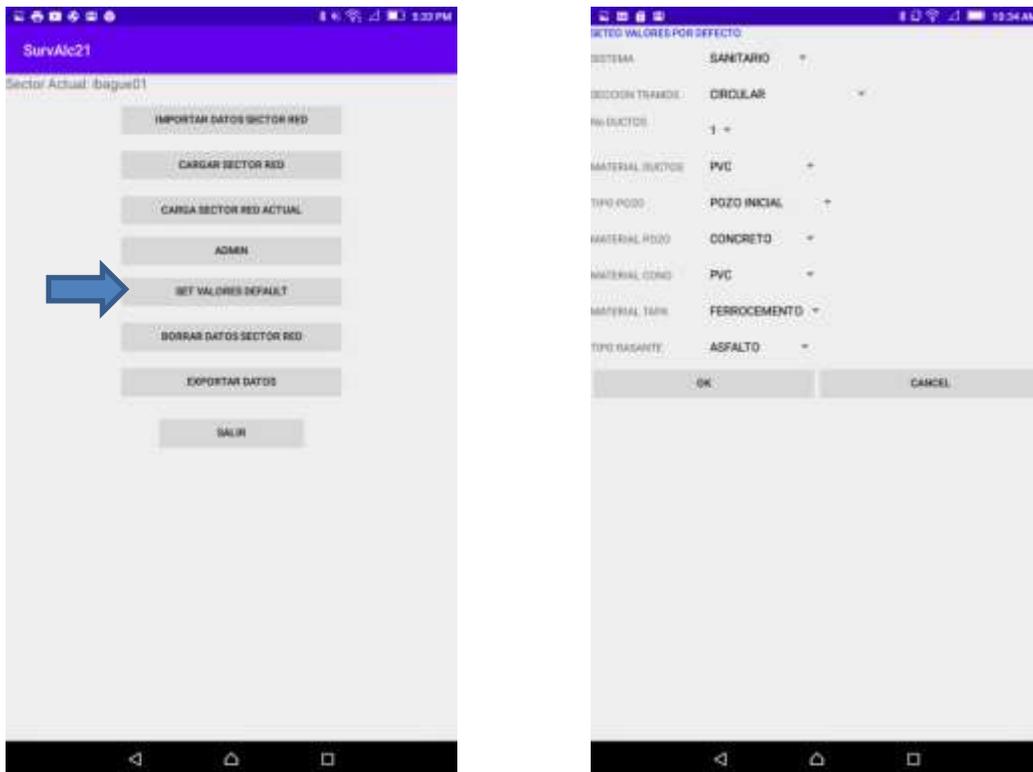


Figura 22. Asignar valores por defecto en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6.5. Comandos en ambiente Google Maps

Cuando el usuario toca una vez la pantalla de manera suave y rápida se despliega una serie de opciones dentro del ambiente Google maps, aparece el diálogo: “Seleccionar acción”, el cual presenta cuatro opciones de visualización estándar de Google maps y dos opciones importantes, una para dibujar elementos y una para borrar elementos de la red de alcantarillado. Cuando se toca la pantalla de manera prolongada aparece el diálogo salida, el diálogo tiene dos opciones: “SALIR” con esta opción el programa regresa al diálogo inicial de la aplicación en ambiente Android. “CANCELAR” se cancela la operación y regresa a Google maps, en la Figura 23 se presenta las dos opciones en el ambiente de Google maps, seleccionar acción, salir o cancelar.

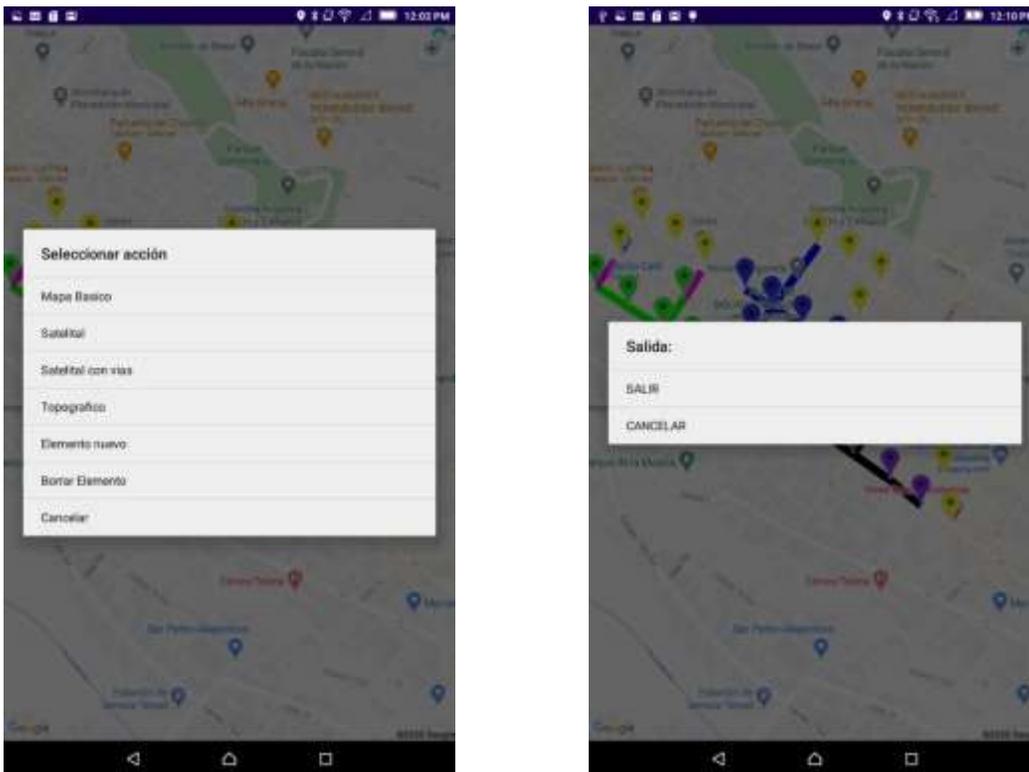


Figura 23. Comandos básicos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6.6. Manejo de la aplicación para el levantamiento del catastro

El manejo o interacción para incorporar la información observada en campo y asociarla con los elementos de la red virtual de alcantarillado mediante la aplicación, se realiza mediante las siguientes acciones:

- Consultar la información conexas a los elementos nodos y tramos de la red.
- Editar la información conexas de los elementos nodos y tramos, en el caso, donde se desee incorporar o editar información.
- Crear elementos nodos y tramos nuevos, caso de los elementos nodales nuevos localizados.
- Borrar elementos nodales o tramos, del dibujo y de la base de datos.
- Construir la topología de la red enlazando los nodos mediante tramos.

El manejo de estas opciones se describe en los siguientes apartados.

4.6.6.1. Levantamiento información de pozos

Para crear un elemento nodal, como un pozo, el usuario debe estar ubicado sobre el elemento por un tiempo de diez segundos. Luego debe hacer un toque corto en la pantalla, debe aparecer el diálogo "Seleccionar Acción", escoger "Elemento Nuevo", acto seguido aparecerá el diálogo "tipo elemento" allí seleccionar la opción "Pozo" y pulsar OK. Tal como se presenta en la Figura 24, en donde se describe la secuencia de acciones en la aplicación.

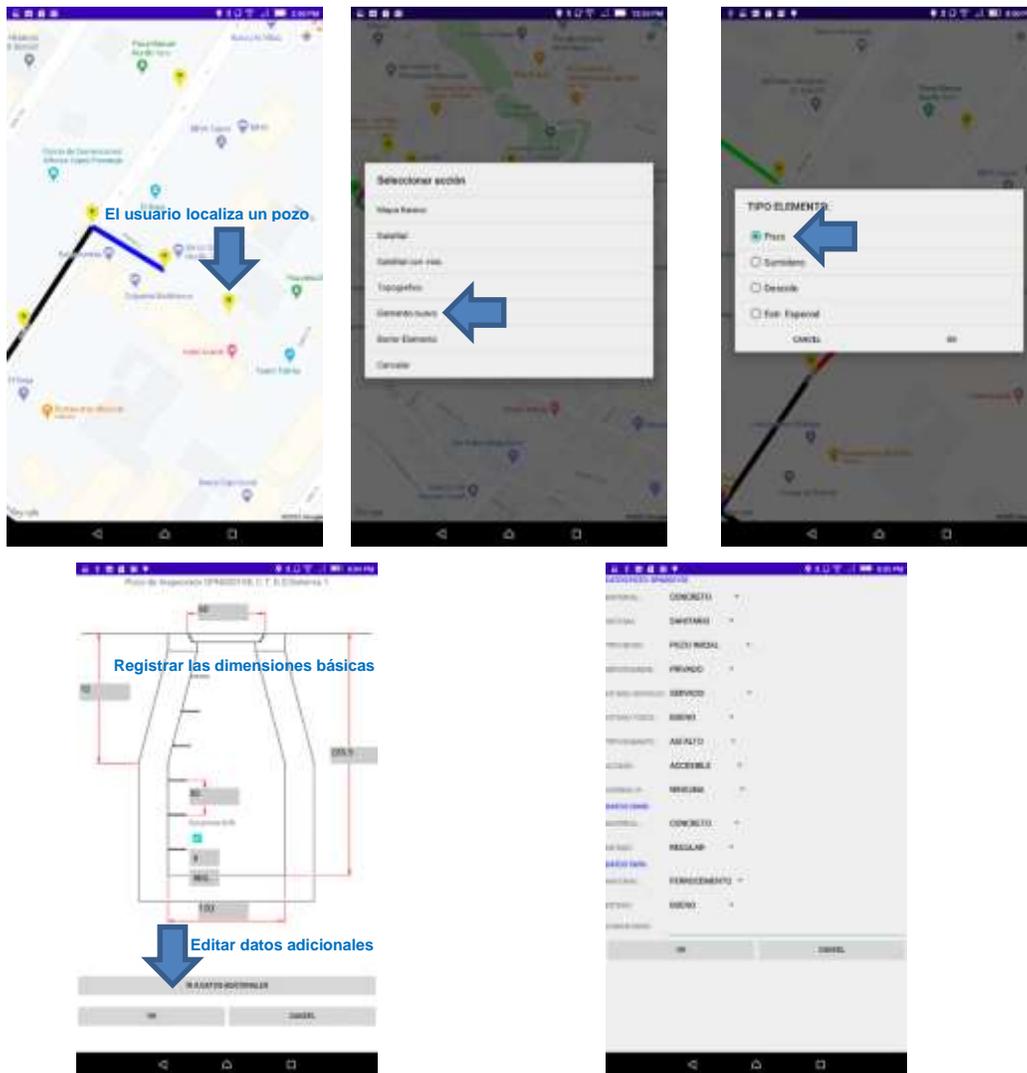


Figura 24. Interacción con pozos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para interactuar con la información de los elementos “Pozo” se debe acercarse a ellos y se deben tocar levemente, luego de esto aparece el cuadro de diálogo para seleccionar la acción a seguir, en el encabezado del diálogo aparece el tipo de elemento y el nombre, las opciones son: “VER/EDIT INTERNOS”, “AGREGAR BOCA” y “AGREGAR FOTO”

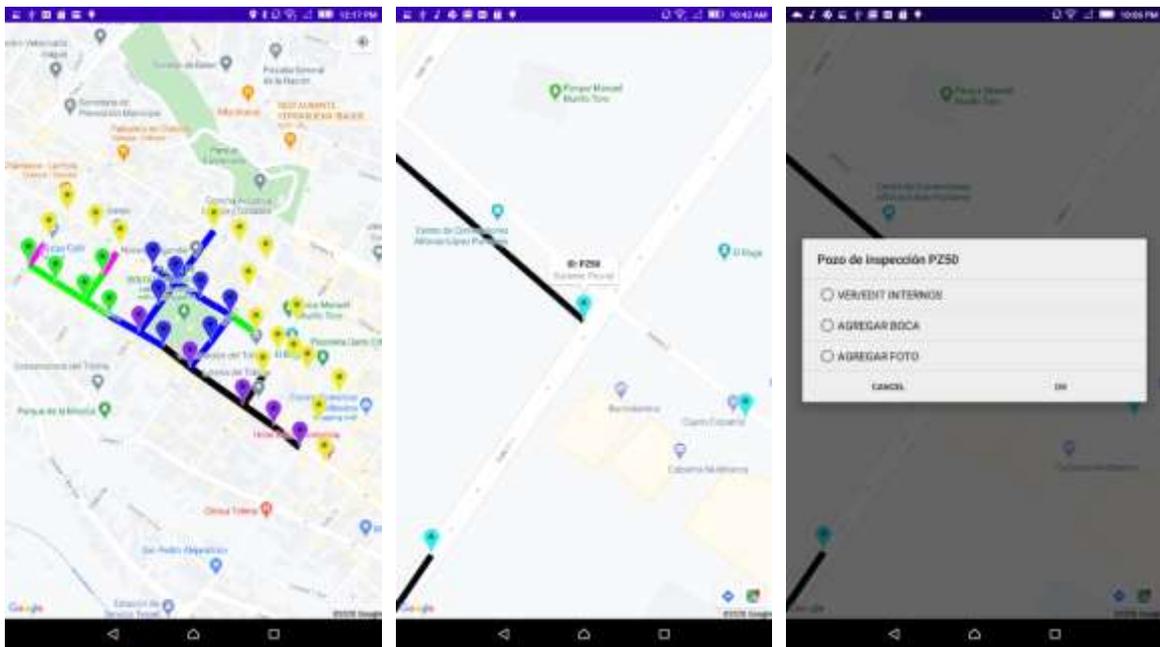


Figura 25. Interacción con pozos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Para agregar la información levantada de los elementos internos de un pozo se debe presionar la opción “VER/EDITAR INTERNOS”, acto seguido aparece el diálogo “Datos Internos Pozo”, en la parte superior aparece un texto con: el tipo de pozo, el nombre, la cota terreno y el sistema al que pertenece. En el diálogo se pueden digitar las dimensiones medidas en cm para: altura cono pozo, diámetro pozo, distancia entre rasante y fondo pozo, avance escalones, tal como se presenta en la Figura 26.

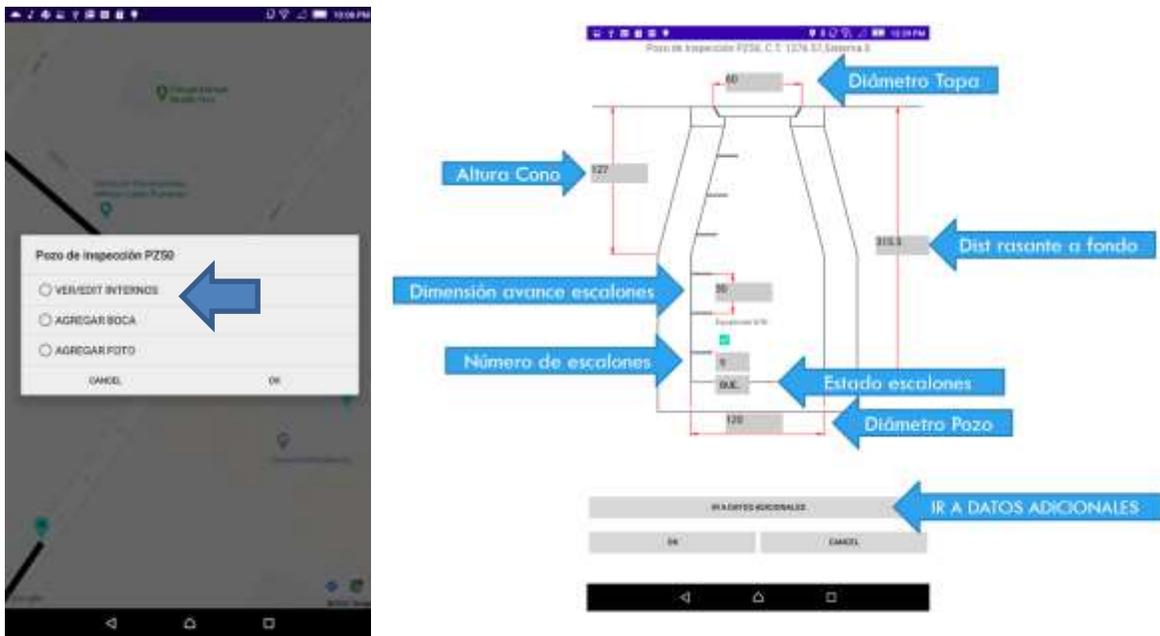


Figura 26. Características básicas en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para capturar la información o ingresar datos adicionales de la estructura del pozo, se debe pulsar en la opción de “Ir a datos adicionales”, en donde se deben registrar los materiales, estado físico y de servicio, tal como se presenta en la Figura 27.

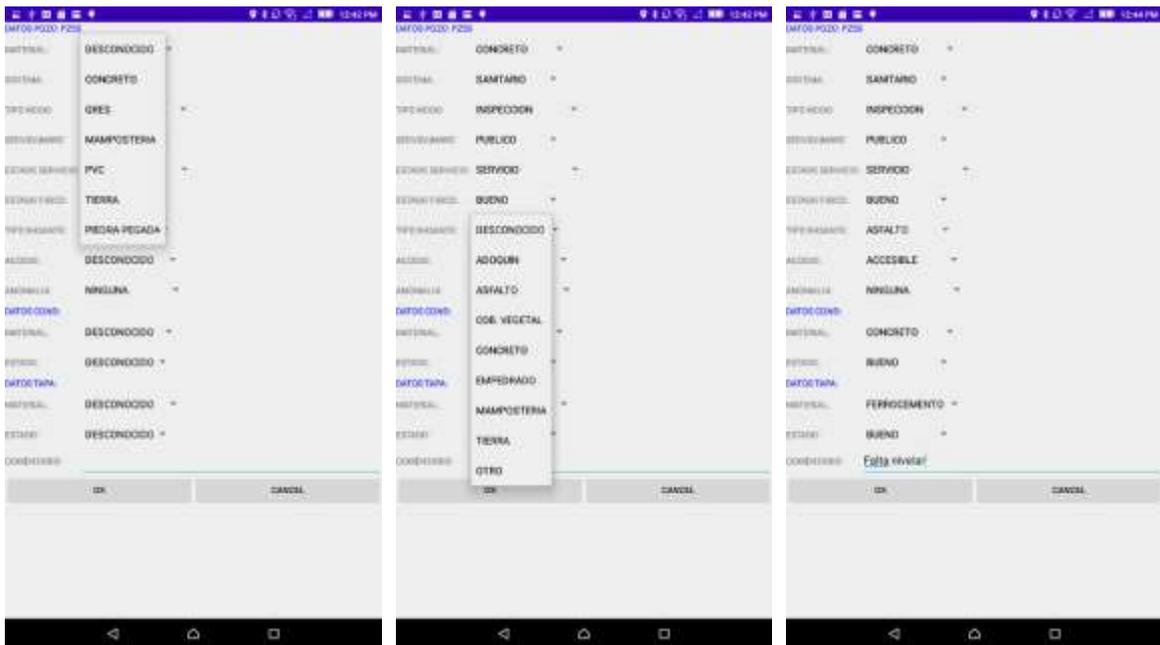


Figura 27. Datos adicionales del pozo en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6.6.2. Levantamiento información de tramos

- Con la ayuda de las capacidades gráficas del Google maps, la opción “AGREGAR TRAMO INPUT/OUTPUT” o “AGREGAR BOCA” cumple la función de configurar los tramos de la red de alcantarillado. Como se presenta en la Figura 28, para agregar la información levantada de un tramo asociado a un Pozo, la aplicación tiene tres opciones: Seleccionar un tramo disponible, seleccionar el pozo con que se conecta y crear un tramo disponible.

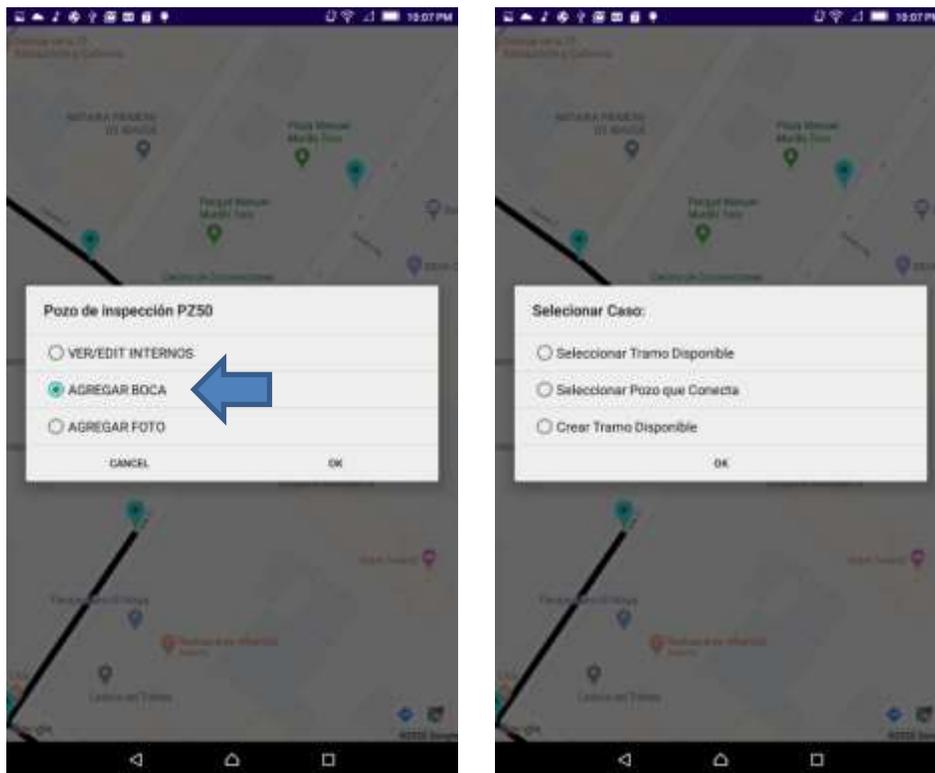


Figura 28. Datos adicionales del pozo en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

La opción de tramo disponible, tiene la función de confirmar que un pozo determinado se comunica con otro pozo, ya que, en el momento de realizar el catastro, por algunas circunstancias no se tiene la certeza de las conexiones existentes, y al dejar un tramo disponible quiere decir que llega o sale un tramo de un pozo, pero aún no se conoce el pozo al que se comunica.

En la Figura 29, se presenta un ejemplo de tramo disponible, en donde se plantea una situación en donde se está en el levantamiento del pozo Pz20 y se observa una salida hacia el noroeste pero no se sabe en ese momento el pozo final del tramo que puede comunicar al pozo Pz50 o al pozo Pz51, entonces es necesario usar un “tramo disponible”, el cual quiere decir que un tramo con ciertas características (profundidad, material y diámetro) sale del pozo Pz20 pero aún no se conoce el pozo final del tramo. Y en el momento de levantar el pozo Pz50 se confirma que el tramo es Pz20 al Pz50, y pasa de una configuración de disponible a conocido.

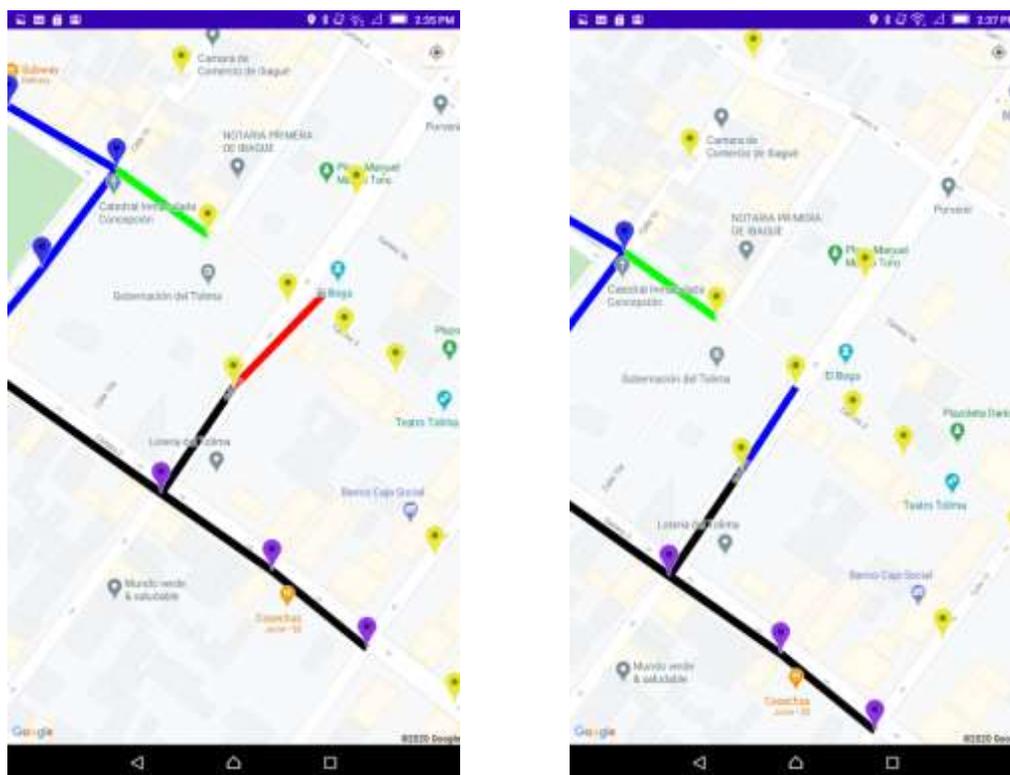


Figura 29. Ejemplo tramo disponible SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Anexo 4 – manual de la aplicación, se presentan las instrucciones acerca del manejo de los tramos disponibles y conocidos, en donde se especifican todos los pasos para realizar la configuración de los tramos de la red de un alcantarillado.

También es posible configurar los tramos de una forma directa, con la opción de “seleccionar pozo que conecta” en donde aparece una pantalla ubicando en un diagrama sencillo la ubicación de las conexiones existentes en el pozo y brinda la opción

de editar la información del conducto, así como aparece en la Figura 30, en donde se presentan las pantallas principales para configurar los tramos de la red de alcantarillado.

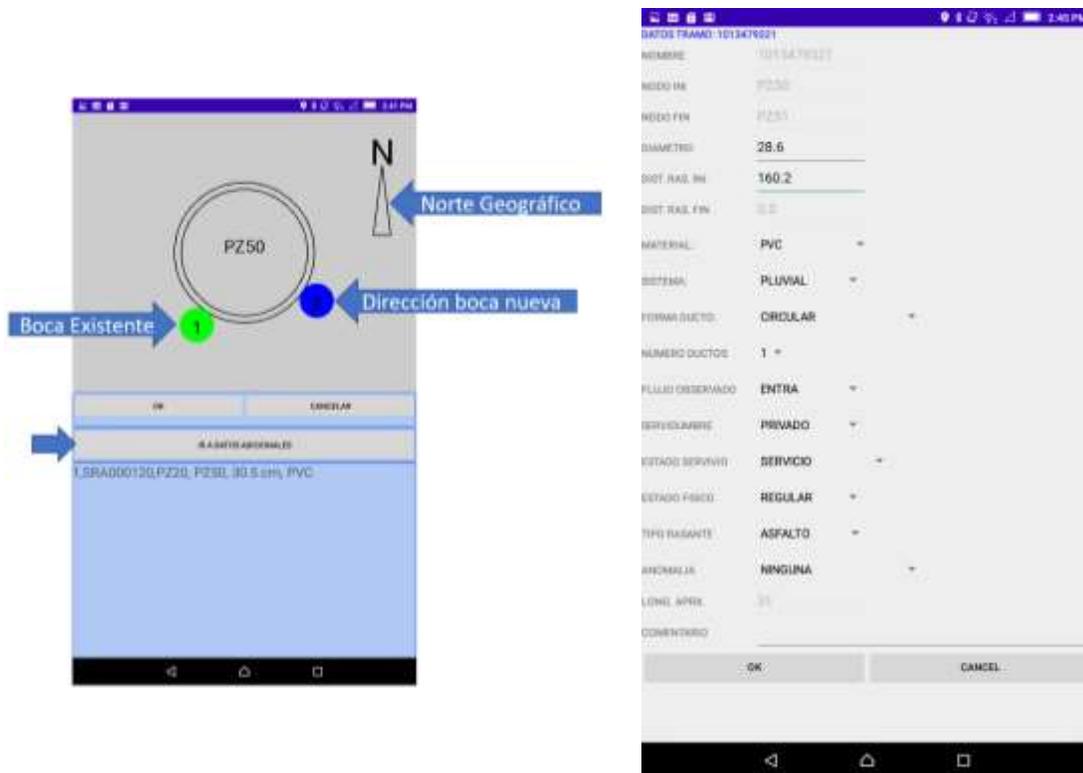


Figura 30. Edición de los tramos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

- La opción de “AGREGAR FOTO” se construyó con el objetivo de capturas varias fotografías, una panorámica para referenciar la tapa de acceso de la estructura y varias fotografías para capturar algunos detalles. Y una cualidad de la aplicación registra cada foto indicando el elemento en el cual se tomaron las fotografías, pozo, sumidero, cámara de alivio o descarga. Realizando una compilación de fotos utilizando el ID del elemento, dentro del nombre del archivo de cada foto.

4.6.7. Simbología y estructura de datos

La simbología que fue configurada para los elementos nodales y tramos, se compone de figuras y un código de colores, los cuales facilitarán la identificación gráfica de los elementos que componen la red de alcantarillado.

Simbología de los elementos nodales



Convenciones de nodos y tramos

Color	Sistema	Condición
	Sanitario	---
	Pluvial	---
	Combinado	---
	Desconocido	---
	---	Disponible con dirección
	---	Disponible con nodo final

Figura 31. Edición de los tramos en SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6.8. Ventajas y desventajas de la aplicación

Esta aplicación fue construida con el objetivo de servir como herramienta para el alistamiento de trabajos de campo y para el levantamiento de los componentes de una red de alcantarillado. Esto como un ejemplo de un desarrollo de herramienta computacional para una actividad de captura de información y procesamiento de la información.

A continuación, se presentan algunas ventajas y desventajas de la aplicación con base en el funcionamiento y en las limitaciones que por el tiempo de desarrollo se tuvieron que aceptar.

- Conexión a internet: Debido a que la aplicación requiere conexión a internet para que la plataforma de Google maps funcione con la ubicación en tiempo real del usuario, esto se convierte en una desventaja si en el lugar donde se realizará el levantamiento de la información no cuenta con una red de conexión estable. Sin embargo, el funcionamiento para el registro de la información de pozos y tramos pueden ser ejecutado con la ayuda de la aplicación, con el objetivo de que esta actividad no se realice de forma manual y podrá posteriormente ser localizado geográficamente al asociarlo con el levantamiento topográfico.
- Cuando el usuario se ha familiarizado con la aplicación, el tiempo de captura y procesamiento de la información es mucho menor, y se convertirá en una gran oportunidad para que no existirán registros manuales y no se requerirá tiempo para organizar el registro fotográfico, asociado a cada elemento de la red.
- Sí existe información de la red de alcantarillado a estudiar, la información puede ser cargada en la aplicación y puede ser de gran ayuda para la comisión de topografía o como información base para la comisión de inspección.

- Con base en la información exportada en la aplicación se puede conformar la topología en programas como Sewer Gems o EPA SWMM para la conformar el modelo de diagnóstico del sistema de alcantarillado existente.
- Sí el trabajo de campo se realiza con varias comisiones topográficas o comisiones de inspección, la aplicación permite configurar varios sectores, para que cada dispositivo móvil, tenga solo la información que cada equipo requiere levantar.
- Es importante mencionar que la herramienta desarrollada como el proceso de levantamiento tradicional, está sometido a la posibilidad de cometer errores en el registro o captura de la información, sin embargo, la aplicación gracias a la configuración de valores por defecto disminuye un poco la probabilidad de ocurrencia de estos errores de digitación.

4.7. Formato de reporte de inspección del alcantarillado

Las diferentes empresas prestadoras de servicios públicos de alcantarillado manejan formatos para incorporar la información de sus activos en sus sistemas de información geográfica, los cuales fueron consultados durante el desarrollo del presente trabajo de grado. Para la entrega de la información es entonces necesario establecer formatos genéricos que fácilmente puedan ser adaptados a los requerimientos de las diferentes entidades. Tomando como base la información recopilada, en el Anexo 2 – Formato de inspección, se encuentra el formato diseñado para realizar la presentación al cliente de la información levantada con la ayuda de la aplicación. Este fue construido para recibir dos archivos tipo (CSV) que son reportes de pozos y tramos que son exportados por la aplicación. Este formato fue diseñado en la plataforma de Excel, como una segunda herramienta computacional, la cual llena en un formato la información capturada con la aplicación, en el cual visualiza cuatro fotografías de las estructuras levantadas.

En este formato se pegan los dos reportes exportados, el reporte “node.csv” se debe copiar y pegar en el rango de celdas (A03:AM##) de la hoja denominada “BASE POZOS” en donde se localizan automáticamente las columnas correspondientes. Y del mismo modo el archivo “link.csv” se debe copiar y pegar en el rango de las celdas (C3:Z##) de la hoja denominada “BASE TRAMOS” con lo cual se procederá a manipular la hoja “FORMATO POZOS”, en donde se encuentran tres botones asignados a tres funciones:

- Cargar fotos: Cuando se elija un elemento con la selección del ID (Celda C9) sí el usuario requiere ver el registro fotográfico de la estructura seleccionada se cargan o actualizan cuatro fotografías, que son pensadas para una panorámica, una fotografía de detalle 1, detalle 2 y detalle 3.
- Exportar ficha actual PDF: Cuando se presione este botón se generará un archivo PDF con el nombre del ID seleccionado (Celda C9). Esta ficha quedará guardada en la carpeta PDF, en la ruta donde se encuentre el archivo.
- Exportar todas las fichas PDF: Cuando se presione este botón se generarán tantos archivos PDF como tantos identificadores haya en la base de datos con fotografías, en un archivo individual por cada ID.

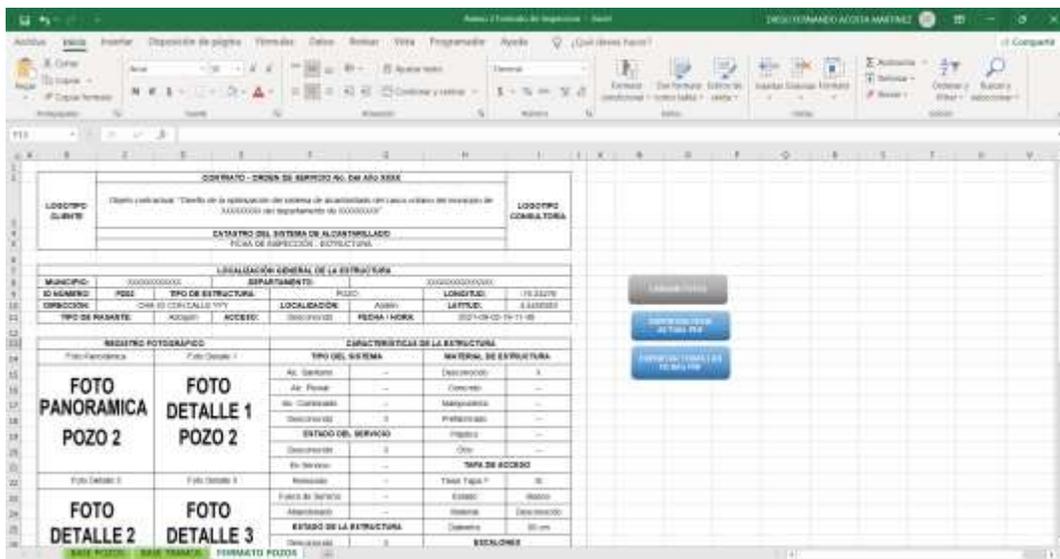


Figura 32. Esquema del formato de inspección. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Este formato fue diseñado pensando en tener como principal fortaleza interactuar con los reportes exportados desde el aplicativo y generar a partir de ellos los reportes al cliente externo e interno. Las funciones asignadas a la aplicación desarrollada con las funciones de Visual Basic para Excel son las siguientes: Organizar el registro fotográfico, disminuir el tiempo en la transcripción y alistamiento de la información, con lo cual se proyecta una manera ágil de obtener los dos productos más importantes del catastro de un sistema de alcantarillado, las fichas de inspección y una base completa de nodos y tramos. Estas salidas pueden ser manipuladas para que, en una fase posterior de desarrollo, se tomen los datos productos del catastro y sean capturadas por aplicaciones como Sewer Gems o

SWMM, utilizadas para modelar sistemas de alcantarillado, o sean modificadas para construir bases de datos geográficas para la alimentación de sistemas de información geográfica. Estas aplicaciones pueden ser adelantadas en el desarrollo de otros trabajos de grado.

Capítulo 5 Pruebas realizadas y resultados obtenidos

Luego de haber planteado la metodología para el buen desarrollo de los catastros de redes de alcantarillado y haber definido las características de la aplicación para apoyar las labores de captura de la información levantada en campo por las comisiones de inspección y topografía, así como de la herramienta para reportar la información levantada, es ahora necesario establecer su funcionalidad, bondades y/o falencias. Para este propósito se planteó la ejecución de pruebas, las cuales se presentan en este capítulo.

Tras el desarrollo y la puesta en marcha de la aplicación se realizó una prueba de escritorio para comprobar el tiempo en la captura y el tiempo en el procesamiento de la información realizando la actividad de registro de la información primero de forma tradicional y posteriormente una prueba de campo para determinar el tiempo en el cual se optimiza la actividad de captura y procesamiento de la información utilizando la aplicación desarrollada.

5.1. Prueba de escritorio

Se realizó una prueba de escritorio con tres pozos de inspección previamente configurados para hacer el ejercicio como si fueran tres estructuras a levantar en campo. Para este fin se realizó una medición del tiempo empleado en dos actividades básicas: La primera es la captura de la información y la segunda es el procesamiento de la información.

5.1.1. Preparación de la prueba de escritorio

Para la realización de la prueba de escritorio, se seleccionó un pequeño sistema de cuatro estructuras y una descarga, como la que se presenta en la Figura 33, comenzando con una estructura inicial denominada "PZ01" y terminando en una descarga "DESC01", para la prueba con este sistema se toma el tiempo que se consume en el registro manual de las dimensiones y características de la red seleccionada para la prueba y también el tiempo que se necesita para el procesamiento de la información en oficina; con el objetivo de conocer la diferencia en el tiempo que se necesita para realizar estas dos actividades de forma tradicional y con el usos de la aplicación.

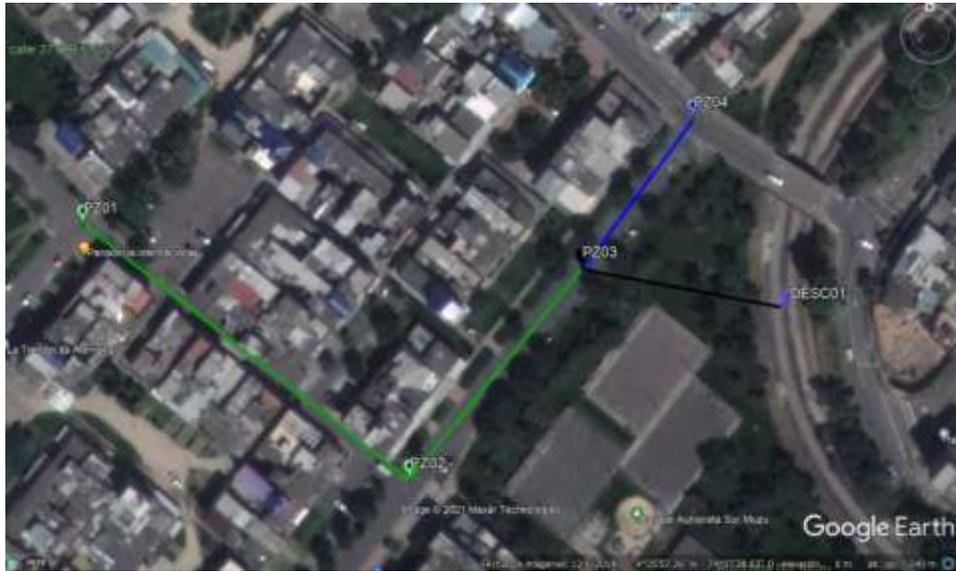


Figura 33. Esquema para prueba de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 10, se presentan las características de los cuatro pozos de inspección y la descarga, que se conformaron para realizar la prueba, en donde se presentan la ubicación geográfica de la estructura de nodo y el tipo de sistema y estructura. Además, en la Figura 34 se presentan las características y dimensiones de dichas estructuras del sistema de prueba, listadas utilizando el modelo de reporte establecido en este trabajo.

Tabla 10 Red construida para la prueba de escritorio

ID	Latitud	Longitud	Sistema	Tipo de estructura
PZ01	4.599389°	-74.128435°	Sanitario	Pozo sanitario
PZ02	4.598734°	-74.127580°	Sanitario	Pozo sanitario
PZ03	4.599274°	-74.127135°	Combinado	Pozo sanitario
PZ04	4.599669°	-74.126839°	Pluvial	Pozo pluvial
DESC01	4.599169°	-74.126622°	Combinado	Descarga

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONTRATO: SERVIDIO DE SERVICIO No. 04 Año 2021		LOGOTIPO CLIENTE		LOGOTIPO OPERADORA			
<p>Objeto contractual: "Servicio de la optimización del sistema de administración de operaciones del municipio de BARRANCOLOMBIA del departamento de CUNDINAMARCA"</p> <p>CATEGORÍA DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Módulo de inspección ESTRUCTURAL</p>							
LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA							
MUNICIPIO	BOGOTÁ	DEPARTAMENTO	COLOMBIA	CÓDIGO DE MUNICIPIO	FECHA		
DIRECCIÓN	VIA	TIPO DE ESTRUCTURA	POSO	LARGITUD	ANCHURAS		
Carrera 17 con Calle 17 Sur		Almacén	Vía de penetración	4,70211	4,70211		
TIPO DE REGISTRO		Acceso	Acceso	FECHA (AÑO)	2021-10-27 14:18		
RESUMEN FOTOGRÁFICO							
Foto Panorámica	Foto Detalle 1	TIPO DEL SISTEMA	MATERIAL DE ESTRUCTURA				
		No. Barridos	0				
		No. Placas	0				
		No. Contrapesos	0				
		No. Contrapesos	0				
		Detonantes	0				
ESTADO DEL SERVIDIO							
Detonante		No					
En Servicio		0					
TIPO DE ACCESO							
Acceso		Tipo Tipo 1					
Punto de Servicio		Estado					
Acceso		No					
ESTADO DE LA ESTRUCTURA							
Detonante		0					
Estado		Tipo Estado 1					
Placa		No. Placas					
Módulo		Det. Dpto. Estado					
DIMENSIONES BÁSICAS DE LA ESTRUCTURA							
Dimensiones	Volumen	Estado	ESTRUCTURA CADA O SERVIDIO				
Profundidad	0,20	m	Placa	Tipo Est. Estado			
Tamaño Canal	0	m	Placa	Tipo Almacén			
Estado Canal	Abierto	Región	Abierto	Placa			
MATERIAL DEL CARGO		Detonante					
COMENTARIOS - OBSERVACIONES							
La estructura se encuentra en buen estado y no se encuentra ninguna anomalía							
CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS							
TIPO	Estado actual	Elemento en	Módulo	Prof. Tipo Estado 1	Prof. Tipo Estado 2	Estado del Servicio	Notas
PDA/PDA	Detalle	0,20	PDC	1,7	1,8	En Servicio	Detalle
PDA/PDA	Detalle	0,20	Detalle	1,8	1,8	En Servicio	Detalle

CONTRATO: SERVIDIO DE SERVICIO No. 04 Año 2021		LOGOTIPO CLIENTE		LOGOTIPO OPERADORA			
<p>Objeto contractual: "Servicio de la optimización del sistema de administración de operaciones del municipio de BARRANCOLOMBIA del departamento de CUNDINAMARCA"</p> <p>CATEGORÍA DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Módulo de inspección ESTRUCTURAL</p>							
LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA							
MUNICIPIO	BOGOTÁ	DEPARTAMENTO	COLOMBIA	CÓDIGO DE MUNICIPIO	FECHA		
DIRECCIÓN	VIA	TIPO DE ESTRUCTURA	POSO	LARGITUD	ANCHURAS		
Carrera 17 con Calle 17 Sur		Almacén	Vía de penetración	4,70211	4,70211		
TIPO DE REGISTRO		Acceso	Acceso	FECHA (AÑO)	2021-10-27 14:18		
RESUMEN FOTOGRÁFICO							
Foto Panorámica	Foto Detalle 1	TIPO DEL SISTEMA	MATERIAL DE ESTRUCTURA				
		No. Barridos	0				
		No. Placas	0				
		No. Contrapesos	0				
		Detonantes	0				
ESTADO DEL SERVIDIO							
Detonante		No					
En Servicio		0					
TIPO DE ACCESO							
Acceso		Tipo Tipo 1					
Punto de Servicio		Estado					
Acceso		No					
ESTADO DE LA ESTRUCTURA							
Detonante		0					
Estado		Tipo Estado 1					
Placa		No. Placas					
Módulo		Det. Dpto. Estado					
DIMENSIONES BÁSICAS DE LA ESTRUCTURA							
Dimensiones	Volumen	Estado	ESTRUCTURA CADA O SERVIDIO				
Profundidad	0,20	m	Placa	Tipo Est. Estado			
Tamaño Canal	0	m	Placa	Tipo Almacén			
Estado Canal	Abierto	Región	Abierto	Placa			
MATERIAL DEL CARGO		Detonante					
COMENTARIOS - OBSERVACIONES							
La estructura se encuentra en buen estado y no se encuentra ninguna anomalía							
CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS							
TIPO	Estado actual	Elemento en	Módulo	Prof. Tipo Estado 1	Prof. Tipo Estado 2	Estado del Servicio	Notas
PDA/PDA	Detalle	0,20	PDC	1,8	1,8	En Servicio	Detalle
PDA/PDA	Detalle	0,20	Detalle	1,8	1,8	En Servicio	Detalle

Figura 34. Estructuras configuradas para hacer la prueba de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.1.2. Resultados de la prueba

La prueba se realizó con la ejecución del trabajo de catastro del sector de red seleccionado y siguiendo los pasos indicados en la metodología planteada. Se procedió a realizar un video y se toma el tiempo cronometrando el tiempo que se requiere para el registro manual de la información y capturando la información en la aplicación. Los resultados obtenidos son mostrados en la Tabla 11. El video y las restantes evidencias de la prueba se han incluido en el Anexo 5 – Prueba de escritorio, en donde el lector encuentra el registro de la información de los dos procedimientos adelantados: manual y con la aplicación.

Tabla 11 Resultados en la captura de la información

ID	Tiempo gastado de forma manual	Tiempo gastado con el manejo de la Aplicación *
PZ01	3:14	2:48
PZ02	3:12	2:25
PZ03	3:49	3:29
PZ04	2:49	2:29
Promedio	3:16	2:47

** Tiempo medido en minutos y segundos (mm:ss)*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Posteriormente, se realizó la transcripción manual de la información de un pozo levantado de forma tradicional, esta actividad se incluye también en el Anexo 5 – Prueba de escritorio, en donde se encuentra la evidencia del tiempo gastado en tres actividades, la primera es la transcripción manual de un pozo utilizando Excel, la segunda es exportar la información de la aplicación a un usuario y la última, organizar la información en el formato diseñado para tal fin. Los resultados obtenidos son presentados en la Tabla 12.

Tabla 12 Resultados en la captura de la información

Tiempo gastado en la transcripción manual de la información de un pozo	Tiempo gastado en exportar la información de la aplicación	Tiempo gastado en organizar la información extraída en el formato diseñado
3:00	0:41	1:04

** Tiempo medido en minutos y segundos (mm:ss)*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2. Prueba de campo

Se realizó una prueba en campo con seis pozos de inspección seleccionados pertenecientes a la red de alcantarillado de la ciudad de Ibagué, lugar donde se desarrollaron todas las pruebas de campo en el desarrollo de la aplicación. La prueba consistió en realizar la inspección de tres pozos mediante el formato de forma manual y posteriormente realizar la inspección de tres pozos mediante el uso de la aplicación. Con el objetivo de medir el tiempo gastado en estos dos procesos.

Esto con el fin de comparar los resultados de la prueba de escritorio y la prueba en campo para conocer los tiempos en la inspección real de un pozo de inspección, contando la acción de transcribir la información y la acción de inspeccionar como tal.

5.2.1. Preparación de la prueba de campo

Para la realización de la prueba de campo se seleccionaron seis pozos, los cuales se presentan en la Figura 35, que se encuentran frente al conjunto residencial Malaca cuya dirección es diagonal 83 # 10 - 95, ubicado al este del barrio Rincón Pedregal II en la ciudad de Ibagué.



Figura 35. Esquema para prueba de campo de SurvAlc21. Fuente: Elaboración propia, 2021.

La prueba en campo consistió en realizar la inspección de tres pozos mediante el uso de la aplicación y otros tres pozos mediante el uso de un formato en físico. Para este propósito se preparó el personal para la inspección y se les dotó con algunas herramientas como un GPS de mano, una Tablet Lenovo TAB M7, un flexómetro y una barra. Para adelantar el procedimiento con el uso de la app, se instruyó al personal en el manejo de esta. A continuación, en la Tabla 13 se presentan las características de los seis pozos de inspección que se seleccionaron para realizar la prueba, en dicha tabla se presentan las características generales y la localización de las estructuras.

Tabla 13 Red construida para la prueba de campo

ID	Latitud	Longitud	Sistema	Tipo de estructura
SPN000001	4.444572°	-75.183760°	Pluvial	Pozo
SPN000002	4.444340°	-75.183870°	Pluvial	Pozo
SPN000003	4.444235°	-75.183910°	Pluvial	Pozo
SPN20003	4.445361°	-75.183665°	Pluvial	Pozo
SPN20001	4.445256°	-75.183541°	Pluvial	Pozo
SPN20000	4.445102°	-75.183521°	Pluvial	Pozo

Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2.2. Resultados de la prueba

Con los pozos seleccionados y el equipo de trabajo dotado e instruido se procedió a realizar la prueba de campo, ejecutando la labor de inspección de las estructuras del sector de alcantarillado. Para obtener la evidencia necesaria para este trabajo de grado se procedió a grabar en videos las labores del personal, y además, para registrar el tiempo gastado para esta actividad con el uso de la aplicación y mediante el registro manual de la información en formatos. Los tiempos obtenidos se presentan en la Tabla 14. La información obtenida y las evidencias del trabajo realizado se incluyen en el Anexo 6 – Prueba de campo, en donde se encuentra el registro de la información, incluyendo el registro fotográfico, formatos diligenciados y escaneados.

Tabla 14 Resultados en la captura de la información en la prueba de campo

ID	Tiempo gastado de forma manual	Tiempo gastado con el manejo de la Aplicación *
SPN000001	-	04:49.146
SPN000002	-	04:45.214
SPN000003	-	04:40.863
SPN20000	04:27.526	-
SPN20001	04:07.458	-
SPN20003	03:41.000	-
Promedio	04:05	04:45

* Tiempo medido en minutos y segundos (mm:ss")

Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.3. Análisis de los resultados

Las pruebas que se realizaron se planearon para comprobar la diferencia en el tiempo invertido en la captura de la información con la aplicación desarrollada y el tiempo transcurrido para la captura de forma manual en plantillas predefinidas, con el objetivo de tener a través de esos tiempos reales de las inspecciones realizadas en los pozos de inspección seleccionados, un indicador de la optimización buscada. Como resultado de la prueba realizada de escritorio se determinó que la captura mediante la aplicación tarda en promedio 2 minutos con 47 segundos, como se presenta en la Tabla 11. En la prueba realizada en campo, esta actividad tarda en promedio 4 minutos con 45 segundos. Como resultado de la prueba realizada de escritorio se determinó que la captura de la información de forma manual tarda en promedio 3 minutos con 16 segundos y en la prueba realizada en campo, esta actividad tarda 4 minutos con 45 segundos.

Con referencia a la medición realizada de la transcripción manual de un pozo de inspección y exportar la información levantada mediante la aplicación, en donde se evidencia, que el transcribir de forma manual la información de un pozo tarda 3 minutos y exportar la información desde la aplicación, generando los registros dentro del formato diseñado para el cliente tomó 1 minuto con 45 segundos. Teniendo en consideración que la actividad para exportar la información desde la aplicación no tiene limitación en el número de pozos y tramos incluidos, se exporta en el mismo tiempo gastado en esta prueba.

Se debe resaltar que el personal que realizó la prueba está muy familiarizado con el trabajo de forma manual, mientras que hasta ahora inicial el proceso de trabajo con la aplicación, iniciando su curva de aprendizaje, por lo que se espera que con el tiempo desarrollen más destreza y los tiempos de captura de información con el aplicativo se reduzcan y aunque en la prueba de campo realizada el tiempo en promedio es mayor, el tiempo con el aplicativo no es mucho mayor y es probable que en corto tiempo se tengan tiempos por lo menos iguales a los del uso del formato escrito.

En consideración de lo anterior, se puede decir que la herramienta computacional trae una gran ventaja en términos de tiempo requerido para la transcripción de la información, debido a que la actividad a que no hay mucha diferencia en el tiempo de captura de la información.

Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones

En el desarrollo del presente trabajo de grado, se recopiló la información existente acerca de los requerimientos técnicos y normativos vigentes acerca del catastro de la red de alcantarillado, se tuvieron en consideración experiencias de empresas y profesionales de la ingeniería del sector de la ingeniería de consulta, con base en la información recopilada se estableció una metodología para realizar el catastro de sistemas de alcantarillado, contemplando actividades y recomendaciones para realizar las mismas.

Gracias a la recopilación de los requerimientos técnicos y normativos en referencia al levantamiento de catastro de una red de alcantarillado, se obtuvieron dos tablas, una tabla que indican en donde se resumen los atributos que se deben reconocer en el trabajo de campo en los nodos (pozos de inspección, estructuras de alivio, cámaras de caída o sumideros) y una tabla con los atributos para los tramos (conductos o tuberías); con las cuales se responden a todos los requerimientos a nivel nacional acerca de la inspección de los componentes de una red de alcantarillado.

La mayoría de las empresas consultoras de ingeniería y los profesionales que fueron encuestados, mencionaron que tuvieron reprocesos y sobrecostos en las actividades relacionadas con el levantamiento de la información en campo y también, mencionan que el tiempo para el procesamiento de la información es considerable. Y en la mayoría de los casos, las consultoras no cuentan con herramientas de apoyo para el desarrollo de los trabajos.

Con base en la compilación de los requerimientos se desarrolló un aplicativo para apoyar las labores en terreno de las comisiones de inspección, de forma tal que se capture la información completa y necesaria para conocer de forma detallada los activos que componen los sistemas de alcantarillado.

Además, se desarrolló una aplicación en Visual Basic para Excel para ordenar y reportar la información levantada en campo y poder a través de dicha herramienta, actualizar la base de datos a los consultores y operadores para realizar el estudio de ampliación y/o rehabilitación de dichos sistemas.

En el presente documento se generó una metodología para planificar y ejecutar todas las actividades en un levantamiento de catastro de un sistema de alcantarillado, en el desarrollo de la misma, se realizó el diseño de dos herramientas computacionales y se presentaron las ventajas y desventajas del uso de cada una de las herramientas. Se resalta que el uso de las herramientas desarrolladas puede disminuir drásticamente el tiempo que se requiere para alguna de las actividades en el levantamiento del catastro de alcantarillado, que actualmente son fuente de reprocesos y sobrecostos.

De esta forma se cumplió con el objetivo propuesto de diseñar una metodología para realizar el catastro de sistemas de alcantarillado con el apoyo de herramientas computacionales desarrolladas para este propósito, que permita la optimización de los procesos y garanticen una buena calidad de los resultados y una optimización en los recursos utilizados.

A lo largo del presente documento se han brindado algunas recomendaciones, acerca del levantamiento de catastro de alcantarillado, desde acciones procedimentales, del trabajo en campo como las del marcaje de los componentes del sistema, la forma adecuada de tomar el registro fotográfico. Además, se resaltan las ventajas de conformar un sistema de información geográfico del sistema objeto del estudio, desarrollado a partir de la base de datos relacionada que se obtiene de los reportes de la app desarrollada.

En cada una de las actividades que se contemplan en la metodología del levantamiento del catastro de alcantarillado, se dan consejos y pasos para evitar que ocurran reprocesos en el desarrollo normal de un levantamiento de alcantarillado, brindando con esto una herramienta para realizar trabajo eficaz y eficiente.

Referencias Bibliográficas

- Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá. EAAB ESP. Compendio de normas y especificaciones técnicas – SISTEC.
<https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf>
- EPM. (2013). Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto y alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín – EPM E.S.P. 246.
https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/NormasDisenoSistemasAcueducto.pdf
- EMCALI. EICE ESP. Normas técnicas de acueducto y alcantarillado. 2021.
<https://www.emcali.com.co/web/acueducto/normas-2011>
- Iniciativa presidencial Urna de Cristal. Te contamos cuánto invierte el Gobierno en acueducto y alcantarillado. (2018). <https://www.urnadecristal.gov.co/gestion-gobierno/te-contamos-cu-nto-invierte-gobierno-en-acueducto-y-alcantarillado>
- López, R. C. (2003). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUADUCTOS Y ALCANTARILLADOS (E. C. de Ingeniería (ed.); Segunda ed).
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS.
- Muñoz, C., & Rueda, A. (2017). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA ELABORAR CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO [Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5407/1/MuñozMartosCristianLibardo2017.pdf>
- Presidencia de la República. Compromiso por Colombia.
<https://compromisoporcolombia.gov.co/>

Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 1 Definición de Atributos y dominios (Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 2 Formatos de Inspección (Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 3 Lecciones aprendidas (Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 4 Manual de la aplicación (Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 5 Prueba de escritorio (Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022



Maestría en Ingeniería Civil

Metodología y herramientas de apoyo para adelantar actividades de catastro de sistemas de alcantarillado

Anexo 6 Prueba de campo

(Medio digital)

Bogotá, D.C., 02 de febrero de 2022

