Actualización del Catastro de Redes de Servicios de Acueducto y Alcantarillado en el perímetro urbano del Municipio de Soacha, Cundinamarca, para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) – Año 2024.

Autor
Daniela Parra Trujillo
Código: 20172025026

Proyecto de grado en la modalidad de pasantía para optar
Por el título de Ingeniera Catastral y Geodesta

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Catastral y Geodesia
Bogotá D.C.
Febrero 2025

Actualización del Catastro de Redes de Servicios de Acueducto y Alcantarillado en el perímetro urbano del Municipio de Soacha, Cundinamarca, para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) – Año 2024.

Autor
Daniela Parra Trujillo
Código: 20172025026

Trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar al título de
"Ingeniera Catastral Y Geodesta"

Director interno

Ing. Oscar Fernando Torres Colmenares
Ingeniero Catastral y Geodesta – Economista
Esp. En avalúos – Esp. Planificación y Administración del Desarrollo Regional
Docente de planta Universidad Distrital

Director externo

Ing. Wilmer Alfredo Estupiñán Sánchez
Ingeniero Catastral y Geodesta
Coordinador General de Proyecto - Ingeomatica S.A.S.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Catastral y Geodesia
Bogotá D.C.
Febrero 2025

Agradecimientos

En este proceso como parte fundamental de mi vida, es importante agradecer a todas las personas que influyeron e hicieron parte de mi formación tanto profesional como personal, en primer lugar, quiero extender un especial agradecimiento a la empresa Ingeomatica S.A.S. en cabeza del Ingeniero Wilmer Alfredo Estupiñán, por permitirme la oportunidad de formación, crecimiento y desarrollo en compañía de los Ingenieros Catastrales y Geodestas Mauricio Mendoza y Lissa Ruiz, quienes me acompañaron durante todo el proceso de aprendizaje y enriquecieron todo mi conocimiento. Al Ingeniero y Docente Oscar Fernando Torres, quien me estuvo acompañando, guiando mi formación académica y profesional, apoyándome durante el desarrollo y ejecución del proyecto como director de la pasantía.

Quiero agradecer a mis padres Alcira Trujillo y Javier Parra quienes me han apoyado y guiado a lo largo de mi vida, permitiéndome cumplir cada sueño, cada proyecto y hoy continúan acompañando cada paso en camino hacia mis metas. A mi hermano Samuel Parra, por permitirme ser un ejemplo para seguir, motivándome a mejorar cada día para acompañarlo en sus sueños y proyecto de vida. A mi novio Daniel Gaona, quién ha estado de forma incondicional, siendo un motor importante para alcanzar mis logros y aprendo constantemente de su dedicación, inteligencia y bondad. A toda mi familia que han apoyado mi formación y mis logros. Por último, a mis amigas y amigos de la carrera, con quienes compartí grandes experiencias, nos apoyamos durante nuestra formación y que actualmente siguen siendo parte mi crecimiento.

Resumen

El catastro de redes tiene lugar como herramienta fundamental que permite obtener un inventario de la información debidamente georreferenciada; funciona como instrumento para el análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas para la toma de decisiones. Este proyecto tiene como propósito actualizar el catastro de redes de los servicios de Acueducto y Alcantarillado dentro del perímetro urbano del Municipio de Soacha, Cundinamarca.

Para cumplir con ello, se trabaja sobre una metodología organizada en cuatro partes: Recopilación y alistamiento de la información necesaria para el desarrollo de actividades en campo, suministrando un aplicativo en ArcGIS Survey 123, un formulario que permite la captura de información de forma que facilita y agiliza la recopilación de datos; el tratamiento, delimitación y edición de la información capturada en campo; actualización y análisis estadísticos del catastro de redes; finalmente resultados, conclusiones y sustentación final. Dentro del análisis estadístico se evidencia el grado de desactualización en los sistemas de acueducto y alcantarillado para el perímetro urbano del municipio, además permiten la identificación de problemas en el funcionamiento de cada uno de los sistemas resaltando las posibles mejoras en beneficio de la población y la empresa prestadora del servicio (EAAB).

Palabras Clave: Catastro de redes, Servicios públicos, Sistemas de información geográfica, Sistema de acueducto, Sistema de alcantarillado

Abstract

The network registry is a fundamental tool that allows obtaining an inventory of properly georeferenced information; it works as an instrument for the analysis, evaluation, formulation and development of programs for decision-making. This project aims to update the network registry of the water and sewer services within the urban perimeter of the Municipality of Soacha, Cundinamarca.

To accomplish this, we work on a methodology organized in four parts: Compilation and preparation of the necessary information for the development of activities in the field, providing an application in ArcGIS Survey 123, a form that allows the capture of information in a way that facilitates and speeds up the collection of data; the treatment, delimitation and edition of the information captured in the field; updating and statistical analysis of the network registry; finally results, conclusions and final justification. The statistical analysis shows the degree of obsolescence in the water and sewer systems for the urban perimeter of the municipality, and also allows the identification of problems in the operation of each of the systems, highlighting possible improvements for the benefit of the population and the company providing the service (EAAB).

Keywords: Network Cadastre, Public Services, Geographic information systems, Water system, Sewerage system

Tabla de contenido

Agradecimientos 3

Resumen 4

Abstract 5

1. Introducción 13

2. Formulación del problema 14

3. Objetivos 16

3.1. Objetivo general 16

3.2. Objetivos específicos 16

4. Antecedentes 16

4.1. Antecedentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado en el Municipio de Soacha . 16

4.1.1. Sistema de acueducto. 16

4.1.2. Sistema de alcantarillado. 18

4.2. Estado del arte 19

5. Marcos 22

5.1. Marco Teórico 22

5.1.1. Catastro de redes. 22

5.1.2. Catastro con enfoque multipropósito. 24

5.1.3. Sistema de drenaje urbano. 25

5.1.3.1. Sistema no convencional 26

5.1.3.2. Sistema convencional 27

5.1.4. Sistema de acueducto. 28

5.1.5. Bases de datos espaciales. 31

5.1.6. Sistemas de información geográfica 31

5.2. Marco Normativo 32

5.2.1. Constitución política de 1991 32

5.2.2. Ley 142 de 1994. 32

5.2.3. Ley 388 de 1997. 33
5.2.4. Decreto 1077 de 2015. 33
5.2.5. Resolución 1040 del 2023. 34
5.2.6. Resolución 746 del 2024 34
5.3. Marco Administrativo 35
5.4. Marco Geográfico 36
5.4.1. Localización 36
5.4.2. Información y crecimiento poblacionales 37
5.4.3. Estratificación socioespacial y densificación 38
5.4.4. Áreas en condición de riesgo por inundaciones en el suelo urbano y de expansión urbana 39
6. Metodología 40
6.1. Metodología general 40
6.2. Metodología Especifica 41
6.2.1. Revisión de la información geográfica y alfanumérica suministrada por la EAAB.. 41
6.2.2. Identificación de elementos y variables en el Sistema de Acueducto 43
6.2.3. Identificación de elementos y variables en el Sistema de Alcantarillado 46
6.2.4. Tratamiento y delimitación de la información preliminar 49
6.2.5. Generación de cartografía como suministro para operativo de campo 51
6.2.5.1. ArcGIS Field Maps 52
6.2.6. Formulario digital para captura de información en campo 53
6.2.6.1. ArcGIS Survey 123 53
6.2.7. Recolección de información en campo 55
6.2.7.1. Organización de grupos de trabajo 55
6.2.7.2. Dispositivo de trabajo en campo 57
6.2.7.3. Procedimiento de levantamiento de los atributos de los elementos en campo 58
6.2.7.3.1. Levantamiento en el sistema de acueducto 58
6.2.7.3.2. Levantamiento en el sistema de alcantarillado 59
6.2.8. Organización de la información recolectada en campo 62

6.2.9. Actualización de la base de datos geográfica 64
6.2.9.1. Sistema de acueducto 64
6.2.9.2. Sistema de alcantarillado 65
6.2.10. Consolidación y control de calidad de la base de datos actualizada 67
6.2.10.1. Conectividad (Geometric Network) 67
6.2.10.2. Control de calidad en el sistema de acueducto 68
6.2.10.3. Control de calidad en el sistema de alcantarillado 69
7. Resultados 70
7.1. Análisis estadístico en el sistema de acueducto de Soacha 72
7.1.1. Elementos principales en la red de acueducto 73
7.1.1.1. Hidrantes 73
7.1.1.2. Válvula de control 75
7.1.1.3. Válvula de sistema 77
7.1.2. Elementos secundarios y pasivos de la red 79
7.1.3. Elementos tipo línea de la red de acueducto 79
7.2. Análisis estadístico en el sistema de alcantarillado de Soacha 80
7.2.1. Elementos principales de la red de alcantarillado 80
7.2.1.1. Pozos 81
7.2.1.2. Sumideros 83
7.2.1.3. Estructuras 85
7.2.2. Elementos tipo línea de la red de alcantarillado 85
8. Conclusiones 88
9. Recomendaciones 90
10. Bibliografías 91

Índice de imágenes

Ilustración 1. Cubrimiento del Sistema de Servicio Público de Acueducto en Soacha. 17

Ilustración 2. Cubrimiento del Sistema de Servicio Público de Alcantarillado en Soacha. 19

Ilustración 3. Funcionamiento del sistema de Drenaje Pluvial y Sanitario 26

Ilustración 4. Funcionamiento del sistema de agua potable. 29

Ilustración 5. Delimitación del área de trabajo en el Municipio de Soacha. 36

Ilustración 6. Crecimiento poblacional total de Soacha 2018 – 2032. Crecimiento por periodos de cuatro años. 37

Ilustración 7. Amenazas y riesgos del Municipio de Soacha. 39

Ilustración 8. Flujograma de la Metodología de trabajo y desarrollo..... 40

Ilustración 9. Información preliminar de redes de alcantarillado en Soacha. 42

Ilustración 10. Información preliminar de redes de acueducto en Soacha. 42

Ilustración 11. Sectorización por Distritos Hidráulicos para el Sistema de Acueducto. 50

Ilustración 12. Sectorización por UGA para el Sistema de Alcantarillado..... 50

Ilustración 13. Cartografía análoga para trabajo de campo. 51

Ilustración 14. Visualización de los mapas web por medio de la aplicación ArcGIS Field Maps. ... 52

Ilustración 15. Encuesta en ArcGIS Survey 123 para levantamiento en campo de la red de acueducto. 54

Ilustración 16. Encuesta en ArcGIS Survey 123 para levantamiento en campo de la red de alcantarillado. 55

Ilustración 17. Comisión en procedimiento de captura de datos para elementos de acueducto. 56

Ilustración 18. Comisión en procedimiento de captura de datos para elementos de alcantarillado. . 57

Ilustración 19. Equipo CHCNAV LT7000H..... 58

Ilustración 20. Ejemplo de fotografías en algunos elementos inspeccionados del sistema de acueducto. 59

Ilustración 21. Ejemplo de fotografías en algunos elementos inspeccionados del sistema de alcantarillado. 61

Ilustración 22. Tablero de control como herramienta suministrada para conocer información capturada en campo. 62

Ilustración 23. Información levantada en campo, exportada en bases de datos geográficas. 63

Ilustración 24. Ejemplo visualización de zona a editar con la red de acueducto. 64

Ilustración 25. Ejemplo visualización de zona editada con la red de acueducto. 65

Ilustración 26. Ejemplo visualización de zona a editar con la red de alcantarillado. 66

Ilustración 27. Ejemplo visualización de zona editada de la red de alcantarillado. 66

Ilustración 28.Creación y configuración de conexión de redes. 68

Ilustración 29. Base de datos actualizada del sistema de acueducto en la cabecera municipal de Soacha. 70

Ilustración 30. Base de datos actualizada del sistema de alcantarillado en la cabecera municipal de Soacha. 71

Ilustración 31. Actualización de elementos tipo hidrantes en base inicial y base actualizada. 73

Ilustración 32. Porcentaje de hidrantes con estado físico a consideración de revisión. 74

Ilustración 33. Actualización de elementos tipo válvula de control en base inicial y base actualizada. 75

Ilustración 34. Porcentaje de válvulas de control con estado físico a consideración de revisión..... 76

Ilustración 35. Actualización de elementos tipo válvula de sistema en base inicial y base actualizada. 77

Ilustración 36. Porcentaje de válvulas de sistema con estado físico a consideración de revisión. 78

Ilustración 37. Actualización de elementos secundarios y pasivos en la red. 79

Ilustración 38. Actualización de elementos tipo línea en base inicial y en base actualizada de acueducto. 80

Ilustración 39. Actualización de elementos tipo pozo en base inicial y en base actualizada. 81

Ilustración 40. Porcentaje de estados de pozos actualizados a consideración de revisión o intervención. 82

Ilustración 41. Actualización de elementos tipo sumidero en base inicial y en base actualizada. 83

Ilustración 42. Porcentaje de estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención. 84

Ilustración 43. Porcentaje de estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención. 85

Ilustración 44. Actualización de elementos tipo línea en base inicial y en base actualizada para alcantarillado. 86

Ilustración 45. Porcentaje de redes con material en Gres para el sistema de alcantarillado. 87

Índice de tablas

Tabla 1. Elementos tipo punto en la red de acueducto. 44

Tabla 2. Elementos tipo línea en la red de acueducto..... 45

Tabla 3. Elementos tipo punto en la red de acueducto. 46

Tabla 4. Elementos tipo punto en la red de alcantarillado..... 47

Tabla 5. Elementos tipo punto en la red de alcantarillado..... 49

Tabla 6. Cantidad de elementos en base de datos inicial y elementos en base de datos final para acueducto..... 72

Tabla 7. Estados físicos a consideración de revisión para caso de hidrantes. 73

Tabla 8. Estados físicos a consideración de revisión para caso de válvulas de control..... 75

Tabla 9. Estados físicos a consideración de revisión para caso de válvulas de sistema. 78

Tabla 10. Cantidad de elementos tipo línea iniciales y actualizados en kilómetros para acueducto. 79

Tabla 11. Cantidad de elementos en base de datos inicial y elementos en base de datos final para alcantarillado. 81

Tabla 12. Estados de pozos actualizados a consideración de revisión o intervención. 82

Tabla 13. Estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención. 84

Tabla 14. Cantidad de elementos tipo línea iniciales y actualizados en kilómetros para alcantarillado. 85

Tabla 15. Redes con material en Gres para el sistema de alcantarillado. 86

Tabla de abreviaturas

Siglas	Definición
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
EAAB de Santa Ana	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santa Ana.
EMAR	Empresa de Acueducto el Rincón.
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable.
SIG	Sistema de información Geográfica.
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
CNVP	Censo Nacional de Población y Vivienda
UGA	Unidad de Gestión Alcantarillado
GSM	Global System for Mobile Communications

Nota: Tabla de las siglas y abreviaturas utilizadas en el documento

Tomado de: Elaboración Propia.

1. Introducción

El catastro de redes funciona como herramienta de registro y almacenamiento que compila diferentes detalles de información, desde su respectiva georreferenciación, hasta especificaciones técnicas, tales como profundidades, diámetros, conexiones, longitudes, entre otros; adicionalmente, el sistema permite analizar, evaluar, formular y desarrollar diferentes planes que contribuyen con la toma de decisiones.

Para el Municipio de Soacha es un objetivo principal el establecer las mejores condiciones que permitan desarrollar la infraestructura que garantice una prestación efectiva de los servicios públicos sobre el área urbana; en el caso de los servicios de acueducto y alcantarillado, se busca garantizar una cobertura del 100%, identificando asentamientos informales legalizados y no legalizados, representados en un 5.96% de zona sin cobertura para el servicio de acueducto y un 7.1% para el servicio de alcantarillado. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2020)

Este proyecto busca realizar y plasmar el respectivo proceso de actualización del catastro de redes en el Municipio de Soacha con un análisis estadístico que permita identificar de forma aproximada, el grado de desactualización de la zona de trabajo junto con otros datos claves que visibilizan los principales problemas a tratar; previo a ello, se describe el procedimiento de la respectiva actualización, partiendo del alistamiento de la información inicial suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) con el cubrimiento actual de los sistemas en el municipio, seguido de la producción de insumos necesarios para el desarrollo de actividades en campo mediante el uso de herramientas SIG, las cuales garantizan interoperabilidad y calidad en la información recolectada, para posteriormente actualizar las bases de datos geográficas.

Finalmente, la empresa Ingeomatica S.A.S ejecutara los proyectos necesarios enfocados a la prestación de servicios de la actualización de catastro de redes, realizando la respectiva implementación de las herramientas SIG que, tanto para este proyecto, como con proyectos anteriores, permiten su identificación como casos de éxito, todos ejecutados por el personal profesional y para este proyecto en particular, con el apoyo de un pasante de Ingeniería

Catastral y Geodesia, aplicando metodologías y tecnologías eficientes, con el fin de resolver las diferentes problemáticas evidenciadas y propuestas por la entidad pública a cargo.

2. Formulación del problema

El perímetro urbano del Municipio de Soacha se localiza hacia el centro del territorio municipal en el departamento de Cundinamarca, entre el límite político con Bogotá y en inmediaciones del suelo suburbano de Sibaté, desde la estructura ecológica principal, el suelo urbano se localiza entre los cerros que ascienden hacia el Páramo de Sumapaz y la vertiente plana que desciende hacia el Rio Bogotá. A partir del Censo Nacional de Población y vivienda del año 2018 se tienen proyecciones de crecimiento al año 2035, con lo que se prevé un total de 492.387 viviendas, aumentando en 186.255 viviendas más que en el año 2022, adicionalmente, se tienen análisis en los que, para el Municipio de Soacha se tendrían 2,40 habitantes por hogar, lo que sumaría un total de 552.100 habitantes nuevos para el municipio a proyección del año 2035; implicando grandes retos en desarrollo frente a las respuestas que se deben a las necesidades básicas, entre estas, la implementación de servicios públicos domiciliarios. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2020)

Se entiende que la prestación de servicios públicos dentro de la civilización es una obligación fundamental consagrada al Estado Colombiano dentro de la Constitución Política del año 1991, artículo 365, así mismo, se entiende la evolución y crecimiento de estas que implican la implementación de tecnologías que atribuyen al buen funcionamiento para el abastecimiento a la población, específicamente se hace énfasis a los servicios de acueducto y alcantarillado, que son primordiales al referirse al tratamiento y manejo del agua. Teniendo en cuenta que para el Municipio de Soacha el servicio de acueducto y alcantarillado es prestado por la misma empresa de Bogotá (EAAB), se identifica que comparten problemas en su capacidad de funcionamiento.

Parte del suministro de agua potable al Municipio de Soacha depende del tanque Cazucá, el cual a su vez se alimenta de agua proveniente de la PTAP Francisco Wiesner, que se encuentra ubicado en el Municipio de La Calera, el área urbana del municipio tiene una cobertura del servicio de acueducto y tratamiento de agua del 94,04% el cual es prestado en su mayoría por la EAAB, generando una cobertura del 92,43% representando una entrega de 18,5 l/s en

bloque; por otra parte, el 2,98% restante del servicio es prestado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santa Ana (EAA de Santa Ana) y cuenta con dos pozos profundos del acuífero confinado Guadalupe. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2020)

En cuanto al servicio de alcantarillado, se identifica que se tiene un 72% del perímetro urbano con cobertura, esto debido a que existen zonas en las que los servicios prestados son deficientes o inexistentes, encontrando que los sistemas de eliminación de desechos no se encuentran conectados al resto del sistema y se suplen con pozos sépticos o conexiones directas al sistema hídrico; al igual que con el sistema de agua potable, la prestación de servicio de alcantarillado se divide en un 60,43% de cobertura por parte de la EAAB, un 3,85% por parte de la Empresa de Acueducto el Rincón y un 2,82% por parte de la EAA de Santa Ana. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2020)

Con todo lo anterior, es evidente la necesidad que tiene el Municipio de Soacha y su actual prestadora de servicios públicos (EAAB) de mantener sistematizada la información para realizar ajustes o proyecciones en sus redes de acueducto y alcantarillado a partir de la elaboración de planes maestros que representen la realidad del territorio. Dado lo anterior se resalta la importancia de conocer detalladamente el estado actual de las redes en el municipio y de la misma forma el grado de desactualización, identificando así las zonas que requieren mayor atención tanto en mantenimiento como en instalación del servicio; es aquí donde entra la empresa Ingeomatica S.A.S a realizar el respectivo proceso de actualización, desde la revisión y análisis de la información ya existente, junto con el trabajo de campo en que se realiza una inspección detallada a cada elemento de los sistemas de acueducto y alcantarillado, para finalmente, entregar registros fotográficos, alfanuméricos, bases de datos geográficos y estadísticos, que permitirán a la EAAB tomar decisiones sobre el servicio en el Municipio de Soacha.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Actualizar el catastro de redes de servicios de Acueducto y Alcantarillado en el perímetro urbano del Municipio de Soacha, Cundinamarca, para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

3.2. Objetivos específicos

- Reconocer e interpretar los insumos suministrados enfocados al sistema de acueducto y alcantarillado del Municipio de Soacha, buscando la identificación de las zonas con mayor grado de desactualización.

- Implementar la información recolectada, compilando los resultados geográficos y alfanuméricos de la base de datos existente de la EAAB usando herramientas SIG.

- Analizar la información consolidada y actualizada, de forma que se elaboren diferentes estadísticos que permitan conocer el estado de las redes, problemas y soluciones tanto para la EAAB como para los usuarios del Municipio de Soacha.

4. Antecedentes

4.1. Antecedentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado en el Municipio de Soacha

En el Municipio de Soacha se puede encontrar una integración parcial de los sistemas de servicios públicos a los del Distrito Capital, debido a la proximidad y conurbación de ambos territorios; proceso que fue generándose de forma paulatina, iniciando con servicios de interconexión eléctrica, seguida de los medios de telecomunicaciones y finalmente con los servicios de acueducto, alcantarillado y la recolección de residuos.

4.1.1. Sistema de acueducto.

Para el municipio de Soacha se cuenta con cinco prestadoras del servicio, con tres entidades principales, correspondientes a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

(EAAB), Empresa de Acueducto y Alcantarillado el Rincón (EMAR) y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santa Ana (EAA de Santa Ana), cuya cobertura se encuentra a nivel urbano; de forma que la prestación de este servicio público se realiza por medio de redes matrices suministradas por la EAAB y las redes secundarias suministradas por la EAAB, EMAR y EAA de Santa Ana, por lo que el abastecimiento de agua potable del área urbana es prestado por la EAAB en un 92.43%.

Según el censo de vivienda, hogares y población sobre el casco urbano del municipio para el año 2018, se identifica una cobertura del servicio de acueducto en un 94.04%, representando un avance significativo y dando visibilidad a los sectores con asentamientos informales legalizados y no legalizados, específicamente a las laderas y piedemonte del área urbana, en donde se identifica infraestructura que no representa abastecimiento suficiente o inexistente[1].

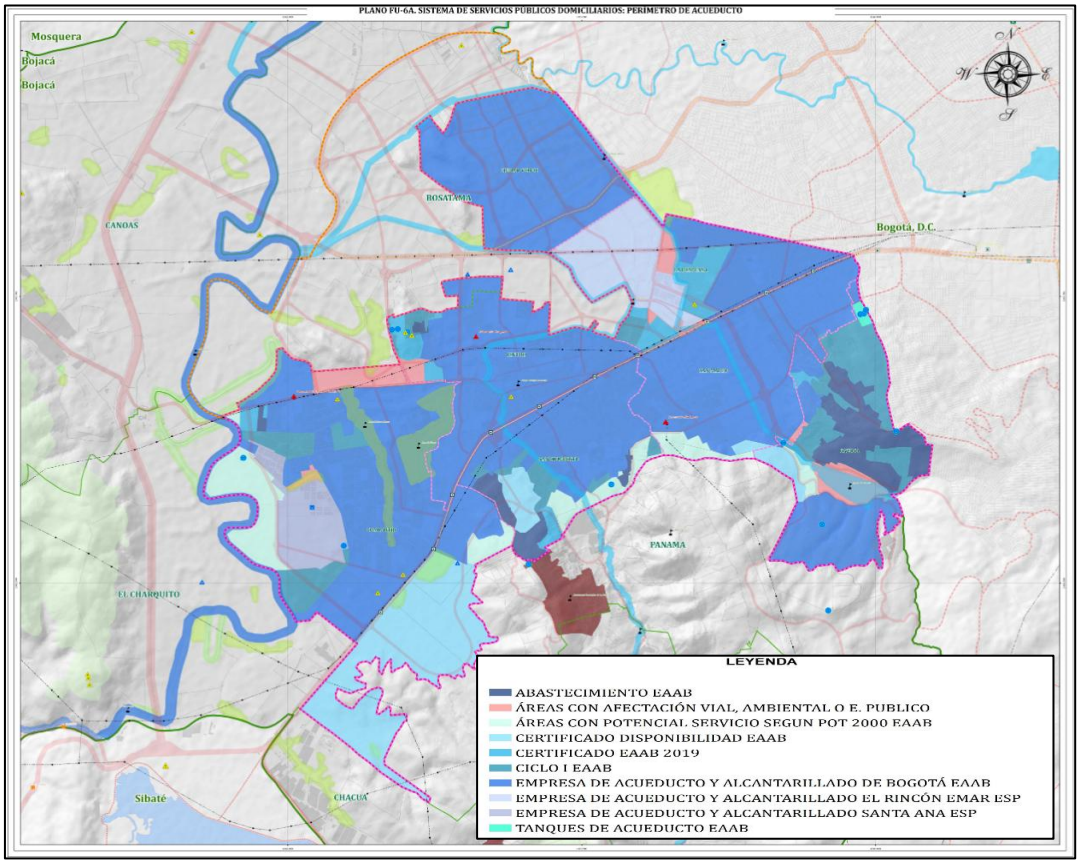


Ilustración 1. Cubrimiento del Sistema de Servicio Público de Acueducto en Soacha.

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial Soacha.

[1] Alcaldía Municipal de Soacha - Plan de Ordenamiento Territorial, 2020.

4.1.2. Sistema de alcantarillado.

El casco urbano del municipio cuenta con tres empresas prestadoras del servicio, correspondientes a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), Empresa de Acueducto y Alcantarillado el Rincón (EMAR) y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santa Ana (EAA de Santa Ana); adicionalmente el sistema cuenta con cuatro Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). El sistema de alcantarillado en el perímetro urbano de Soacha se compone de dos subsistemas:

- **Sistema de alcantarillado sanitario** – Encargado de transportar aguas residuales o servidas de sus puntos de generación hasta los puntos de tratamiento o descarga.
- **Sistema de alcantarillado pluvial** – Encargado de transportar aguas de lluvias de diversas zonas en las que se recibe a los correspondientes puntos de tratamiento o descarga.

Con el censo de vivienda, hogares y población sobre el casco urbano del municipio para el año 2018, se logra identificar una cobertura del servicio de alcantarillado en un 92.9%, representando un porcentaje un poco más bajo a la cobertura del servicio de acueducto. Adicionalmente se identifica por medio de un análisis más detallado desde la información de necesidades básicas insatisfechas, una cobertura en un 72% de la población con acceso completo a las necesidades básicas de saneamiento, es decir, que aún se encuentran zonas con servicios sanitarios deficientes, sistemas de eliminación no conectados al sistema de alcantarillado e inexistentes[2].

[2] Ibid.

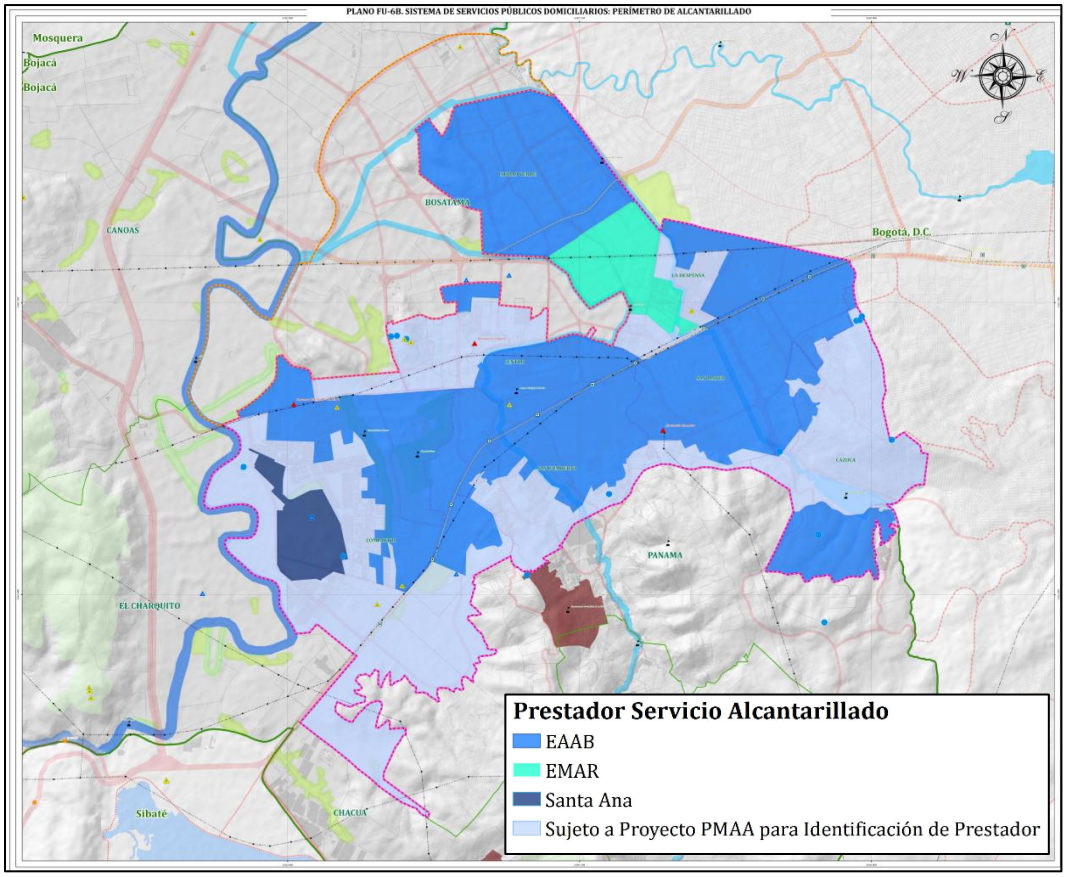


Ilustración 2. Cubrimiento del Sistema de Servicio Público de Alcantarillado en Soacha.

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial Soacha.

4.2. Estado del arte

Históricamente las redes tanto de alcantarillado como de acueducto cumplen una función fundamental dentro las civilizaciones garantizando el transporte adecuado de las aguas y previniendo desastres internos por su mal funcionamiento, sin embargo, a medida que crecen las poblaciones, se genera un mayor deterioro en las redes de las ciudades; por lo que nace la necesidad de implementar métodos que permitan desarrollar una adecuada gestión de los hidrosistemas, conociendo los principales problemas y deterioro en su funcionamiento.

En la ciudad de Guayaquil, Ecuador se realiza un previo estudio, encontrando que el catastro de redes presenta ciertas dificultades como perdida de información o procesos lentos y tediosos, incumpliendo con la completitud de actualización de la información o con los tiempos establecidos para la ejecución del proceso. Esta razón es por la que Suárez Asencio. J (2022) propone migrar los procesos y metodologías usas para actualizaciones de catastro

de redes, implementando herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es así como implementa el uso de ArcGIS Field Maps, de forma que se tenga acceso a los mapas desde un dispositivo móvil y a su vez puedan actualizar en tiempo real la información de los respectivos elementos que componen las redes. (Suárez. J, 2022)

Para Colombia se presenta un manejo de las redes de acueducto y alcantarillado por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), quienes se enfocan principalmente en la ampliación de esta y posteriormente inician con la implementación de inspección de las redes, por esto, Pérez Peñarredona. M & Perdomo Gaitán. M (2011) buscan realizar una descripción de los diferentes métodos y herramientas que sirven como soporte para la gestión y análisis de las redes entre estos las herramientas de inspección de sistemas de alcantarillado, herramientas probabilísticas, herramientas informáticas y herramientas de modelación junto con una prospectiva y uso de diferentes herramientas y métodos para toma de decisiones en la EAAB concluyendo en una mejor adaptación al modelo PRISM acorde con la disponibilidad de datos. (Pérez Peñarredona. M & Perdomo Gaitán. M, 2011)

La construcción de un catastro de redes se comprende en el registro y archivo de información que es posible encontrar en el sistema, teniendo en cuenta las características fundamentales que priman al entender el funcionamiento de la red, es por ello por lo que Valenzuela resalta que es vital contar con un catastro actualizado que permita tomarse como instrumento para la toma de decisiones como planificación y ordenamiento territorial, valoración y determinación de proyectos, entre otros. (Valenzuela. M, 2021)

La desactualización de la información se toma como parte fundamental para la implementación y funcionamiento del catastro y registro de la tierra, en este caso aplicado a la cobertura de servicios tanto públicos como privados, Martínez Cortes & Cardozo Núñez (2020), demuestran la problemática con el caso del barrio de Guacamayas, ubicado al suroriente de Bogotá, dónde se hace necesaria la intervención frente a normatividad vigente con el fin de construir un catastro de redes que alimente constantemente el Sistema de Información Geográfica (SIGUE), recolectando datos geográficos e información cualitativa y cuantitativa que permiten identificar los sectores con mayor deterioro o carentes de cobertura, que pueden ser intervenidos para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona. (Martínez. M, Cardozo. J, 2020)

Para el proyecto “Diagnóstico y actualización del catastro de las redes matrices de acueducto del municipio Dosquebradas Risaralda” los autores desarrollan tres fases que consisten en un diagnóstico de la documentación recibida por la empresa prestadora de servicios públicos (Serviciudad ESP), donde se identifican grandes desfases de la información con la actualidad; en segundo lugar realizan la modulación de la red matriz del sistema de acueducto por medio del programa EPANET realizando una depuración e integración inicial de la información; por último se montan los datos finales en un sistema de información geográfica en ArcGIS donde se permite hacer consultas sobre la red matriz. (Torres Velásquez. P & Vélez Gómez. V, 2010)

Para el caso de la vereda Yerbabuena localizada en el Municipio de Chía, se realiza un ejercicio de inventario de redes de acueducto por Sánchez Díaz (2016) teniendo en cuenta el alto grado de desactualización y las diferentes necesidades de los habitantes de la vereda, el levantamiento de la información es realizado con un navegador GPS móvil, permitiendo la captura de datos importantes como latitud, longitud y altura de los elementos que componen la red de acueducto, la información es procesada y organizada en la base cartográfica de la Alcaldía del municipio de Chía por medio de AutoCAD Civil 3D, obteniendo finalmente cuadros de accesorios y usuarios del sistema y sus correspondientes planos, lo que permite a la vereda contar con información completa de la actualidad de la red. (Sánchez Díaz. L, 2016)

Si bien se realizan procesos de actualización de redes en diferentes zonas del país, se puede identificar que abarcan zonas de no muy alta densidad de información que, de igual forma, representan un avance significativo al catastro de redes, como lo es en el caso de las obras de intervención localizadas en el municipio de Cundinamarca, distribuidas en Funza, Mosquera y Tenjo. Mora Murcia (2021) implementa levantamientos topográficos generando poligonales que abarcan las zonas de estudio, donde se ajustan datos planimétricos y altimétricos, posteriormente se revisa y consolida la información de inspección de alcantarillado, partiendo de formularios físicos, que son digitalizados y estructurados en Excel, finalizando con una contribución a la base de datos de Acueducto y Alcantarillado con un mayor grado de precisión al momento de conocer la localización exacta de los elementos de la red. (Mora Murcia. I, 2021)

Para la actualización del catastro de redes de una población en específico, es importante conocer la cobertura actual e identificar las zonas críticas dónde se evidencie una menor cobertura del servicio, logrando conocer los sectores que actúan como usuarios potenciales que no cuentan con el servicio, es allí donde Mahecha. L & Merchán. L buscan realizar la actualización del catastro de usuarios para la empresa Alcanos de Colombia S.A. E.S.P. en los municipios de Ibagué (Tolima) y Girardot (Cundinamarca), enfocado en la búsqueda de clientes potenciales partiendo de una base de datos estandarizada y complementada con información de fuentes secundaria, de esta forma se identifican las zonas en las que se debe realizar levantamiento en campo de los usuarios potenciales; finalmente el producto muestra una base de datos georreferenciada, que permite interoperabilidad suficiente que permite identificar los usuarios potenciales para obtención del servicio y junto con ello, una actualización de coberturas de servicios para la empresa. (Mahecha. L & Merchán. L, 2022)

5. Marcos

5.1. Marco Teórico

5.1.1. Catastro de redes.

El catastro de redes funciona como una herramienta fundamental que permite unificar la información existente, se obtiene un inventario de toda la información debidamente georreferenciada que permite contar con un diagnóstico que se basa en los datos obtenidos en trabajo de campo, unificando el uso de fichas, formularios y/o planos, donde se puede consolidar las diferentes características técnicas que priman como la ubicación de tuberías, conexión, diámetros, profundidades, estado, longitud, entre otros, esto con el fin de obtener el estado actual del sistema y así poder diagnosticar su funcionamiento[3].

Es usado como un instrumento para el análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas para la toma de decisiones, la ejecución de ello tiene como finalidad la construcción de una base de datos técnico georreferenciada que contiene información real y oportuna de los sistemas de servicio público de una ciudad o municipio, de forma que se

[3] Martínez Felipe, Cardozo Jorge – Metodología para la estructuración de un catastro de redes de acueducto y alcantarillado en un software SIG para el Barrio Guacamayas – Bogotá, 2020.

tenga control y visualización del inventario y archivo real del sistema permitiendo la toma de decisiones más apropiada. Dicho catastro se propone por medio de un levantamiento de información digitalizada de planos provenientes de las empresas prestadoras, ya provenientes de información recopilada con las condiciones actuales e incorporadas en la base de datos geográfica. Como parte fundamental del catastro técnico para los servicios públicos se conoce[4]:

- Permitir determinar la ubicación exacta y respectivamente georreferenciada de cada uno de los elementos que abastecen los sistemas.
- Hacer posible contar con una radiografía integral y actualizada de su estado.
- Brindar pautas eficientes con respecto a las actividades de operación.
- Viabilizar el proceso de diagnóstico de la infraestructura de los prestadores del servicio.

Para las organizaciones prestadoras del servicio es importante contar con un catastro de redes completo y actualizado, permitiendo una mejor planeación y operatividad del servicio, específicamente se tienen diferentes aspectos importantes:

- Conocer a completitud y dominar todo lo referente a detalles técnicos y operacionales en totalidad de los elementos que intervienen en cada uno de los sistemas.
- Establecer y actualizar el catastro de tuberías y accesorios indispensables para su operación y mantenimiento, así como para poder ejercer un mejor control sobre la operación de los sistemas.
- Ejecutar maniobras de operación y regulación con seguridad y exactitud que se verán basadas en el conocimiento preciso del lugar de ubicación y de las condiciones técnicas de su operación y el de sus principales accesorios, apoyando dentro de ello la tarea de detección y localización de fugas y aportar información para su reparación oportuna.
- El mantener actualizados los registros de nuevas incorporaciones o sustituciones de componentes de las redes, permite que todo el sistema sirva como instrumento de

[4] Secretaría Distrital de Hábitat – Construcción del catastro de redes de los servicios públicos en el distrito capital Bogotá – Bogotá, 2023.

análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas de control de pérdidas para fortalecer la gestión técnica y empresarial de la entidad prestadora del servicio.

- Sirve como instrumento de apoyo para la elaboración de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión.
- Es un instrumento que sirve de entrada de datos para la simulación de las redes, con el fin de determinar la capacidad hidráulica del sistema y la viabilidad de atender la demanda del servicio en las áreas de cobertura[5].

5.1.2. Catastro con enfoque multipropósito.

El catastro con enfoque multipropósito es aquel en el que la información que se genere a partir de su implementación, debe servir como un insumo fundamental en la formulación e implementación de diversas políticas públicas, contribuyendo a brindar una mayor seguridad jurídica, la eficiencia del mercado inmobiliario, el desarrollo y el ordenamiento territorial, integrada con el registro público de la propiedad inmueble, digital e interoperable con otros sistemas de información del territorio, y que provea instrumentos para una mejor asignación de los recursos públicos y el fortalecimiento fiscal de los territorios[6].

Según lo estipulado en la Ley 1753 del 2015, Artículo 104. el catastro multipropósito es entendido como aquel que dispone información predial para contribuir a la seguridad jurídica del derecho de propiedad inmueble, al fortalecimiento de los fiscos locales, al ordenamiento territorial y la planeación social y económica[7].

Sirve como insumo fundamental en la formulación e implementación de diversas políticas públicas, contribuyendo a brindar una mayor seguridad jurídica, la eficiencia del mercado inmobiliario, el desarrollo y el ordenamiento territorial, integrada con el registro público de

---

[5] Sistema Nacional de Capacitación Sectorial, UNICEF, Unión Europea - Catastro de Redes Municipios Menores y Zonas Rurales – Colombia, 2004.

[6] Departamento Nacional de Planeación (DNP) – Actualización catastral con enfoque multipropósito; Proyectos tipo – Bogotá, 2021.

[7] Congreso de la República de Colombia – Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” – Bogotá 2015.

la propiedad inmueble, digital e interoperable con otros sistemas de información del territorio, y que provea instrumentos para una mejor asignación de los recursos públicos y el fortalecimiento fiscal de los territorios[8].

5.1.3. Sistema de drenaje urbano.

Es una obra civil de drenaje urbano que surge de la necesidad de dar un manejo adecuado al recurso hídrico que es suministrada y posteriormente utilizada (aguas residuales), como al agua lluvia, con el propósito de minimizar los múltiples problemas causados por el ecosistema y los seres humanos. Teniendo en cuenta la permanencia de materiales sólidos y contaminantes que contiene las aguas, el sistema de drenaje debe permitir disminuir los problemas relacionados con una disposición incorrecta de estas aguas, que a mediano o largo plazo pueden impactar la vida humana o el medio ambiente. Un sistema de drenaje urbano representa la relación entre el medio ambiente y la población, de forma que el proceso de urbanización puede producir alteraciones de los sistemas de drenaje ya existentes, provocando inundaciones, daños a la infraestructura, entre otros[9].

[8] DANE – Decreto 148 de 2020 “Por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de 2015, 'Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Administrativo de Información Estadística” – Bogotá, 2020.

[9] Rojas Arnold, Aguirre José – Estudio para la optimización de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y aguas lluvias en la Cabecera Municipal de la Vega – Bogotá, 2016.

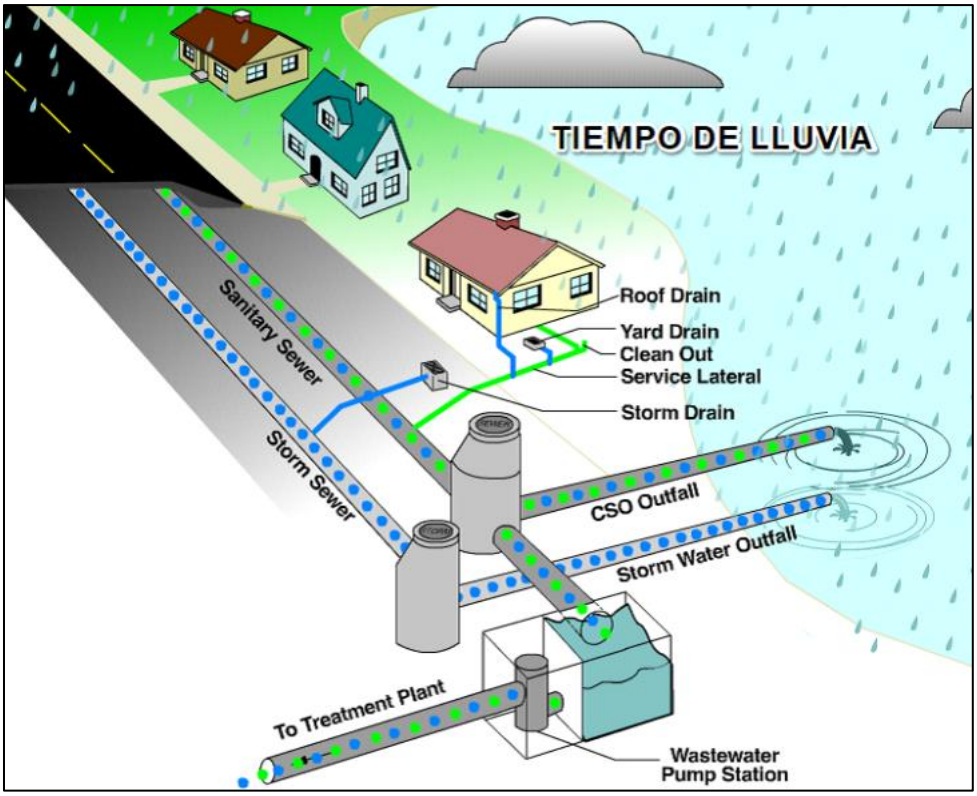


Ilustración 3. Funcionamiento del sistema de Drenaje Pluvial y Sanitario

Fuente. Impactos que genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en la calidad de vida de los habitantes en el distrito de Riohacha (Barros. C, Castañeda. M & Jiménez. R, 2023)

5.1.3.1. Sistema no convencional

Los sistemas de alcantarillado convencionales pueden ser sistemas de saneamiento de alto costo de adquisición, por lo que es necesaria la implementación de sistemas de menor costo, especialmente para las poblaciones con baja capacidad económica, estos sistemas son basados en consideraciones y diseños adicionales, junto con una tecnología que permita su operación y mantenimiento, así mismo, con el propósito de implementar posteriormente un sistema de alcantarillado convencional[10].

[10] Rojas Arnold, Aguirre José – Estudio para la optimización de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y aguas lluvias en la Cabecera Municipal de la Vega – Bogotá, 2016.

5.1.3.2. Sistema convencional

Son los sistemas de alcantarillado tradicionales con el propósito de recolectar y transportar aguas residuales o de lluvias encaminadas a las respectivas disposiciones finales, estos se dividen en los sistemas de alcantarillado combinado, en el que tanto aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por un mismo sistema; y el sistema de alcantarillado separado, donde la recolección y transporte de las aguas residuales son mediante el sistema sanitario y las aguas pluviales mediante el sistema pluvial[11].

Los sistemas de aguas residuales también son constituidos por otras estructuras y elementos hidráulicos que permiten un funcionamiento completo y eficiente, respondiendo a las necesidades y crecimientos poblacionales.

- **Unión de colectores (pozos de inspección)**

  Los pozos de inspección son estructuras que permiten el cambio de dirección de alineamiento horizontal o vertical, cambios de diámetros o secciones en las tuberías, cambios de pendientes y así mismo, la ejecución de procesos de mantenimiento del sistema. Estos están compuestos por tapa de acceso, cilindro, cono de reducción y cañuela; en algunos casos en específico pueden contener cámaras de caída, que corresponden a una estructura interna en el pozo que permite la continuidad del flujo cuando la llegada de la tubería está a una altura considerable, evitando velocidades superiores a la máxima permitida y posibles daños en la estructura[12].

- **Sumideros**

  Son estructuras de captación para las escorrentías superficiales, generalmente localizados en los cruces de vías, puntos bajos y depresiones previos a puentes, terraplenes anteriores a cruces de las calles, entre otros, se encuentran de diferentes tipos y tamaños dependiendo de las necesidades la zona y el sistema existente,

[11] Ibid.

[12] Ibid.

conocidos como sumideros de vía, de anden, transversales, laterales con diferentes longitudes, entre otros[13].

- **Aliviaderos**

  Son estructuras con el objetivo principal de disminuir costos de conducción de los flujos de agua encaminados a el sitio de disposición final, por lo que debe permitir que el caudal continúe la trayectoria por el sistema en épocas con aumento de escorrentía y precipitación, aliviando el exceso de flujo sobre la capacidad de la red o planta de tratamiento[14].

5.1.4. Sistema de acueducto.

Son estructuras de obras de ingeniería especializada que se definen como un servicio público domiciliario de agua potable, su funcionamiento principal es transportar el agua cruda desde la fuente de abastecimiento o captación hasta el sitio final de consumo con agua libre de contaminantes, dentro de la distribución municipal del agua, se debe garantizar la potabilización y adecuación del agua para que sea apta para el consumo humano[15].

---

[13] Ibid.

[14] Ibid.

[15] Díaz Valencia, Ingrid Jeannette – Modelo de reporte de daños de la infraestructura de los sistemas de acueductos de Colombia – Bogotá, 2014.

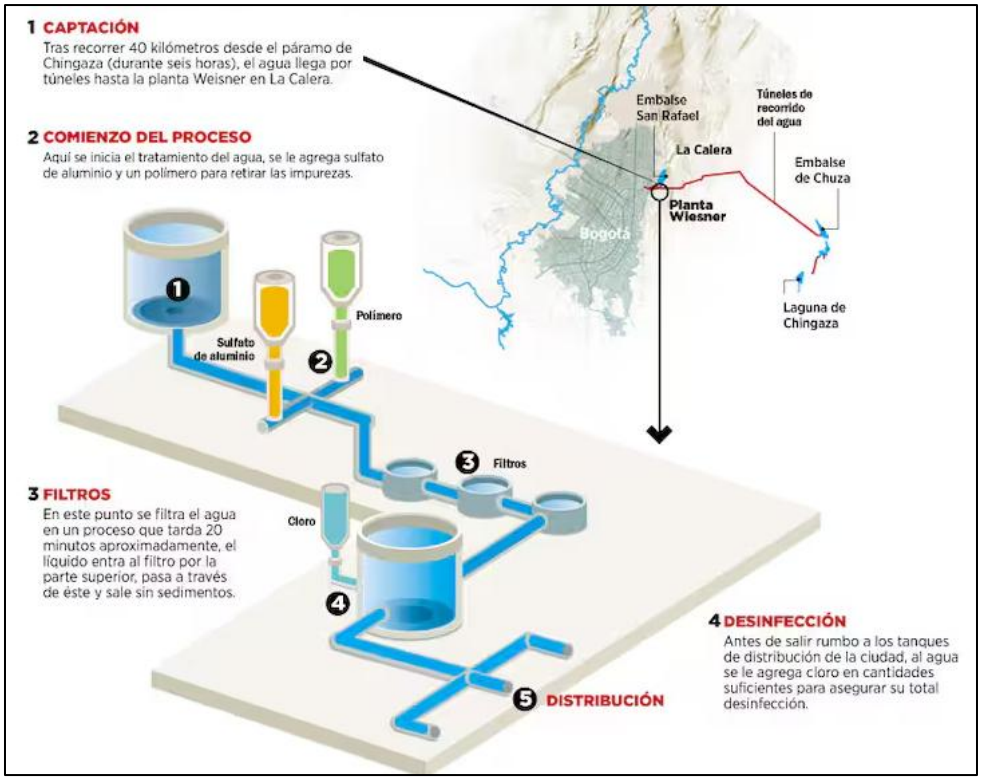


Ilustración 4. Funcionamiento del sistema de agua potable.

Fuente. "Si se puede tomar agua de la llave"- El Espectador (Londoño. V, 2012)

Dentro de estos sistemas, se pueden identificar dos grandes grupos, conocidos como sistema por bombeo, en el que se ve necesario impulsar el agua mediante el uso de motobombas que permitan el abastecimiento de agua a las poblaciones ubicadas en zonas más altas a los sitios de captación; y los sistemas por gravedad, los cuáles utilizan los desniveles topográficos para hacer efectivo el transporte de agua a toda la población desde el sitio de captación. El sistema de acueducto se compone por diferentes elementos que permite la optimización dentro su funcionamiento[16].

- **Fuentes de abastecimiento**

  Corresponde a los sitios en los que se realiza la extracción de agua, teniendo en cuenta su ubicación, tipo de terreno, calidad y cantidad con una proyección de permanencia que proporcione la cantidad de agua suficiente para suplir la demanda de la población a la que se destine. Estos pueden ser agua de lluvia; aguas superficiales, como arroyos,

[16] Ibid.

ríos o lagos que son las más comúnmente utilizadas; y las aguas subterráneas, que se identifica como la precipitación en la cuenca que se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, es de allí que nacen los puntos de captación. La Captación son obras y equipos electromecánicos que reúnen y disponen del agua superficial o subterránea[17].

- **Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)**

  Las PTAP son un conjunto de estructuras en las que se realiza el tratamiento al agua cruda, de manera que se transforma en agua apta para el consumo humano, como objetivo principal se tiene la eliminación de microrganismos, sustancias, físicas y químicas que puedan afectar la salud de la población. Dentro de su funcionamiento se dispone de diferentes zonas y estructuras en las que se realizan diferentes tratamientos del agua principalmente químicos y con capas de arena y filtros para retener impurezas y asegurar la potabilidad del agua[18].

- **Planta de tratamiento de agua residual (PTAR)**

  Las PTAR son un conjunto de estructuras combinadas convertidas en una herramienta indispensable para la conservación del agua, permitiendo la transformación de aguas residuales nuevamente en agua potable, todo por medio de procesos químicos, físicos y biológicos consistentes, que permiten eliminar los componentes contaminantes existentes en el líquido acorde a los niveles de purificación óptimos y deseados[19].

- **Válvulas**

  Se implementan como un mecanismo que abre y cierra el paso del agua en respuesta a una orden hidráulica o neumática, su funcionamiento actúa como reguladoras de presión, limitación del caudal o con tecnologías para responder a órdenes eléctricas.

---

[17] Ibid.

[18] Ibid.

[19] Torres Bermúdez, Diana Lucía – Análisis del diagnóstico de las redes de alcantarillado de los Barrios San Isidro I y II, San Luis y La Sureña – Bogotá, 2022.

Entre estas se encuentran las válvulas de corte, de alivio de presión, reductoras de presión, entre otras[20].

- **Hidrante**

  Son elementos que conectan con el sistema de acueducto permitiendo la adaptación de mangueras utilizadas en extensión de incendios y otras actividades que deben ser autorizadas previamente por la entidad prestadora del servicio de acueducto[21].

5.1.5. Bases de datos espaciales.

Una Base de Datos Espacial permite describir los objetos espaciales que la forman a través de tres características básicas: atributos, localización y topología. Los atributos representan características de los objetos que nos permiten saber qué es lo que son. La localización, representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial de acuerdo con un sistema de referencia, permite saber dónde está el objeto y qué espacio ocupa. Por último, la topología definida por medio de las relaciones conceptuales y espaciales entre los objetos permite mejorar la interpretación semántica del contexto y establecer ciertas jerarquías de elementos a través de sus relaciones[22].

5.1.6. Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. Los SIG son herramientas que permiten almacenar, editar, analizar y compartir información geoespacial. El usuario interactúa con el sistema mediante la generación de consultas que facilitan el modelamiento de la información y

---

[20] Díaz Valencia, Ingrid Jeannette – Modelo de reporte de daños de la infraestructura de los sistemas de acueductos de Colombia – Bogotá, 2014.

[21] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado – Bogotá, 2000.

[22] Gutiérrez Mariella – El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una infraestructura de Datos – Chile, 2006.

permiten realizar interpretaciones las cuales se convierten en base para la toma de decisiones[23].

Los SIG juegan un papel importante dentro de la ejecución de actualización de catastro de redes, permitiendo la integración de bases de datos espaciales, junto a la implementación de diferentes técnicas de análisis de datos; con su propósito principal de brindar información pública, existen diferentes herramientas y aplicaciones, presentados como complementos de los principales Software de mayor uso para su ejecución, siendo estos ArcGIS y QGIS, quienes permiten su uso tanto en ordenadores como en dispositivos móviles. Dentro del proyecto se ejecuta la aplicación ArcGIS Survey 123, la cual permite realizar levantamiento de información en tiempo real, es decir, por medio de un formulario se recolecta en un punto geográfico los datos deseados por el usuario y a su vez, se observa lo recolectado en un geovisor. Posteriormente, se hace uso de la información en productos finales, como mapas interactivos, cartografía o tableros de control que permiten tomar decisiones, ya sea en planificación urbana, gestión ambiental, ordenamiento territorial u obras públicas.

5.2. Marco Normativo

5.2.1. Constitución política de 1991

Se da inicio al orden de los servicios públicos para Colombia enmarcado en el Capítulo 5 del Título XII “De la finalidad social del estado y de los servicios públicos” en dónde se define una nueva estructura para gestionar los servicios públicos, dictando así que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado, por ende, se le compete al Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

5.2.2. Ley 142 de 1994.

Por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Se establece en función de los servicios públicos domiciliarios y a las actividades tanto principales como complementarias que realizan las entidades prestadoras de los servicios públicos, los municipios competen como parte fundamental para asegurar

[23] Martínez Felipe, Cardozo Jorge – Metodología para la estructuración de un catastro de redes de acueducto y alcantarillado en un software SIG para el Barrio Guacamayas – Bogotá, 2020.

que se presten de manera eficiente a todos sus habitantes, se dictan otras funciones, definiciones básicas a conocer sobre los servicios públicos, el régimen jurídico de quiénes prestan los servicios públicos, la participación de las entidades públicas en empresas de servicios públicos, entre otros.

5.2.3. Ley 388 de 1997.

Con el propósito de modificar la Ley 9 de 1989 por el cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes, la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones, como objetivo y principio general se encarga de "garantizar que la utilización del suelo por parte de los propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres."

5.2.4. Decreto 1077 de 2015.

Específicamente para los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, se dispone el Capítulo 3, dónde se especifican funciones, definiciones, derechos, deberes, entre otros.

> *ARTÍCULO 2.3.1.3.1.1.1. Objeto. El presente capítulo contine el conjunto de normas que regulan las relaciones que se generan entre la entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios, actuales y potenciales, del mismo*
>
> *ARTÍCULO 2.3.1.3.1.1.2. Del registro o catastro de usuarios. Cada entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado deberá contar con la información completa y actualizada de sus suscriptores y usuarios, que contenga los datos sobre su identificación, modalidad del servicio que reciben, estados de cuentas y demás que sea necesaria para el seguimiento y control de los servicios.*
>
> *La entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado asegurará que la identificación de los inmuebles corresponda a la nomenclatura oficial. En casos excepcionales por deficiencias o baja cobertura de la nomenclatura*

oficial, la entidad prestadora de los servicios públicos podrá adoptar una nomenclatura provisional.

5.2.5. Resolución 1040 del 2023.

ARTÍCULO 1.1. OBJETO. La presente resolución tiene por objeto establecer el régimen de la gestión catastral con enfoque multipropósito para la adopción del modelo de gestión y operación catastral, definir las condiciones de habilitación y deshabilitación de gestores catastrales, regular los procesos de la gestión catastral, determinar las especificaciones técnicas de la base de datos, la adopción de la guía para la elaboración de planes de calidad en la formación y actualización catastral y conformar la Instancia Técnica Asesora para la Gestión Catastral.

Si bien para el presente proyecto no se dispone de normativa enfocada en la actualización de catastro de redes con enfoque multipropósito, siguiendo las disposiciones y lineamiento de la Resolución 1040 de 2023 para la actualización catastral, se identifican especificaciones, procedimientos y usos de la información que se siguen de forma similar dentro de la actualización de redes de acueducto y alcantarillado para el Municipio de Soacha.

5.2.6. Resolución 746 del 2024

La presente resolución tiene como objeto modificar el estatuto normativo enmarcado por la resolución No. 1040 de 2023 donde se realizan precisiones en materia de los operadores, gestores, requisitos, trámites para revisión de avalúos, actuaciones normativas, entre otras funciones que enmarcan directamente el inventario catastral a nivel municipal y regulan su funcionamiento a partir de las siguientes conjeturas explícitamente escritas en la resolución.

"…a partir de la Resolución 1040 de 2023, en colaboración con los gestores catastrales y otros intervinientes de la gestión catastral, se han identificado oportunidades de mejora en dicha regulación Estas mejoras están orientadas a garantizar una mayor alineación con los objetivos generales de la gestión catastral multipropósito y asegurar el cumplimiento de los principios de calidad, eficiencia y eficacia, seguridad jurídica e integralidad.

"…De acuerdo con lo expuesto anteriormente, resulta necesario realizar precisiones, ajustes y modificaciones a la Resolución 1040 de 2023 y a sus anexos 1, 8, 10 y 11 con el fin de

garantizar la integridad, coherencia y armonía del contenido de la regulación única de la gestión catastral multipropósito.

...El proyecto fue sometido a revisión y comentarios de la Instancia Técnica Asesora según lo establecido en el artículo 79 de la Ley 1955 de 2019, modificado por el artículo 43 de la Ley 2294 de 2023 el día 18 de marzo de 2024.

...De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 8 de la Ley 1437 de 2011, el proyecto de acto administrativo fue publicado en la página web del IGAC durante los días 19 al 23 de marzo de 2024, con el propósito de recibir comentarios de la ciudadanía y los grupos de interés. Las respuestas a estos comentarios fueron publicadas en la página del IGAC el dia 10 de mayo de 2024."

5.3. Marco Administrativo

La empresa Ingeomatica S.A.S, perteneciente al sector privado, es un equipo dedicado a la precisión e innovación en cada proyecto, cumpliendo con la prestación de servicios de ingeniería en captura de procesamiento de datos geográficos, buscando acoger las necesidades del mercado en cuanto a levantamiento, disposición de información y procesamiento en el área de ingeniería catastral y geodesia permitiendo destacar en experiencia y compromiso con la excelencia.

Dentro del proyecto se compone un equipo de profesionales con la capacitación necesaria enfocada en la optimización del control y mantenimiento sobre las redes de acueducto y alcantarillado, con uso de herramientas y tecnologías a medida que permiten el mapeo preciso y detallado de toda la infraestructura. Para la ejecución de este proyecto, se realiza una complementación en el equipo, adicionando el apoyo de un pasante de Ingeniería Catastral y Geodesia.

5.4. Marco Geográfico

5.4.1. Localización

La cabecera municipal del Municipio Soacha se ubica en el Departamento de Cundinamarca, específicamente al Suroccidente de la Ciudad de Bogotá D.C. colindando con los barrios de Bosa y Ciudad Bolívar en su apartado urbano. Ambos centros de desarrollo a lo largo de su expansión territorial presentan un fenómeno de conurbación, lo que da lugar a diferentes manifestaciones de empalme enfocados al desarrollo de proyectos e infraestructura conjunta, como es el caso de la adecuación de las troncales de Transmilenio y la implementación o mejora para la Autopista Sur – NQS, entre otros.

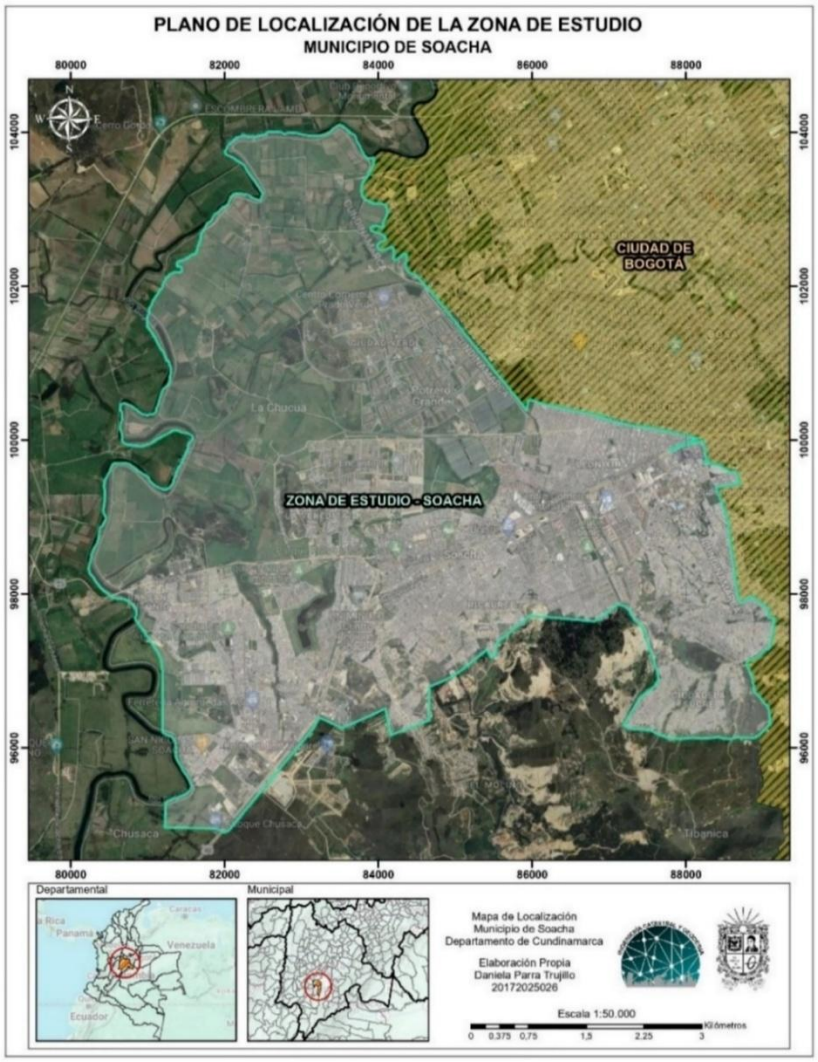


Ilustración 5. Delimitación del área de trabajo en el Municipio de Soacha.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el Municipio de Soacha colinda con otros municipios al interior del departamento como Mosquera, Granada, Bojacá y San Antonio del Tequendama. La cabecera municipal se divide en 6 comunas, las cuales políticamente se subdividen en 688 barrios, entre los cuales destacan Ciudad Verde, San Mateo, Ricaurte, Terreros, Ciudad Latina, entre otros.

5.4.2. Información y crecimiento poblacionales

A partir de los datos oficiales arrojados por el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2018 (CNVP 2018) por parte del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) se conoce que actualmente el municipio cuenta con un total de 808.288 habitantes, con su mayoría concentrada en el suelo urbano, representando un número de 803.750 habitantes[24].

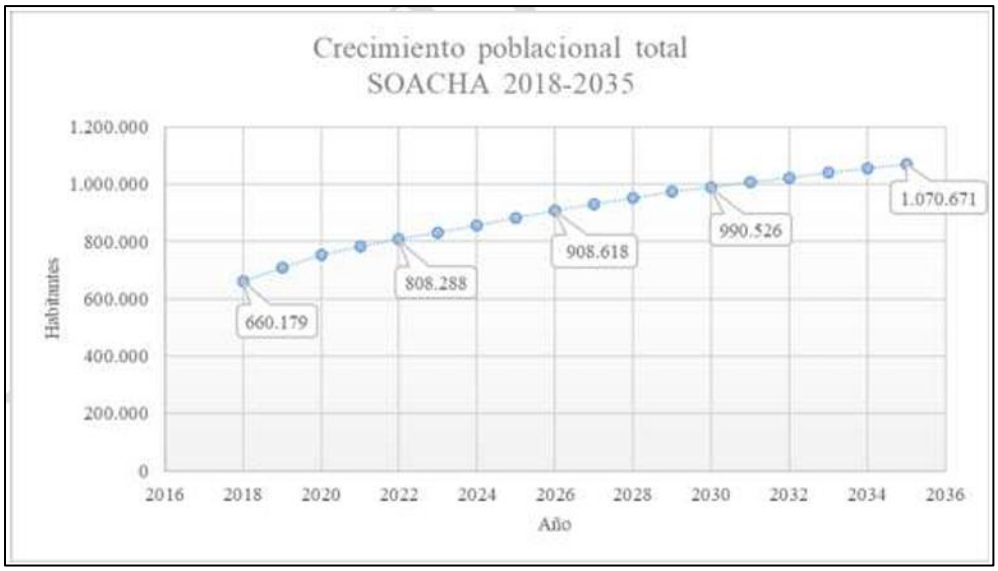


Ilustración 6. Crecimiento poblacional total de Soacha 2018 – 2032. Crecimiento por periodos de cuatro años.

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial Soacha.

[24] Alcaldía Municipal de Soacha - Plan de Ordenamiento Territorial, 2020.

El municipio de Soacha ha presentado históricamente unas dinámicas poblacionales particulares que presentan complicaciones al cualificarla o cuantificarla, teniendo en cuenta que dentro de su dinamismo demográfico hay efectos recalcados de movimientos migratorios; adicionalmente se debe reconocer que el municipio es el que cuenta con mayor población dentro del departamento. Desde una perspectiva de crecimiento poblacional, se muestra una tendencia constante de crecimiento hasta el año 2035 (DANE), llegando a superar el millón de habitantes en el municipio, con un total de 1.070.671 habitantes, identificando que el número de aumento de la población cada cuatro años, oscila entre ochenta mil y cien mil habitantes[25].

5.4.3. Estratificación socioespacial y densificación

En cuanto a una distribución por grupos sociales, la mayor parte de las viviendas se sitúan en un índice de estratificación oscilatorio entre 2.5 a 3; índice que por definición varía entre 1 y 6, correspondiente al número de estratos, sin embargo, en Soacha los valores no superan el 3, debido a que ninguna manzana dentro de la ciudad se encuentra clasificada en algún estrato superior. Adicionalmente, dentro de las áreas urbanizadas, se logra identificar un número superior al 54% de viviendas con un índice de estratificación inferior a 2.5, implicando su localización en zonas con entorno precarios, tratándose de construcciones incompletas en barrios informales que aún presentan un desarrollo progresivo, por consiguiente, tiene calles sin pavimentar o en mal estado, acortando el acceso, tanto en transporte, como en alcance o cobertura de servicios públicos básicos[26].

[25] Ibid.

[26] Ibid.

5.4.4. Áreas en condición de riesgo por inundaciones en el suelo urbano y de expansión urbana

Para el municipio de Soacha se identifica un área de 192,79 hectáreas (Ha) con condición de riesgo por inundaciones en el suelo urbano y de expansión urbana, sobre las comunas de Compartir (4,63 Ha), Centro (92,74 Ha), La Despensa (33,10 Ha), San Humberto (8,16 Ha), Ciudad Verde (44,62 Ha) y Bosatama (9,52 Ha)[27].

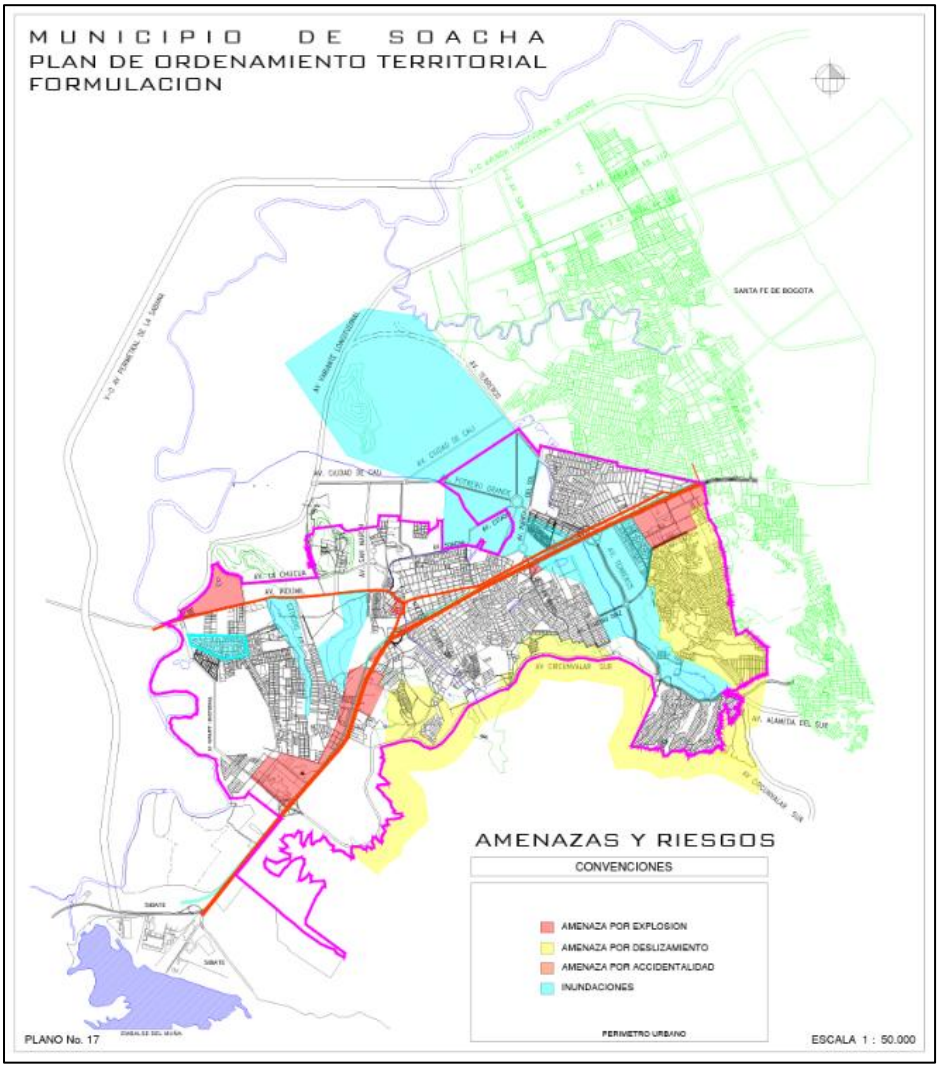


Ilustración 7. Amenazas y riesgos del Municipio de Soacha.

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial Soacha.

[27] Ibid.

6. Metodología

6.1. Metodología general

Para la actualización del catastro de redes de los servicios de acueducto y alcantarillado en el Municipio de Soacha se trabaja con una guía metodológica seguida por la empresa Ingeomatica S.A.S, acorde a otros proyectos similares de actualización, conocidos como casos de éxito, ejecutados por ellos mismos; permitiendo elaborar un flujograma metodológico que organiza el trabajo y desarrollo del proyecto de grado.

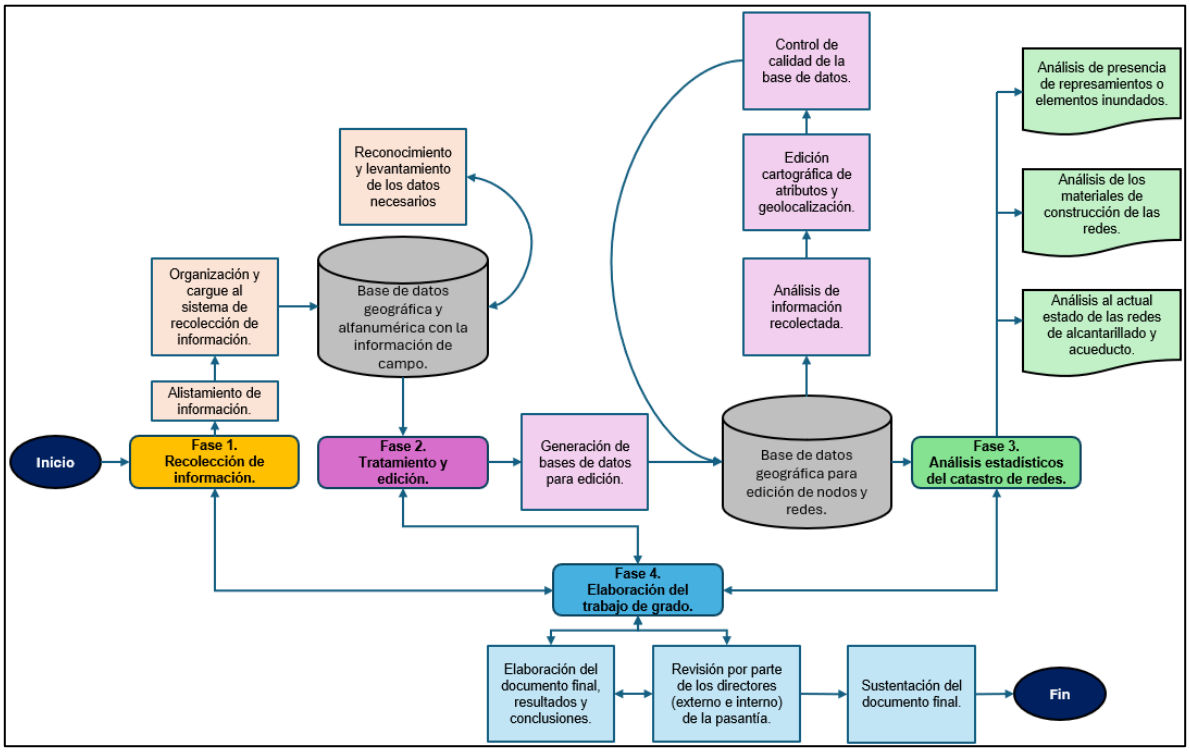


Ilustración 8. Flujograma de la Metodología de trabajo y desarrollo.

Fuente. Elaboración propia.

- **Fase 1. Recopilación de la información**. Consiste en el alistamiento de información necesaria para el desarrollo de actividades en campo, comprendido en la sectorización de la zona de estudio, generación de cartografía física, generación de cartografía web en el servidor de ArcGIS online, generación de formularios a diligenciar en campo en ArcGIS Survey123, permitiendo captura de información cualitativa, cuantitativa, geográfica y fotográfica; reconocimiento y levantamiento de los datos necesarios de

alcantarillado y acueducto; y la respectiva organización y cargue al sistema haciendo uso de la información capturada desde ArcGIS Survey123 mediante la actualización de la base de datos geográfica ya existente, por medio del software ArcGIS desktop.

- **Fase 2. Tratamiento y delimitación.** Se debe realizar la generación y organización de las bases de datos geográficas para edición de puntos de acueducto o alcantarillado; análisis de la información recolectada (estudio de diagramas de distribución de tuberías y rectificación con fotografías), la edición cartográfica comprende información de atributos y geolocalización de los diferentes nodos y redes que componen la red de alcantarillado y acueducto; consolidando finalmente con su respectivo control de calidad de la base geográfica.

- **Fase 3. Actualización y análisis estadísticos del catastro de redes generado.** Consiste en la generación de análisis numéricos y gráficos referentes al actual estado de las redes de alcantarillado y acueducto; análisis numéricos y gráficos de los materiales de construcción de las redes (Tuberías, sumideros, alcantarillas, pluviales, etc.) y elaboración de análisis gráficos con presencia de represamientos o elementos inundados.

- **Fase 4. Informe final.** Elaboración del documento final con sus respectivos resultados y conclusiones; revisión del proyecto por parte de los directores (externo e interno) y la sustentación final del documento.

6.2. Metodología Especifica

6.2.1. Revisión de la información geográfica y alfanumérica suministrada por la EAAB.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá cuenta con una información preliminar en formato GDB, la cual fue suministrada para la elaboración del proyecto, cabe resaltar que la información que es suministrada por la EAAB es información pública a la que se puede acceder desde el "Geoportal EAAB-ESP". Inicialmente, se realiza una sincronización inicial,

sectorizando el perímetro de Soacha sobre el que se trabaja, de forma que se conocen y organizan los sitios a recorrer y actualizar.

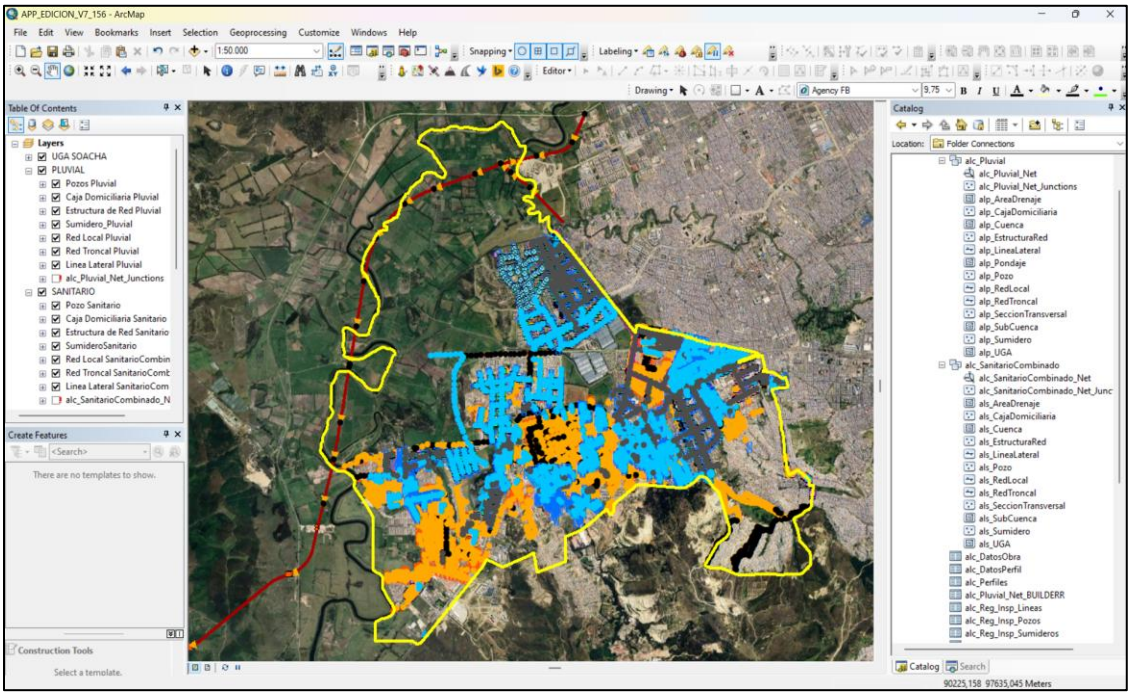


Ilustración 9. Información preliminar de redes de alcantarillado en Soacha.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

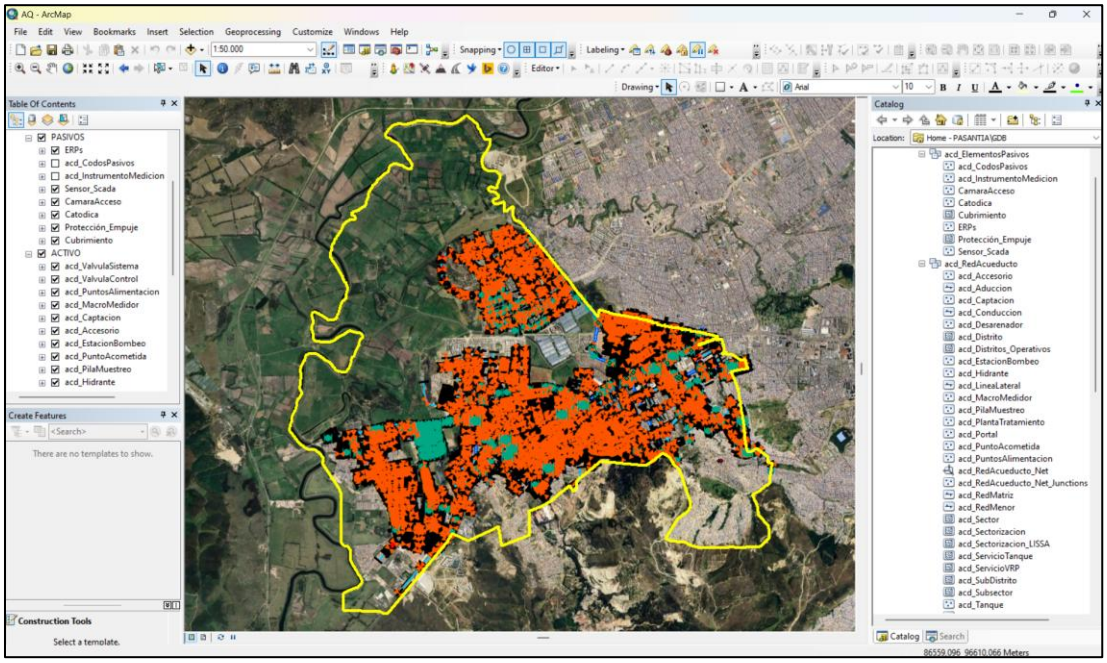


Ilustración 10. Información preliminar de redes de acueducto en Soacha.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Con la información preliminar de los sistemas de acueducto y alcantarillado, es importante conocer los elementos y variables de cada uno de los sistemas, entendiendo que para el sistema de alcantarillado se desglosan dos sistemas diferentes.

6.2.2. Identificación de elementos y variables en el Sistema de Acueducto

Existen diferentes elementos que componen el sistema de acueducto, estos se encuentran respectivamente en la base de datos de geográfica, distinguiendo los elementos pasivos de los elementos activos del sistema.

- **Elementos Activos**

Red Acueducto (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
Accesorios	IDSIG
	Subtipo
	Estado Red
	Calidad Dato
	Material
	Profundidad
	Diámetro nominal
	Diámetro nominal 2
	Clase Accesorio
Estación de Bombeo	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Nombre
	Dirección
Hidrante	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Tipo de espacio público
	Tipo de material de espacio público
	Material
	Diámetro nominal
	Marca
	Estado Físico
Válvula de Sistema	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato

Red Acueducto (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
	Tipo de espacio público
	Tipo de material de espacio público
	Material
	Diámetro nominal
	Profundidad
	Estado operacional
	Tipo de operación
	Estado físico
	Función
	Vueltas cierre
Válvula de Control	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Tipo de espacio público
	Tipo de material de espacio público
	Material
	Diámetro nominal
	Profundidad
	Estado operacional
	Tipo de operación
	Estado físico
Pila de Muestreo	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Tipo de espacio público
	Tipo de material de espacio público
	Material
	Diámetro nominal
	Estado
	Clase punto
Macro Medidor	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato

Tabla 1. Elementos tipo punto en la red de acueducto.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Red Acueducto (Elementos tipo línea)	
Elemento	**Atributos**
Línea Lateral	IDSIG

Red Acueducto (Elementos tipo línea)	
Elemento	**Atributos**
	Subtipo
	Diámetro nominal
	Material
	Calidad Dato
	Profundidad
	Tipo instalación
Red Menor	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Diámetro nominal
	Material
	Tipo instalación
	Profundidad
Red Matriz	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Diámetro nominal
	Material
	Tipo instalación
	Profundidad

Tabla 2. Elementos tipo línea en la red de acueducto.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

- **Elementos Pasivos**

Red Acueducto (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
Codos Pasivos	IDSIG
	Diámetro nominal
	Material
	Calidad Dato
Instrumento de Medición	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Diámetro
Cámara de Acceso	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Diámetro acceso

Red Acueducto (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
	Tipo acceso
	Profundidad
	Estado red
ERP's	IDSIG
	Subtipo
	Diámetro

Tabla 3. Elementos tipo punto en la red de acueducto.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

6.2.3. Identificación de elementos y variables en el Sistema de Alcantarillado

En el sistema de alcantarillado se encuentra una división de dos subsistemas, el subsistema pluvial y subsistema sanitario, teniendo en cuenta que las aguas residuales pueden ser provenientes de las lluvias o pueden ser provenientes de usos domésticos; sin embargo, se encuentran los mismos elementos en cada uno de ellos, esto debido a que inicialmente no había existencia de una división en la recepción de aguas residuales, es decir, se tenía únicamente el sistema sanitario.

Red Alcantarillado – Pluvial y Sanitario (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
Pozos	IDSIG
	Sistema
	Estado en red
	Calidad Dato
	Estado físico
	Estado pozo
	Tipo de almacenamiento
	Subtipo
	Profundidad
	Diámetro pozo
	Tipo de espacio público
	Tipo de material de espacio público
	Estado cargue
	Estado tapa
	Material tapa
	Estado marco
	Cono de reducción
	Tipo de cono

Red Alcantarillado – Pluvial y Sanitario (Elementos tipo punto)	
Elemento	**Atributos**
	Material de cono
	Estado de cono
	Estado del cilindro
	Material del cilindro
	Estado escalones
	Material escalones
	Estado cañuela
	Tipo de cargue
	Altura de cargue
	Tipo de anomalía
Estructuras	IDSIG
	Subtipo
	Calidad Dato
	Estado en red
	Sistema
	Material
	Tiene cabezal
	Estado físico
Sumideros	IDSIG
	Subtipo
	Sistema
	Material
	Estado en red
	Calidad Dato
	Estado rejilla
	Material rejilla
	Tamaño reja
	Estado de tapa de acceso
	Estado operacional
	Estado físico
	Profundidad
	Detalle

Tabla 4. Elementos tipo punto en la red de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Red Alcantarillado – Pluvial y Sanitario (Elementos tipo línea)	
Elemento	**Atributos**
Línea Lateral	IDSIG
	Sistema

Red Alcantarillado – Pluvial y Sanitario (Elementos tipo línea)	
Elemento	**Atributos**
	Diámetro
	Material
	Material de espacio público
	Estado en red
	Longitud (m)
	Subtipo
	Profundidad
	Grado estructural
	Grado operacional
	Estado operacional visual
	Tipo de inspección
	Nodo inicial
	Nodo final
	Profundidad inicial
	Profundidad final
	Estado nodo inicial
	Estado nodo final
	Tipo de anomalía
Red Local	IDSIG
	Sistema
	Diámetro
	Material
	Material 2
	Material de espacio público
	Estado en red
	Longitud (m)
	Subtipo
	Número de conductos
	Profundidad
	Tipo de sección
	Cámara de caída
	Base
	Altura
	Grado estructural
	Grado operacional
	Estado operacional visual
	Tipo de inspección
	Nodo inicial
	Nodo final

Red Alcantarillado – Pluvial y Sanitario (Elementos tipo línea)	
Elemento	**Atributos**
	Profundidad inicial
	Profundidad final
	Estado nodo inicial
	Estado nodo final
	Tipo de anomalía
Red Troncal	IDSIG
	Sistema
	Diámetro
	Material
	Material 2
	Material de espacio público
	Estado en red
	Longitud (m)
	Número de conductos
	Subtipo
	Profundidad
	Tipo de sección
	Cámara de caída
	Base
	Altura
	Grado estructural
	Grado operacional
	Estado operacional visual
	Tipo de inspección
	Nodo inicial
	Nodo final
	Profundidad inicial
	Profundidad final
	Estado nodo inicial
	Estado nodo final
	Tipo de anomalía

Tabla 5. Elementos tipo punto en la red de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

6.2.4. Tratamiento y delimitación de la información preliminar

Teniendo en cuenta que se trabaja sobre un área de terreno amplio, se da un tratado de la información similar sobre el sistema de acueducto y el sistema de alcantarillado, de forma que, para el sistema de Acueducto, se trabaja sobre una división inicial de la zona ya

suministrada por la EAAB, donde se sectoriza por medio de Distritos Hidráulicos, de forma que se pueda trabajar por zonas más pequeñas; para el sistema de Alcantarillado, existe de igual forma que para el sistema de acueducto, una sectorización ya suministrada por parte de la EAAB, denominados como Unidades de Gestión Alcantarillado (UGA), de esta forma, se facilita la división de trabajo para los diferentes equipos que se organizan.

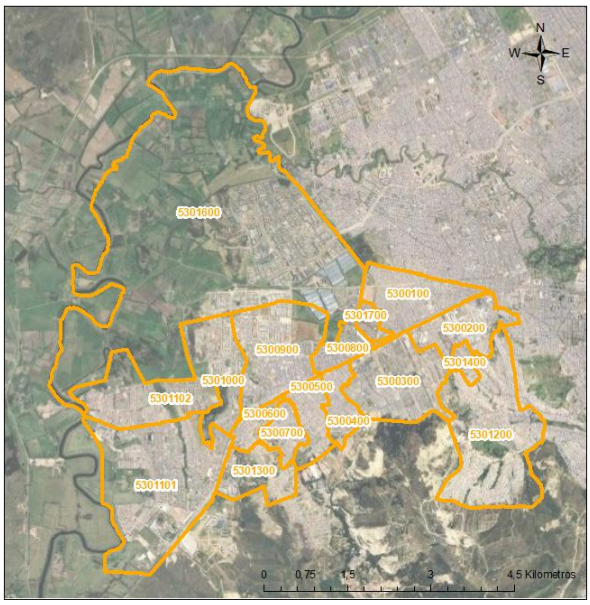


Ilustración 11. Sectorización por Distritos Hidráulicos para el Sistema de Acueducto.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

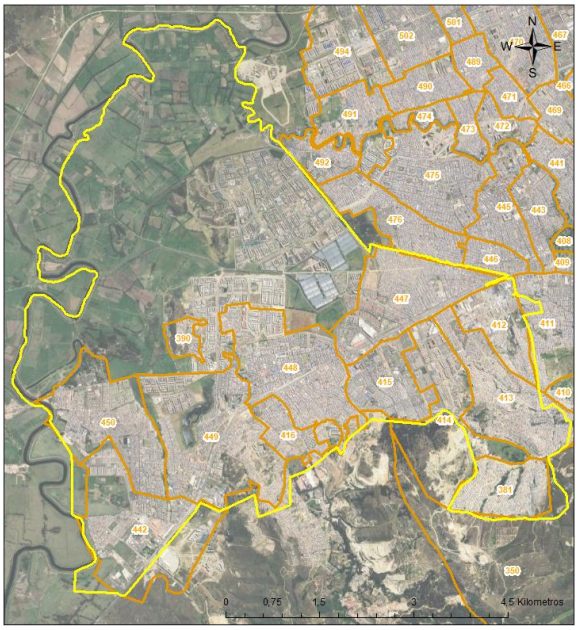


Ilustración 12. Sectorización por UGA para el Sistema de Alcantarillado.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Adicionalmente, se le da un tratamiento a la información en bases de datos, adicionando campos o atributos a los diferentes elementos que componen los sistemas, de forma que se logre una mejor caracterización y actualización de los mismos, entre ellos, se adicionan campos que permiten identificar a que sectorización pertenece el elemento, el grupo de trabajo que realiza la actualización, fechas de edición sobre los elementos y confirmación sobre si ya fue actualizado o no, de esta forma se logra un mejor manejo sobre la información y calidad en el producto final.

6.2.5. Generación de cartografía como suministro para operativo de campo

La cartografía es una parte fundamental como preparación para el levantamiento en campo, por lo que, como parte de metodología, se genera cartografía tanto digital como análoga, dónde se combina la información de la geodatabase suministrada por la EAAB, junto con información base del Municipio en cuestión, tales como malla vial, manzanas, barrios, comunas, entre otros. Para la cartografía análoga, se genera la impresión de planos sectorizados, que son suministrados al equipo de trabajo que realiza el respectivo levantamiento donde se tiene una referencia del trazado de las redes.



Ilustración 13. Cartografía análoga para trabajo de campo.

Fuente. Informe de entrega catastro de redes de alcantarillado – Ingeomatica S.A.S.

Para la cartografía digital, se generan mapas web por medio de ArcGIS Online, permitiendo mayor interacción con la información logrando diferentes soluciones durante el trabajo de campo, los mapas son visualizados en los dispositivos suministrados, por medio de la aplicación ArcGIS Field Maps, de esta forma se logra que todos tengan acceso a la información y se obtienen altos niveles de calidad en la toma de datos.

6.2.5.1. ArcGIS Field Maps

Es un aplicativo integral que permite el uso de mapas basados en datos, ayudando al personal de campo a realizar la recopilación y edición de datos móviles, permite encontrar activos, información e informar al usuario de su ubicación en tiempo real, esta aplicación agiliza los flujos de trabajo que requieren el uso de dispositivos móviles, aun teniendo en cuenta que permite recopilar y editar información, en este proyecto, se usa como guía de localización y visualización de las redes construidas[28].



Ilustración 14. Visualización de los mapas web por medio de la aplicación ArcGIS Field Maps.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

[28] ESRI – Aplicación de recopilación de datos sobre el terreno para trabajadores móviles, ArcGIS Field Maps, 2021.

6.2.6. Formulario digital para captura de información en campo

Para el proceso de levantamiento en campo es de suma importancia garantizar que la información final se registre con la menor cantidad de errores posibles, para este caso se opta por el uso de herramientas digitales que permiten capturar la información de manera parametrizada y en específico para este proyecto, con su debido posicionamiento, para esta última característica se suministran dispositivos con la tecnología necesaria que permite un alto grado de precisión; finalmente la herramienta a utilizar es ArcGIS Survey 123.

6.2.6.1. ArcGIS Survey 123

Esta herramienta actúa principalmente como un generador de formularios dinámico, facilitando y agilizando la recopilación de datos, adicionalmente permite visualizar y analizar la información capturada desde un ámbito geográfico, que nos permite comprender mejor el dónde y el porqué de ellos[29].

Para este proyecto, la herramienta representa diferentes ventajas, entre ellas, la posibilidad de crear y diseñar los formularios que capturan la información, de tal forma que se hereden los dominios de la base de datos geográfica preliminar, es decir, la suministrada por la EAAB; por otra parte, permite la captura de registros fotográficos, los cuales son un elemento importante dentro de la actualización del catastro de redes, ya que fuera de la información alfanumérica y geográfica, es necesario contar con evidencia visual, permitiendo reconocer y analizar de mejor forma el estado de los elementos; finalmente, el posicionamiento de los elementos, que en complemento con el dispositivo a usar, se logra una correcta espacialización de los elementos en campo.

[29] ESRI – Generador de formularios en línea para formularios y encuestas inteligentes, ArcGIS Survey 123, 2020.

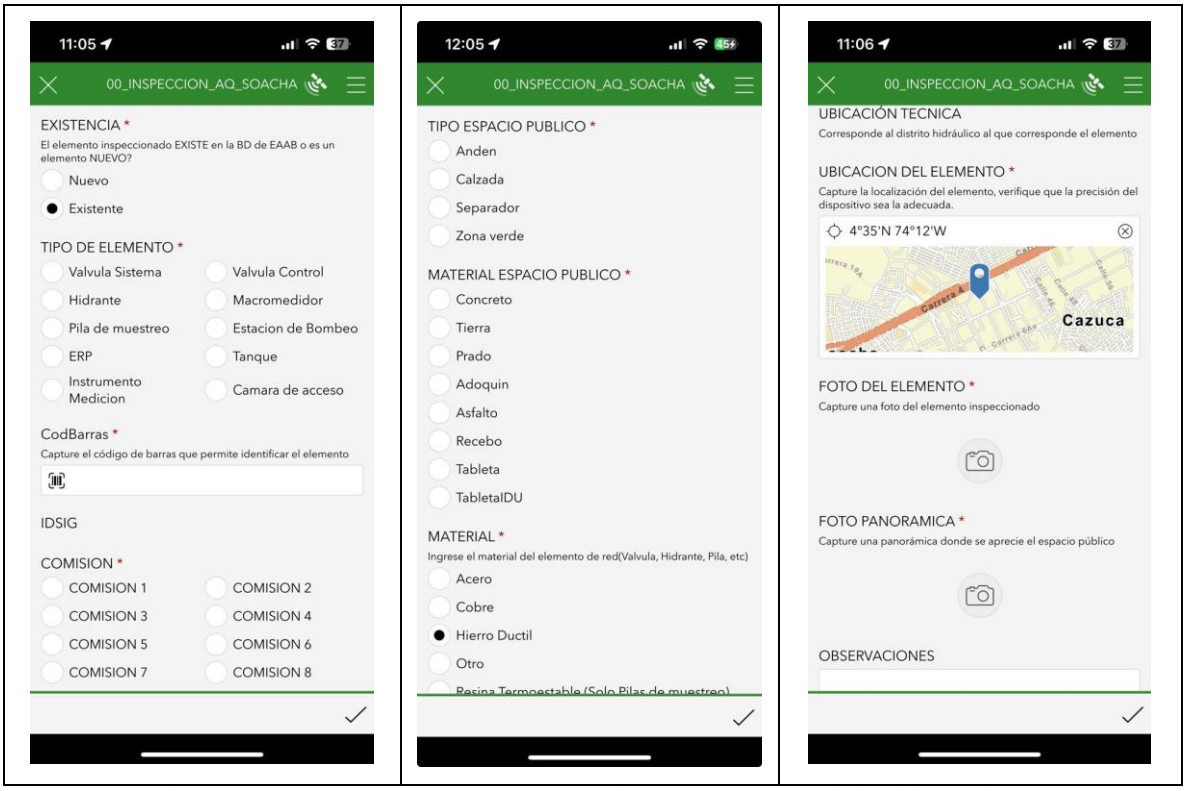


Ilustración 15. Encuesta en ArcGIS Survey 123 para levantamiento en campo de la red de acueducto.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

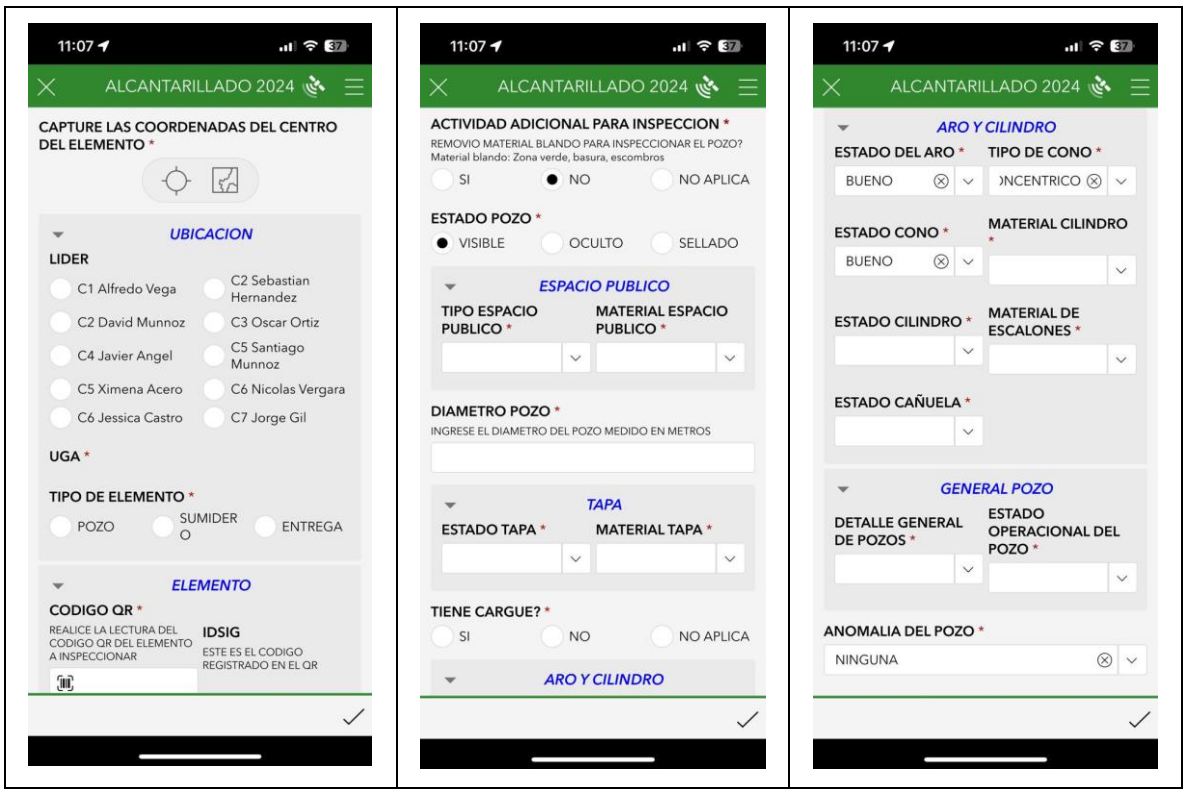




Ilustración 16. Encuesta en ArcGIS Survey 123 para levantamiento en campo de la red de alcantarillado.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

6.2.7. Recolección de información en campo

6.2.7.1. Organización de grupos de trabajo

La organización de los grupos de trabajo para levantamiento de campo son denominados como comisiones y se componen de diferente manera tanto para el sistema de acueducto como para el sistema de alcantarillado, esto debido a que la información a actualizar para el sistema de acueducto, corresponde principalmente a la visualización y toma de datos de los elementos que se encuentran en la superficie, a diferencia del sistema de alcantarillado que gracias a los elementos tipo pozo, es posible visualizar y tomar datos, no solo de los elementos superficiales, sino que también es posible para los elementos subterráneos.

De esta forma, para el levantamiento del sistema de acueducto los grupos de trabajo se componen por:

- **Líder de comisión:** Es el encargado del manejo del dispositivo y de diligenciar la información solicitada en los formularios.
- **Conductor:** Es el encargado de conducir el vehículo en el que se transportará el líder de la comisión, con herramientas necesarias para la inspección de los elementos en campo.
- **Escolta:** Garantiza la seguridad del personal que componen el grupo de trabajo y del recurso físico que se le suministra.



Ilustración 17. Comisión en procedimiento de captura de datos para elementos de acueducto.

Fuente. Informe de entrega catastro de redes de alcantarillado – Ingeomatica S.A.S

Para el sistema de alcantarillado, es necesaria la intervención de más profesionales, teniendo cuenta que se permite realizar la inspección completa en dicho sistema, los grupos de trabajo se componen por:

- **Líder de comisión:** Es el encargado del manejo del dispositivo y de diligenciar la información solicitada en los formularios, tiene la responsabilidad de determinar la conectividad de la red, verificando su consistencia y coherencia en la información que se levanta.
- **Inspector:** Se encarga del ingreso a los pozos para la captura de información interna.
- **Auxiliar:** Es el encargado de la apertura de los pozos, apoyando al inspector en su ingreso y salida de este con seguridad.
- **Escolta:** Garantiza la seguridad del personal que componen el grupo de trabajo y del recurso físico que se le suministra.

- **Conductor:** Es el encargado de conducir el vehículo en el que se transportará el grupo de trabajo, con las herramientas necesarias para la inspección de los elementos en campo. Adicionalmente, como este sistema de red se encuentra en su mayoría sobre vías, el conductor apoya con el manejo de tráfico vehicular.

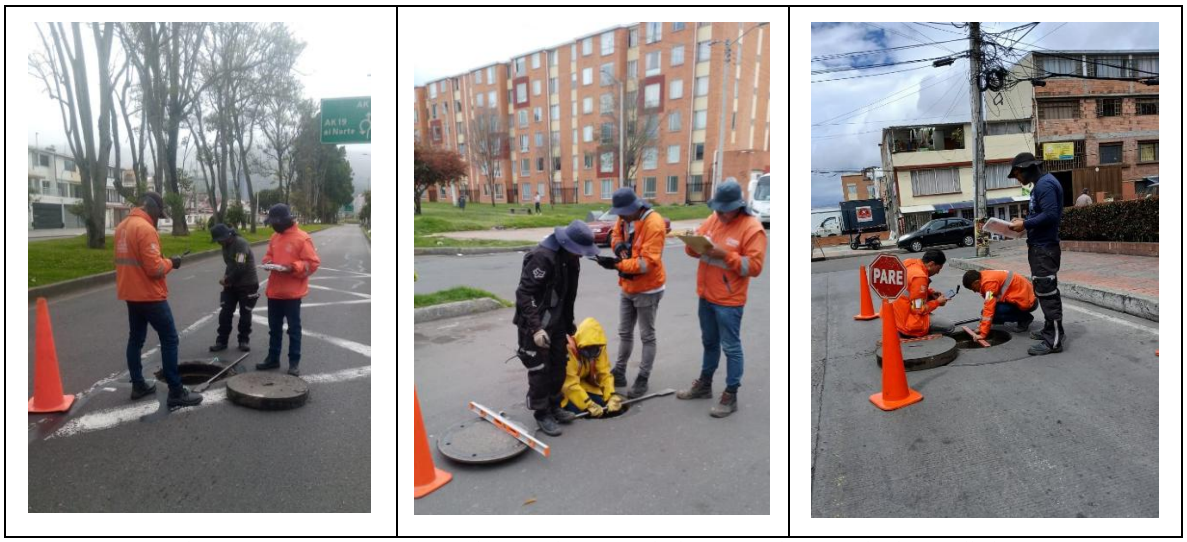
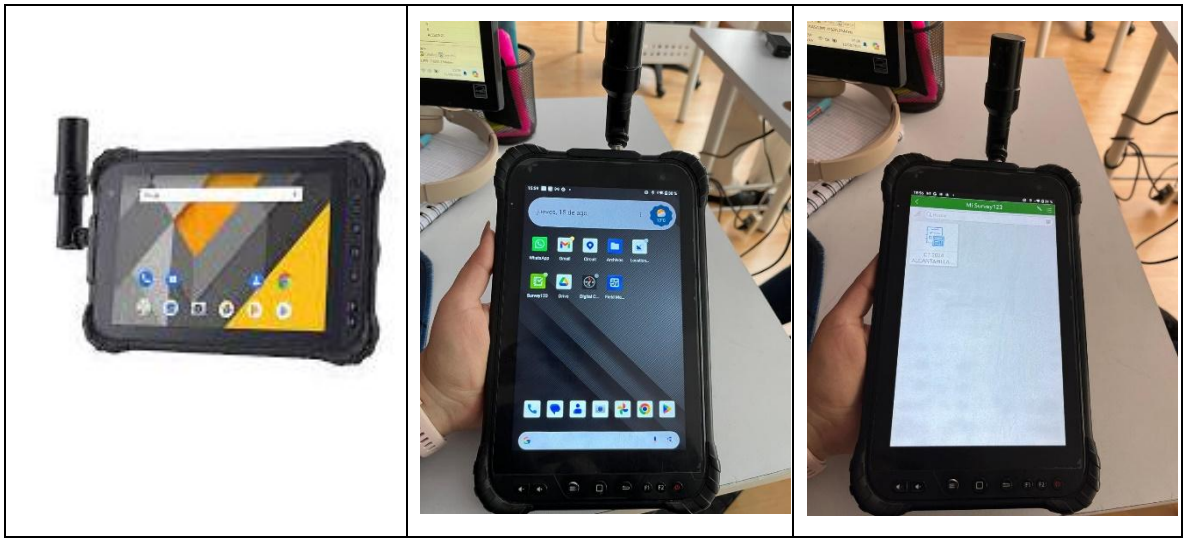


Ilustración 18. Comisión en procedimiento de captura de datos para elementos de alcantarillado.

Fuente. Informe de entrega catastro de redes de alcantarillado – Ingeomatica S.A.S

6.2.7.2. Dispositivo de trabajo en campo

Para la captura de datos se suministra un dispositivo fundamental para el funcionamiento de los formularios generados; según su capacidad tecnológica, se realiza el uso de equipos tipo Tablet, referencia CHCNAV LT7000H.



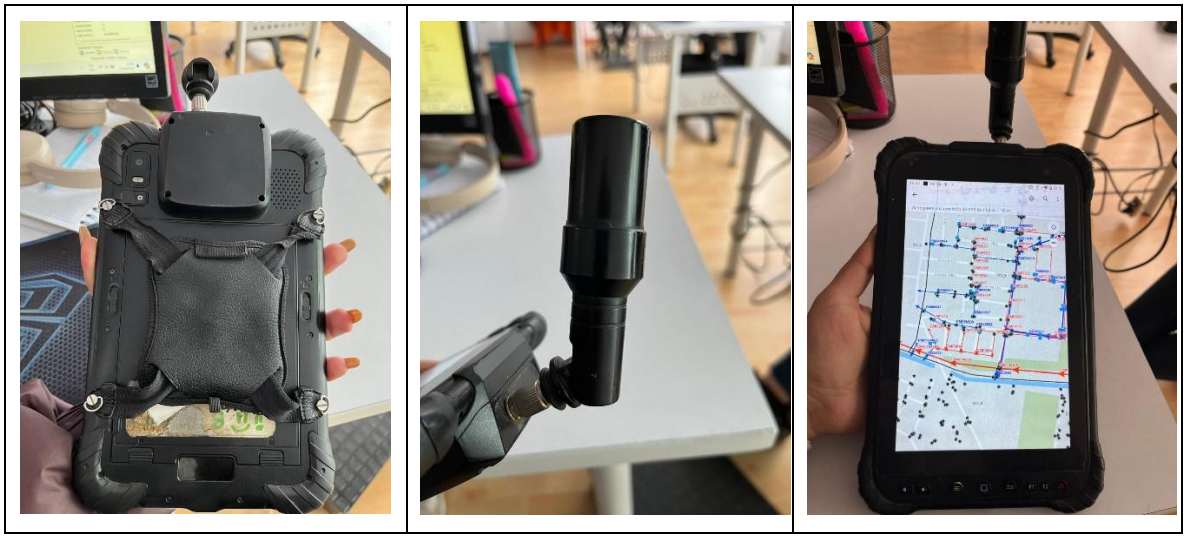


Ilustración 19. Equipo CHCNAV LT7000H.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

El equipo cuenta con una antena integrada que tiene la capacidad de recibir datos de cuatro constelaciones, estas corresponden a GPS, Glonass, Galileo y BeiDou; cuenta con la tecnología Global System for Mobile Communications (GSM), lo que le permite conectarse a una red de comunicación local para transferir datos y al mismo tiempo obtener posición centimétrica en tiempo real.

6.2.7.3. Procedimiento de levantamiento de los atributos de los elementos en campo

6.2.7.3.1. Levantamiento en el sistema de acueducto

Con la asignación de distritos hidráulicos a cada comisión de trabajo, se realiza la respectiva investigación e inspección de los elementos en campo, para cada sector se recorren todas las calles y vías, verificando la existencia de los elementos visibles y registrados en la base de la EAAB e identificando los elementos nuevos. Cada grupo de trabajo organiza los recorridos a realizar, conociendo previamente y durante la ejecución, el área a inspeccionar con la cartografía suministrada.

En el proceso de inspección o captura de datos se realizan verificaciones de estados físicos de los elementos, reportando cualquier tipo de daño o mal funcionamiento, esto junto con otras características importantes a conocer; para cada uno de los elementos, se realiza su

registro en el formulario y se capturan dos fotografías correspondientes a una panorámica donde se visualiza el entorno en el que se ubica el elemento y una detallada o específica que nos permite visualizar el estado del elemento.

Fotografía detallada	Fotografía panorámica
	
	

Ilustración 20. Ejemplo de fotografías en algunos elementos inspeccionados del sistema de acueducto.

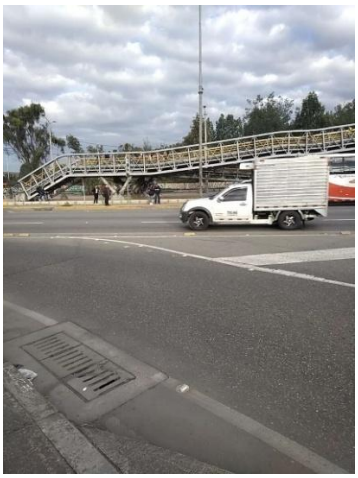
Fuente. Informe de entrega catastro de redes de alcantarillado – Ingeomatica S.A.S

6.2.7.3.2. Levantamiento en el sistema de alcantarillado

Para cada comisión se asignan las respectivas UGAs, de forma que se puede iniciar con el operativo de campo, reconociendo las zonas de trabajo por medio de la cartografía suministrada inicialmente, ubicados en el terreno la captura de datos consiste en la inspección

e investigación visual de las características físicas y operativas de toda la red de alcantarillado, identificando la existencia tanto de elementos ya registrados por la EAAB, como la existencia de elementos nuevos.

Para la inspección se inicia con los elementos tipo pozo, los cuales se abren para el ingreso del inspector, identificando las características y el estado del elemento, internamente se identifican los conductos que conectan los pozos, estos son reconocidos cómo elementos independientes, por lo que de igual forma se identifican sus características, su estado y como parte fundamental, se miden sus profundidades desde el borde del aro del pozo, hasta la cota clave de cada uno de los conductos; para finalizar se realiza la captura de fotografías correspondientes a una panorámica, una detallada, y una específica a cada conducto.

Fotografía detallada	Fotografía panorámica
	
	

Fotografías de estructuras	
	
	
Fotografías de conductos	
	

Ilustración 21. Ejemplo de fotografías en algunos elementos inspeccionados del sistema de alcantarillado.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

6.2.8. Organización de la información recolectada en campo

Con la captura de datos realizada desde la aplicación ArcGIS Survey 123, la información queda guardada en un espacio online o tipo Cloud, que es manejado por ESRI, permitiendo visualizar la información como un mapa web; es así cómo se suministra un tablero de control, realizado por medio de la aplicación ArcGIS Dashboard, en donde se puede visualizar la información ya capturada y en este caso, se usa para conocer los rendimientos y avances de cada grupo de trabajo y de cada sector.

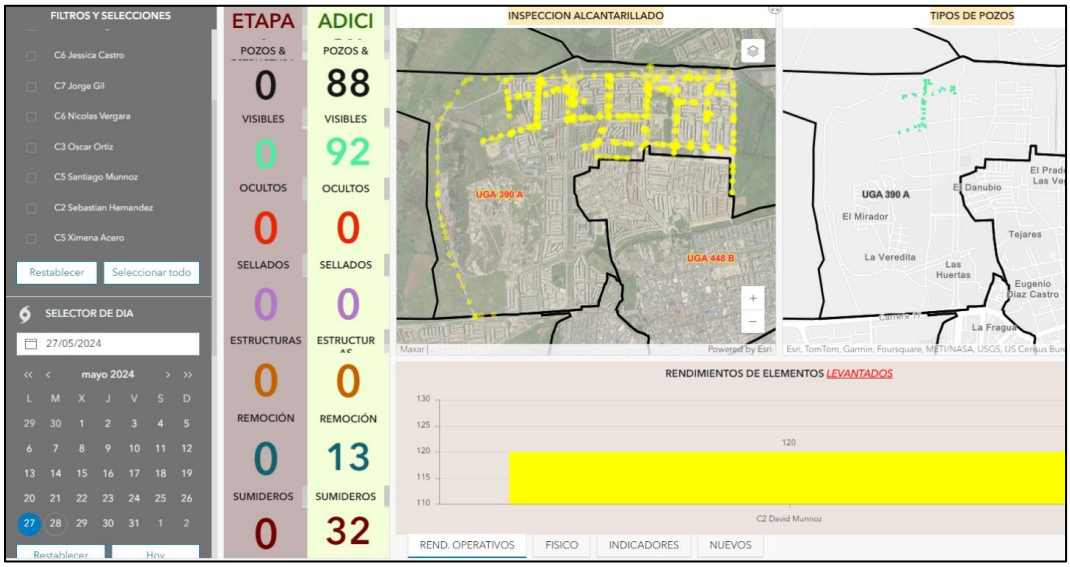


Ilustración 22. Tablero de control como herramienta suministrada para conocer información capturada en campo.

Fuente. Proyecto de pasantía: Levantamiento y actualización del 100% del catastro de redes de acueducto y alcantarillado de Soacha - Ingeomatica S.A.S.

Como la información queda almacenada dentro del ArcGIS online, se permite que pueda ser exportada en una base de datos geográfica, en la que se hereda la estructuración y dominios que fueron definidos al momento de crear los formularios y así mismo, guarda las fotografías de cada objeto; de esta forma, es posible migrar la información capturada en campo a la base de datos geográfica de la EAAB, en la que se realiza la respectiva actualización de los elementos.

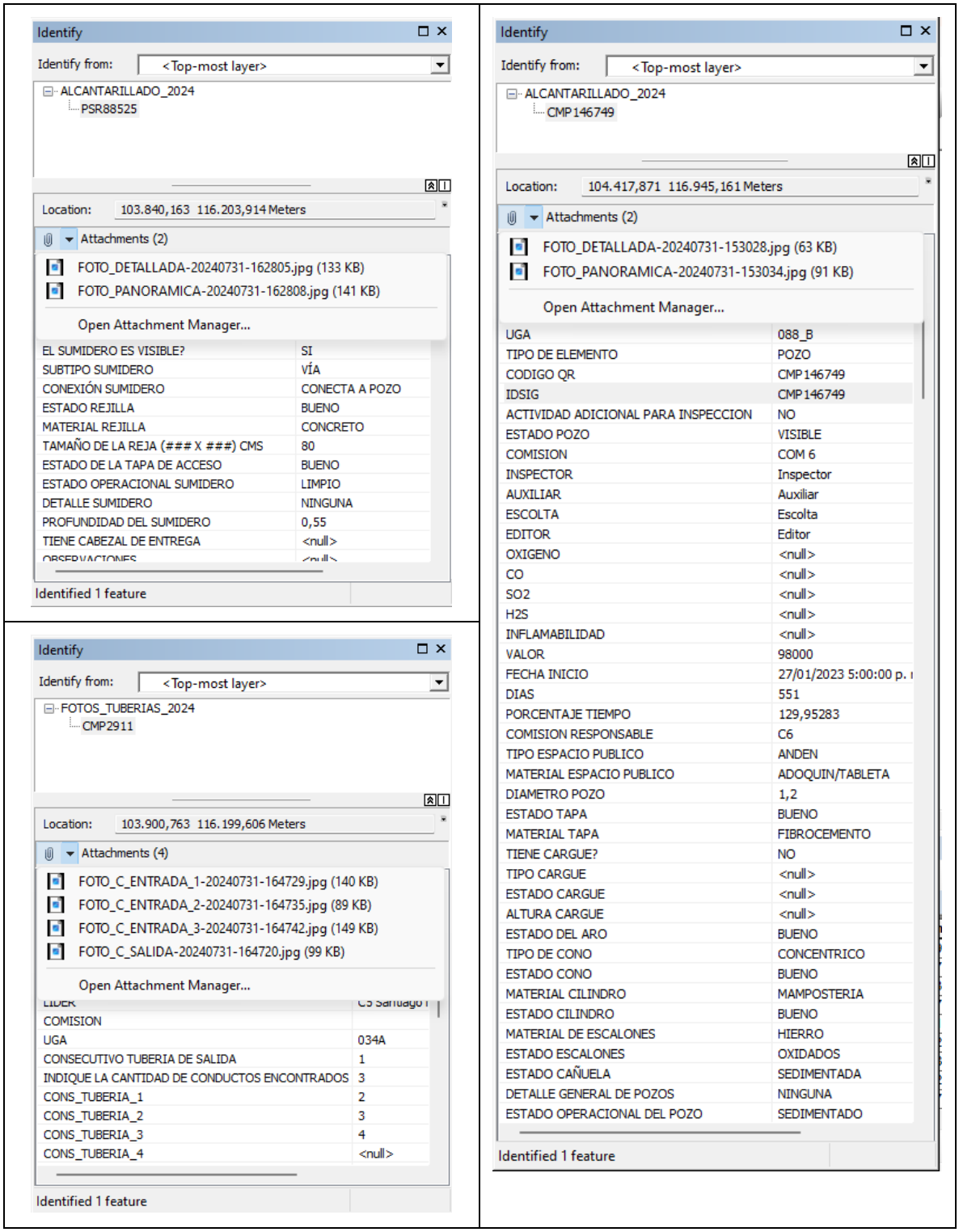


Ilustración 23. Información levantada en campo, exportada en bases de datos geográficas.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S

6.2.9. Actualización de la base de datos geográfica

6.2.9.1. Sistema de acueducto

Para la actualización de la información es necesario tener tanto la base de datos geográfica que fue suministrada por la EAAB, como la base de datos geográfica que es exportada desde ArcGIS online, dónde o se aloja la información que ya fue capturada en campo, es decir, que contiene la información actual de las redes de acueducto.

Es importante tener en cuenta que se deben conservar todos los objetos, elementos, definiciones y dominios del modelo de datos de la EAAB, razón por la que se debe migrar la información de las bases de datos obtenidas de ArcGIS online a la base de datos inicial suministrada, para la actualización es importante la edición en tres aspectos: la verificación del posicionamiento de los elementos, el almacenamiento completo de información en todos los atributos que fueron capturados en campo y la incorporación de los elementos nuevos que fueron encontrados en campo, con su respectivo posicionamiento y atributos completos.

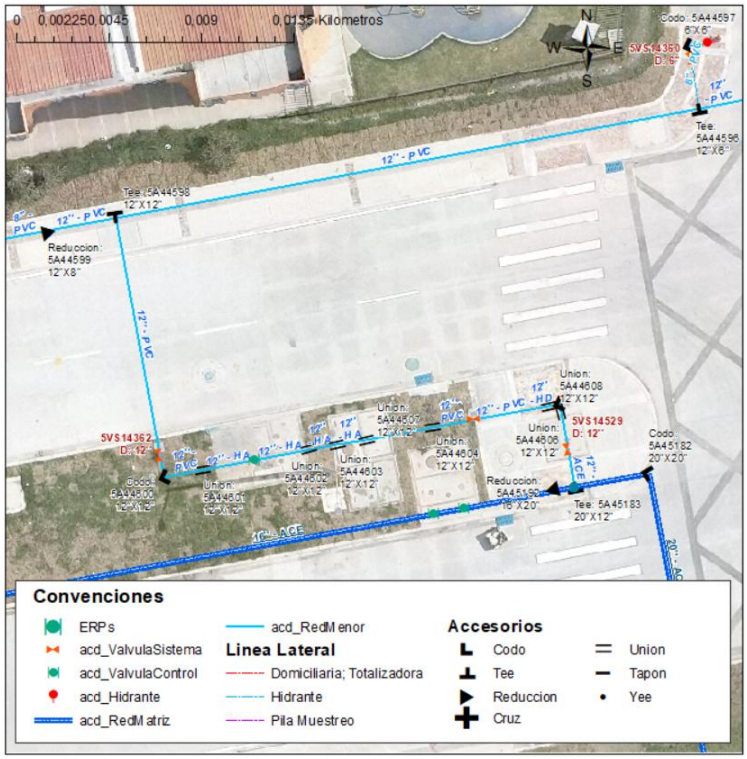


Ilustración 24. Ejemplo visualización de zona a editar con la red de acueducto.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S

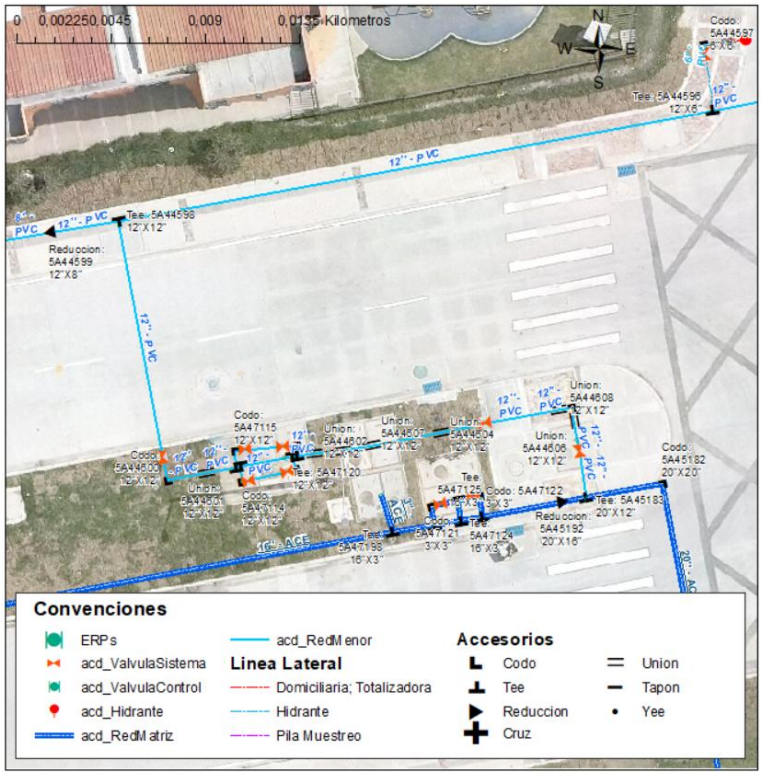


Ilustración 25. Ejemplo visualización de zona editada con la red de acueducto.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

6.2.9.2. Sistema de alcantarillado

De igual forma en la que se trabaja para el sistema de acueducto, es importante contar con la base de datos geográfica suministrada por la EAAB y con la base de datos geográfica que es exportada desde ArcGIS online, priorizando la conservación de todos los objetos, elementos, definiciones y dominios del modelo de datos de la EAAB.

Para la edición del sistema de alcantarillado se conocer la división de los subsistemas pluvial y sanitario, distinguiendo a cada una por aparte desde la captura de datos en campo, de esta forma las redes serán actualizadas de forma coherente y correcta, aplican también los tres aspectos importantes para la adición de elementos, correspondientes a la verificación del posicionamiento, almacenamiento completo de los atributos e incorporación de elementos nuevos, en este caso, al incorporar elementos nuevos, se construye toda la red de alcantarillado desde cero para dichos elementos.

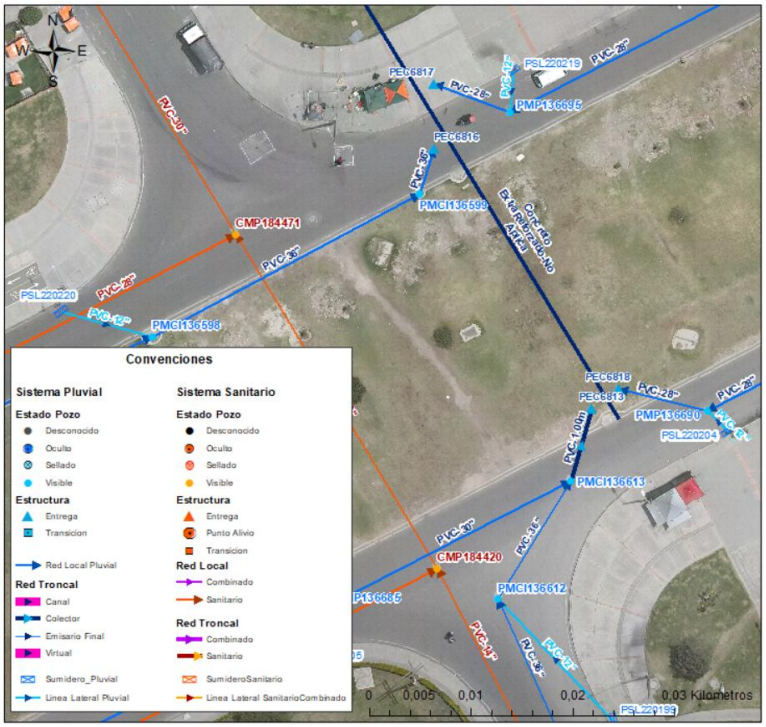


Ilustración 26. Ejemplo visualización de zona a editar con la red de alcantarillado.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

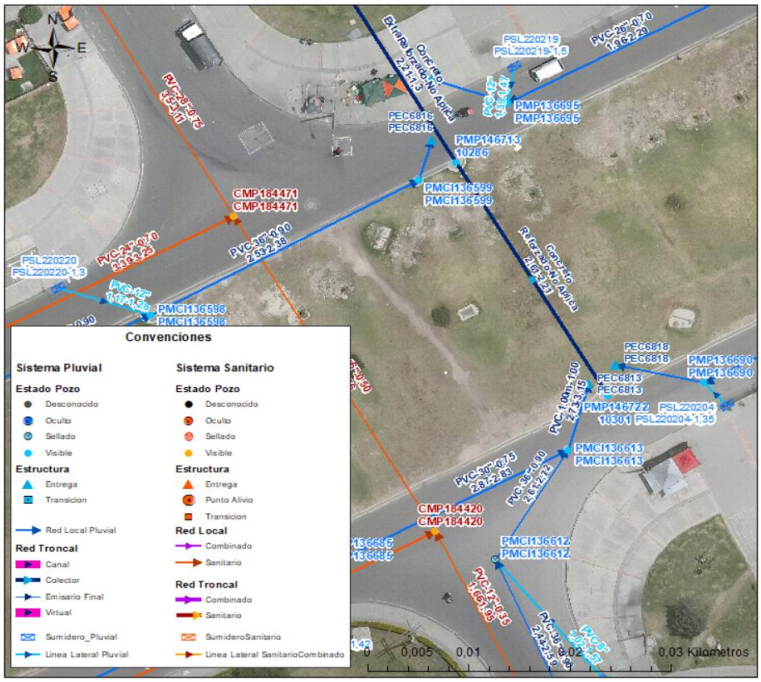


Ilustración 27. Ejemplo visualización de zona editada de la red de alcantarillado.

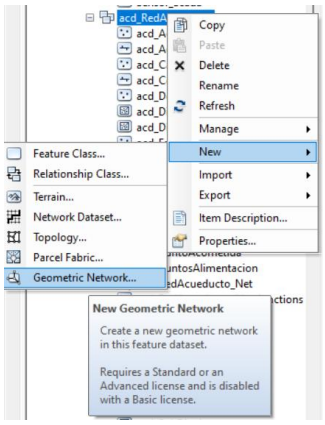
Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

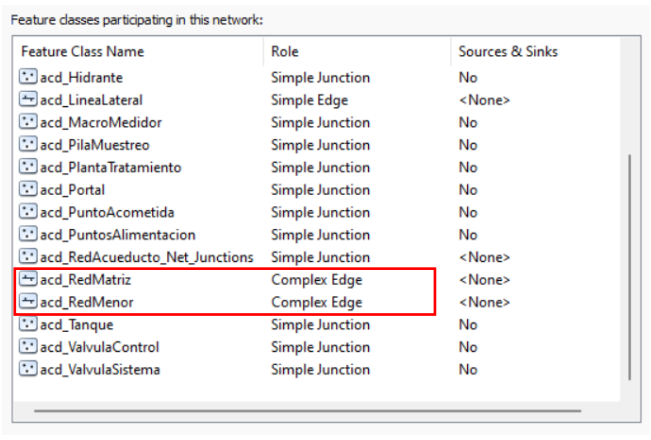
6.2.10. Consolidación y control de calidad de la base de datos actualizada

Para la entrega de productos es importante contar con un seguimiento constante sobre las bases de datos que están en proceso de actualización, de esta forma se valida que los parámetros de edición se cumplan sobre todos los distritos hidráulicos y sobre todas las UGAs, posteriormente se consolidan todas las sectorizaciones iniciales para obtener un producto final por cada uno de los sistemas, en donde se garantizan todos los parámetros definidos.

6.2.10.1. Conectividad (Geometric Network)

La conectividad de las redes juega un papel importante dentro su actualización y correcto funcionamiento, garantizando que el comportamiento de los elementos en cada uno de los sistemas cumpla un parámetro topológico de arco – nodo. Dentro de las herramientas de ArcGIS, se trabaja con “Geometric Network” que nos permite construir la red geométrica, incluyendo los elementos tipo punto y elementos tipo línea, dando especificación sobre los elementos Red Menor, Red Matriz y Línea Lateral, cambiando su condición de “Simple Edge” a “Complex Edge”, lo que permite la conectividad de Líneas Laterales con redes menores o matriz. Es importante tener en cuenta que, al momento de construir la red para el sistema de acueducto, se incluyen únicamente los elementos activos, ya que los elementos pasivos, no representan conexión o intervención directa sobre la red.





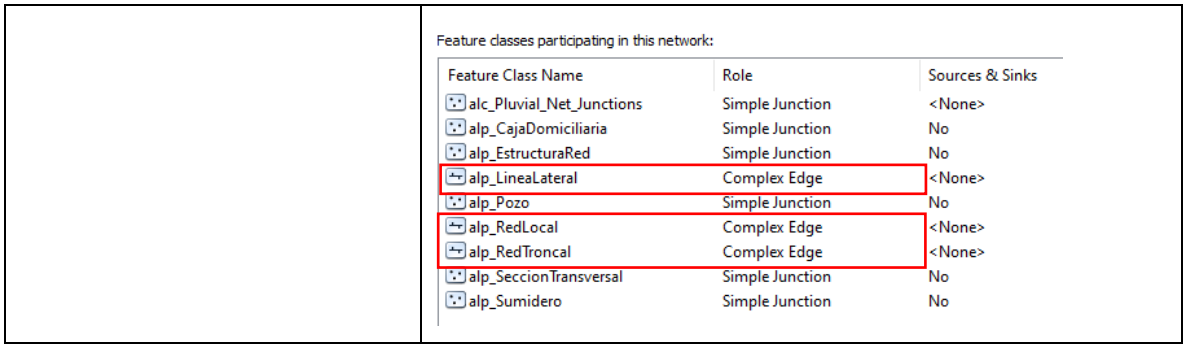


Ilustración 28.Creación y configuración de conexión de redes.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

En el momento de revisión de calidad, la red construida sobre los sistemas, permiten identificar errores de conectividad como superposiciones, elementos posiblemente duplicados, espacios entre los elementos, para el caso de acueducto, conexiones con elementos pasivos, elementos desconectados de la red, entre otros. Todos ellos son validados y corregidos.

6.2.10.2. Control de calidad en el sistema de acueducto

Como se especifica inicialmente, para el proceso de actualización se realiza un recorrido de calle a calle para el levantamiento de todos los elementos encontrados en la zona, es por ello que de los principales controles de calidad, es la revisión de completitud en los recorridos del sector y completitud de elementos existentes levantados; con los levantamientos y edición completa del sector, se realiza la rotación de simbología, en este caso para las válvulas de sistema y los accesorios, los cuáles deben tener continuidad con el sentido y conexión de las redes, en las ilustraciones 24 y 25 se puede observar la diferencia y consistencia de los elementos sin rotar y posteriormente con su respectiva rotación.

Otro punto importante dentro del control de calidad está en el tratamiento que se le dan a los elementos nuevos, para las redes de acueducto, no es posible visualizar los conductos o elementos tipo línea, por lo que al tener secciones de redes nuevas, se crean los elementos visibles como válvulas o hidrantes y se deja su localización exacta, para que la EAAB pueda posteriormente intervenir sobre ellos y actualizar la respectiva localización y conexión de conductos; adicionalmente, se debe garantizar un código único para cada uno de los elementos, corrigiendo incluso las codificaciones repetidas ya existentes en la base de datos inicial.

Una vez cerciorados de que todos los parámetros se cumplen, se puede realizar la respectiva consolidación de las bases sectorizadas, en este punto, es importante cruzar de forma precisa la información de los límites entre zonas, cuidando que se hereden correctamente los datos y que los posibles errores en la conexión entre elementos sean nulos, en este punto se validan conexiones y otros parámetros por última vez, garantizando una revisión completa y la calidad del producto.

6.2.10.3. Control de calidad en el sistema de alcantarillado

En el sistema de alcantarillado se da un tratamiento de datos similar al sistema de acueducto, se usan los mismos parámetros de calidad en cuanto al levantamiento y edición de la información de calle a calle, garantizando una revisión y actualización completa de la zona de trabajo. Cumpliendo con el primer parámetro de completitud, se continua con la rotación de elementos, de forma que sean consistentes con la configuración y funcionamiento de la red, y en este caso, con guía a la ortofoto de la zona, ya que se realiza la rotación únicamente sobre los sumideros.

Para los elementos nuevos, en el caso de alcantarillado, no está la posibilidad de dejar elementos sin conexión, teniendo en cuenta que en su inspección, a diferencia del sistema de acueducto, si es posible visualizar los conductos y las conexiones de todo el sistema, gracias a esto, se tiene la posibilidad de construir la red completa en las zonas en las que se encuentran elementos nuevos, es decir, se crean tanto pozos, sumideros y estructuras, como redes, ya sean de tipo local, matriz o laterales; adicionalmente se debe garantizar la codificación única para cada elemento, también corrigiendo los posibles duplicados en la base inicial.

Finalmente se realiza la unificación de las bases sectorizadas, cruzando de forma precisa y detallada la información entre límites de zonas, para el sistema de alcantarillado, resulta ser un ejercicio de mayor cuidado, considerando la división en los subsistemas pluvial y sanitario, adicional a ello, se debe tener presente que cada segmento de red tiene una dirección, de forma que implica respetar el flujo del agua en el sistema, garantizando consistencia y coherencia en las conexiones.

7. Resultados

El proceso de actualización de los sistemas de acueducto y alcantarillado para la cabecera municipal de Soacha permite diferentes análisis, con su consolidación, se generan los principales productos finales, siendo estos las bases de datos geográficas.

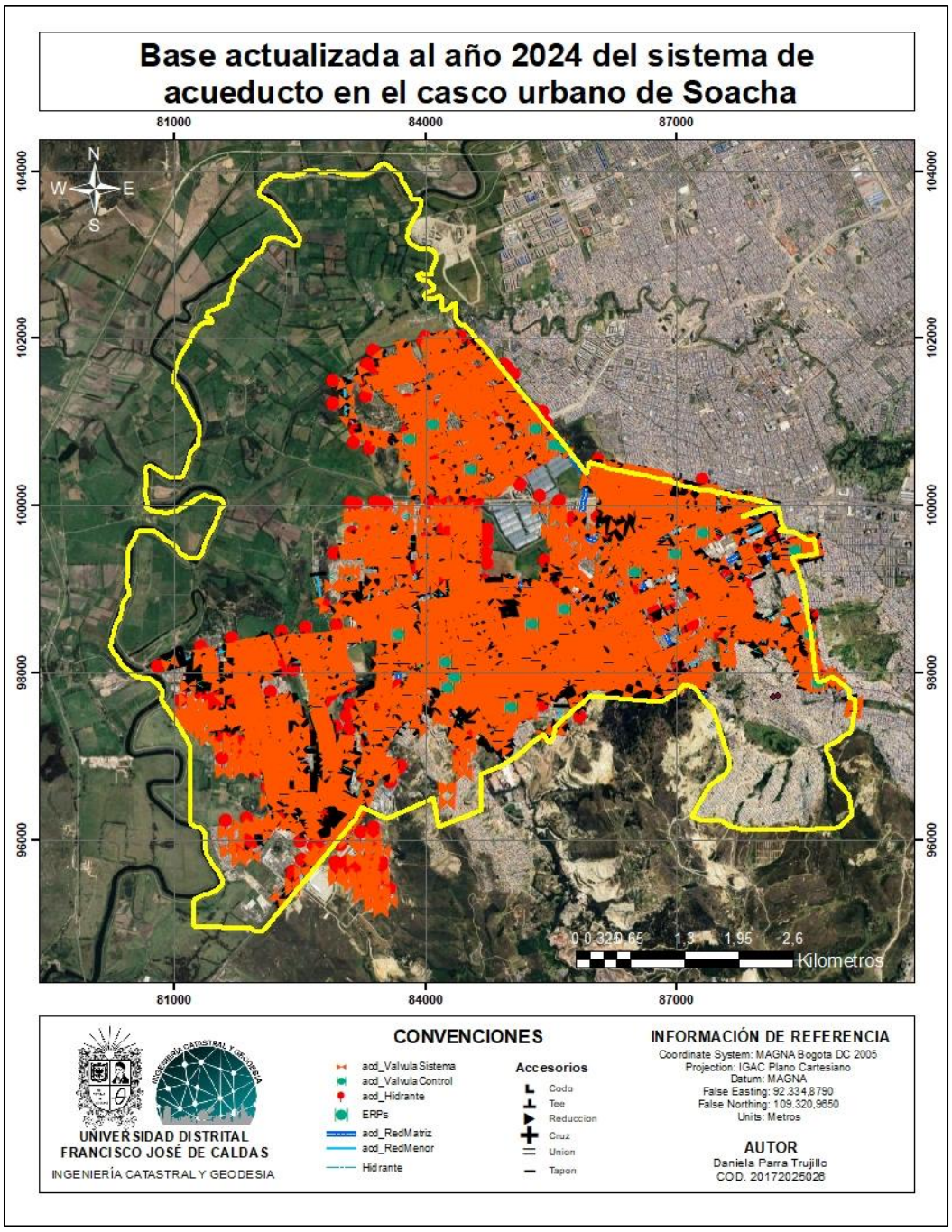


Ilustración 29. Base de datos actualizada del sistema de acueducto en la cabecera municipal de Soacha.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

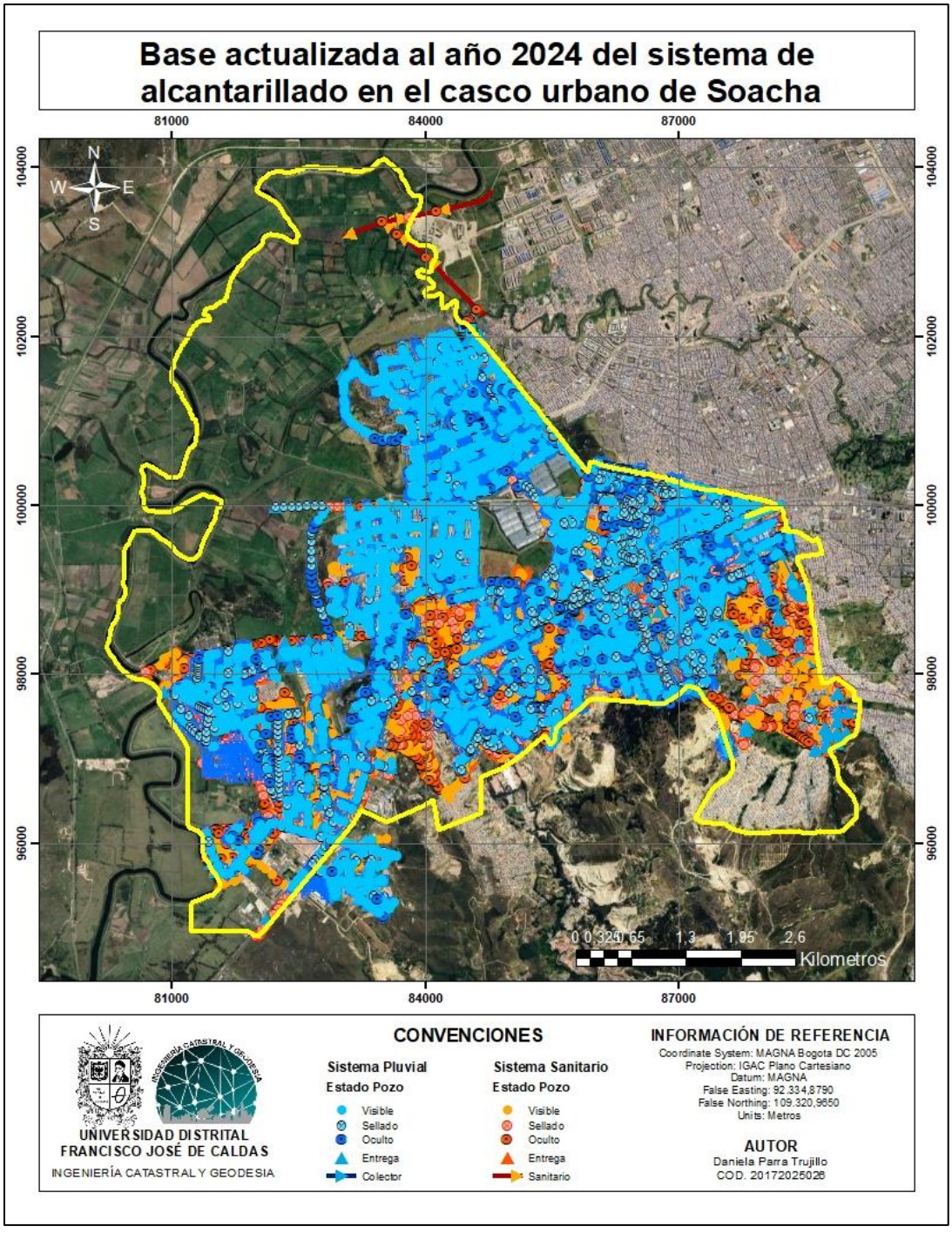


Ilustración 30. Base de datos actualizada del sistema de alcantarillado en la cabecera municipal de Soacha.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Partiendo de las bases de datos geográficas consolidadas, se implementa como parte del proyecto un análisis estadístico más detallado sobre la actualización que se logra para cada uno de los sistemas, adicionalmente, conociendo los estados y funcionamientos de diferentes elementos que componen las redes, se analizan algunos aspectos tanto positivos como negativos dentro de la información recolectada.

7.1. Análisis estadístico en el sistema de acueducto de Soacha

Para conocer el grado de actualización en el sistema de acueducto, se realiza un conteo inicial de los elementos visibles, es decir, los elementos levantados y actualizados de la red.

Elementos visibles	Base de datos inicial	Base de datos actualizada
Hidrante	436	586
Macromedidor	12	11
Pila Muestreo	38	69
Estación de Bombeo	3	4
Tanque	8	7
ERPs	12	19
Válvula Control	366	385
Válvula Sistema	2439	3219
Total	**3314**	**4300**

Tabla 6. Cantidad de elementos en base de datos inicial y elementos en base de datos final para acueducto.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Con el conteo de los elementos tanto para la base de datos inicial, como para la base de datos actualizada, se puede identificar un total de 986 elementos nuevos y en mayores cantidades para los hidrantes y las válvulas de sistema.

7.1.1. Elementos principales en la red de acueducto

7.1.1.1. Hidrantes

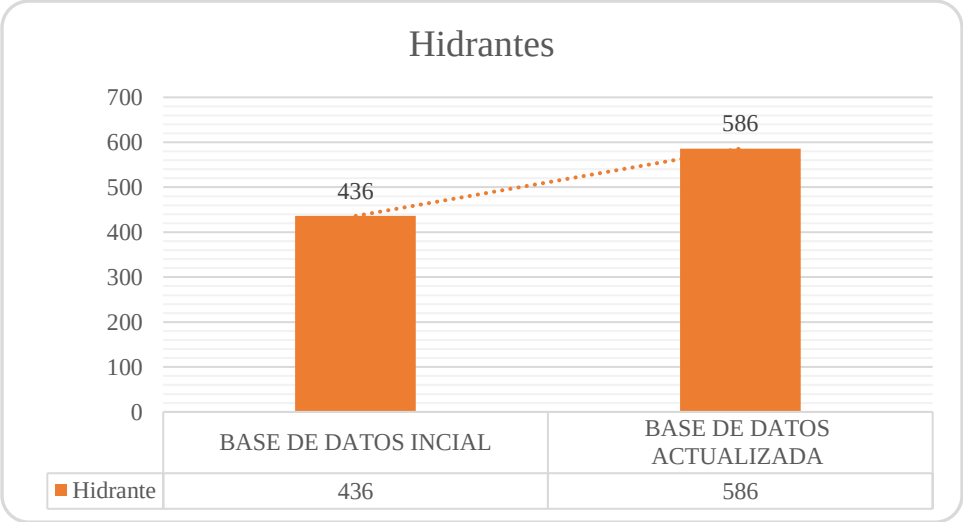


Ilustración 31. Actualización de elementos tipo hidrantes en base inicial y base actualizada.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de acueducto y en la ilustración 31, es posible identificar que se encontraron 150 hidrantes nuevos, representando un 15,21% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

Para los hidrantes se tomaron diferentes características importantes sobre su funcionamiento y su estado físico, de forma que se identifican seis estados que son de posible consideración para la EAAB, representando posibles casos que requieren de intervenciones.

Hidrantes	
Estado físico	**Base de datos actualizada**
Falta boquerel	4
Falta pintar	5
Levantar nivel	9
Fuga	1
Reinstalar	45
Por renovar	10
Total	**74**

Tabla 7. Estados físicos a consideración de revisión para caso de hidrantes.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla 8, los hidrantes presentan un total de 74 elementos con estados físicos a consideración de revisión, representando un 12.63% del total de hidrantes en la base actualizada, es decir, que 512 hidrantes no presentan problemas o malos funcionamientos.

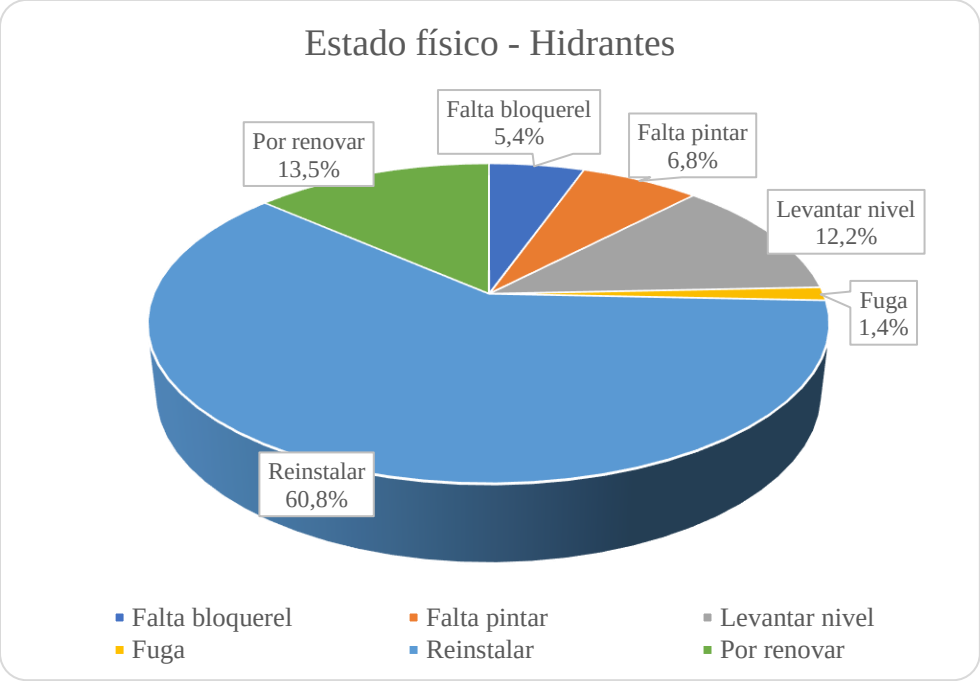


Ilustración 32. Porcentaje de hidrantes con estado físico a consideración de revisión.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

De forma más detallada sobre los hidrantes a consideración de revisión, se identifica que, en su mayoría, requieren de reinstalación, con 45 casos encontrados de este tipo y el menor problema identificado fue en fugas del hidrante, con un solo caso para toda la zona de actualización.

7.1.1.2. Válvula de control

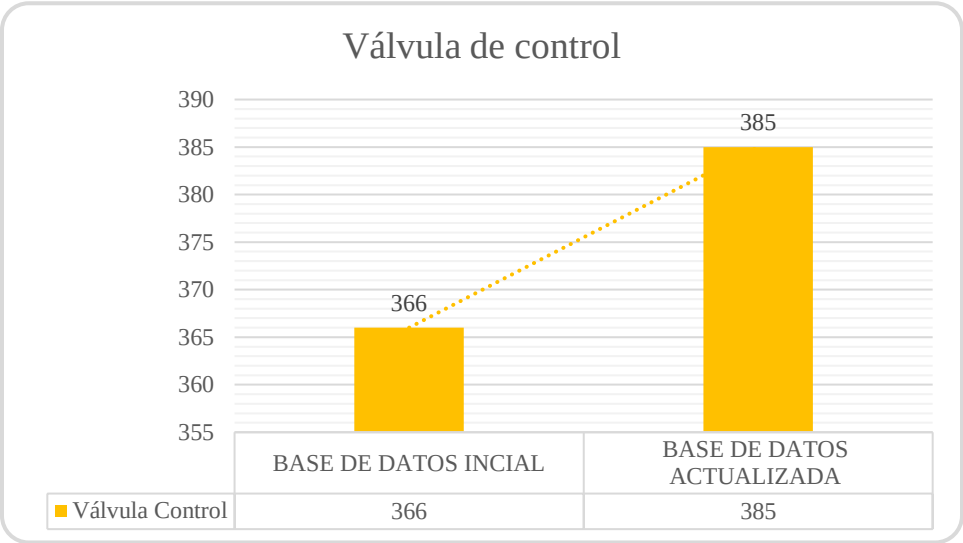


Ilustración 33. Actualización de elementos tipo válvula de control en base inicial y base actualizada.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Según lo observado en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de acueducto y en la ilustración 33, es posible identificar que se encontraron 19 válvulas de control nuevas, representando un 1,93% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

En el levantamiento de las válvulas de control se tomaron diferentes características importantes sobre su funcionamiento y su estado físico, de forma que se identifican cinco estados que son de posible consideración para la EAAB, representando posibles casos que requieren de intervenciones.

Válvula de control	
Estado Físico	**Base De Datos Actualizada**
Falta tapa	2
Inoperable	2
Desaguar	1
Inaccesible	166
Perdida	65
Total	**236**

Tabla 8. Estados físicos a consideración de revisión para caso de válvulas de control.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla 9, las válvulas de control presentan un total de 236 elementos con estados físicos a consideración de revisión, representando un 61,30% del total de válvulas de control en la base actualizada, es decir, que 149 de estos elementos no presentan problemas o malos funcionamientos. Este puede ser identificado como uno de los componentes que requieren mayor atención, al encontrarse problemas en su estado o funcionamiento en más del 50% de los existentes en la zona.

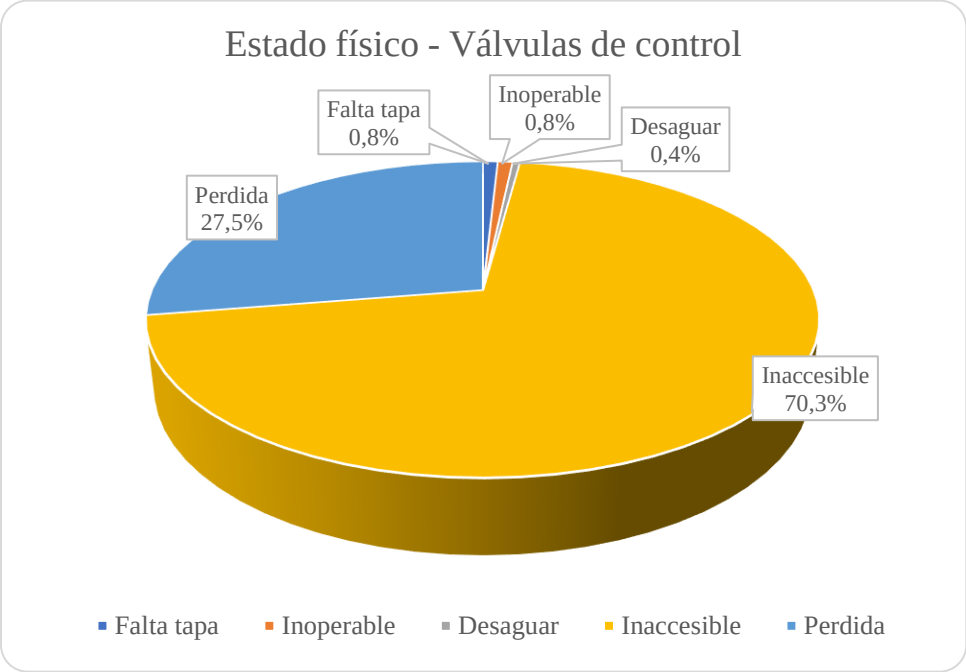


Ilustración 34. Porcentaje de válvulas de control con estado físico a consideración de revisión.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

De forma más detallada sobre las válvulas de control a consideración de revisión, se identifica que, en su mayoría, se encuentran inaccesibles, con 166 casos encontrados de este tipo y el menor problema identificado fue en desaguar la válvula de control, con un solo caso para toda la zona de actualización.

7.1.1.3. Válvula de sistema

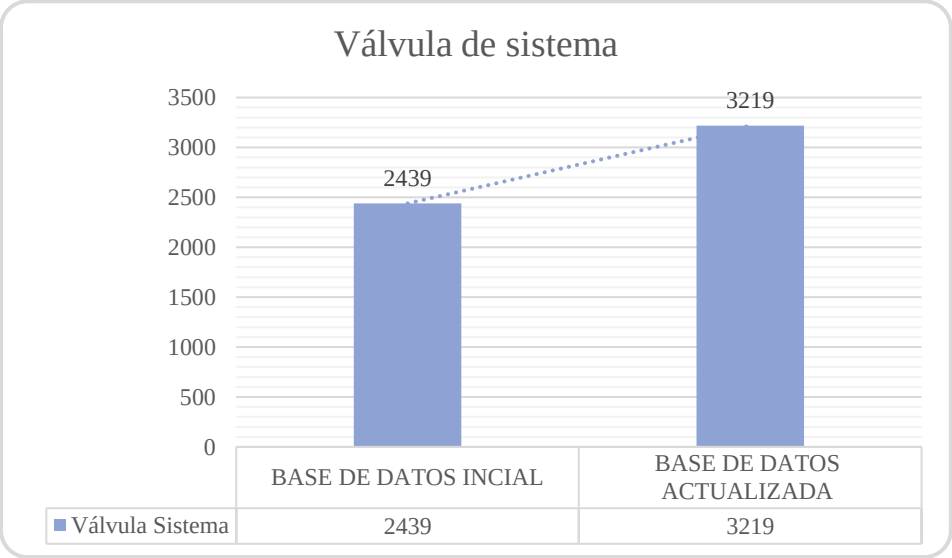


Ilustración 35. Actualización de elementos tipo válvula de sistema en base inicial y base actualizada.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Con lo observado en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de acueducto y en la ilustración 35, es posible identificar que se encontraron 780 válvulas de sistema nuevas, representando un 79,11% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

En el levantamiento de las válvulas de sistema se tomaron diferentes características importantes sobre su funcionamiento y su estado físico, de forma que se identifican ocho estados que son de posible consideración para la EAAB, representando posibles casos que requieren de intervenciones.

Válvula de sistema	
Estado físico	**Base de datos actualizada**
Falta tapa	67
Destruida	2
Inoperable	38
Desaguar	45
Reparar tapa	13
Tiene fuga	2

Válvula de sistema	
Estado físico	**Base de datos actualizada**
Inaccesible	787
Perdida	475
Total	**1429**

Tabla 9. Estados físicos a consideración de revisión para caso de válvulas de sistema.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S

Como se muestra en la tabla 10, las válvulas de sistema presentan un total de 1.429 elementos con estados físicos a consideración de revisión, representando un 44,39% del total de válvulas de sistema en la base actualizada, es decir, que 1.790 de estos elementos no presentan problemas o malos funcionamientos.

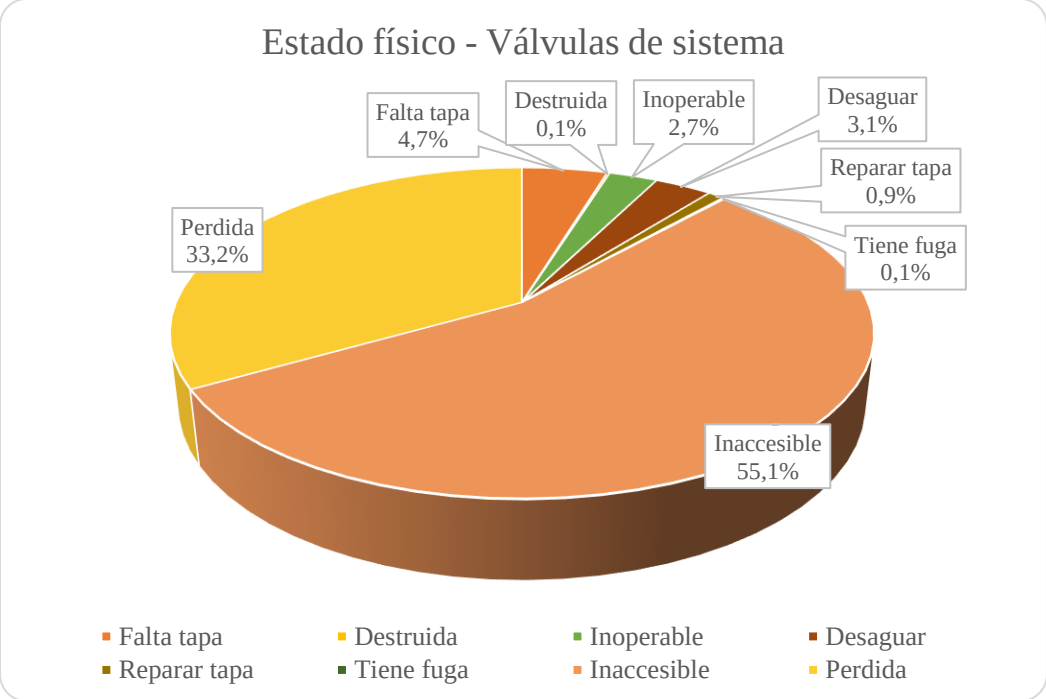


Ilustración 36. Porcentaje de válvulas de sistema con estado físico a consideración de revisión.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S

De forma más detallada sobre las válvulas de sistema a consideración de revisión, se identifica que, en su mayoría, se encuentran inaccesibles, con 787 casos encontrados de este tipo, seguido de elementos perdidos, con un total de 475 elementos en este estado y los menores problemas identificados fueron en válvulas de sistema destruidas y con fuga, con existencia de dos casos para cada uno de ellos en toda la zona de actualización.

7.1.2. Elementos secundarios y pasivos de la red

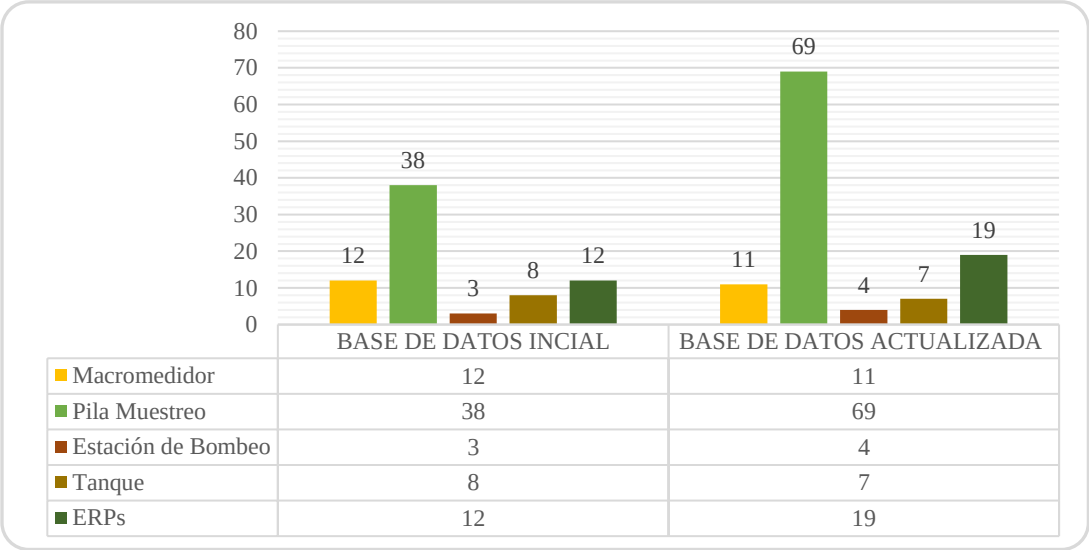


Ilustración 37. Actualización de elementos secundarios y pasivos en la red.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

En la ilustración 37, se puede identificar la diferencia en cantidades de elementos en el sistema de acueducto, tanto para los pasivos que se levantan en campo, como para los restantes activos que se actualizan en la base de datos. Se puede observar que, dentro de ellos, el que cuenta con mayor número de objetos nuevos es la pila de muestreo, con un total de 31 elementos nuevos actualizados.

7.1.3. Elementos tipo línea de la red de acueducto

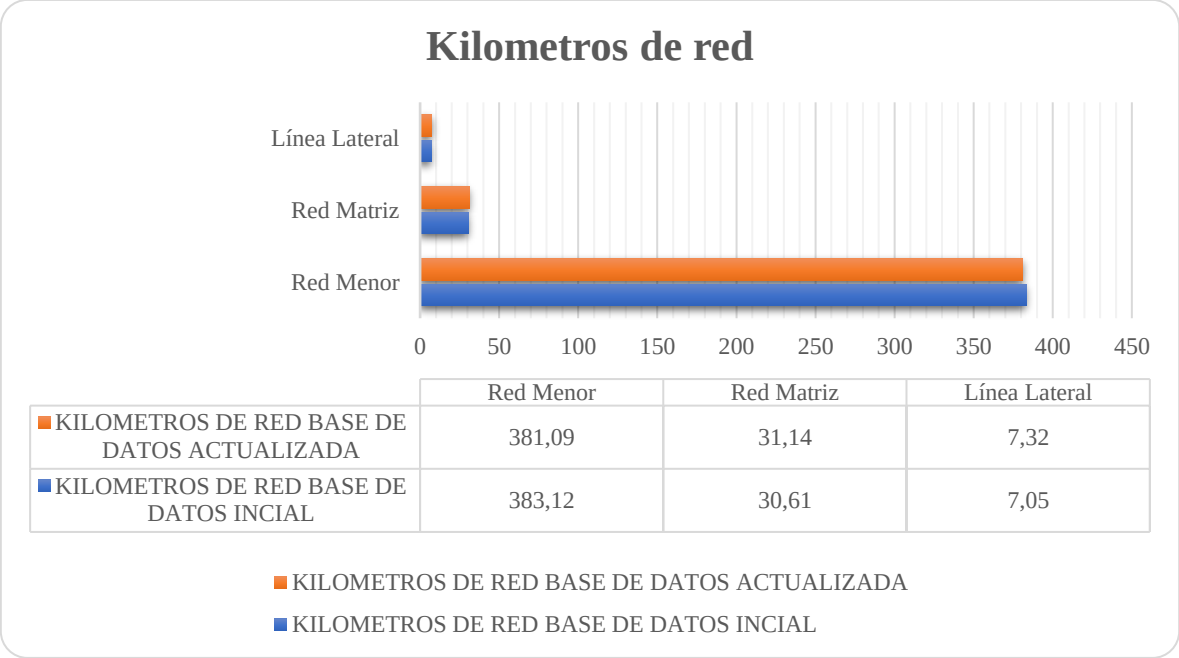
También es importante conocer el grado de actualización en las redes del sistema de acueducto, teniendo en cuenta que no son un elemento visible, no se identifican características físicas u operativas, sin embargo, se puede analizar las diferencias en cuanto a su kilometraje.

Tipo elemento	kilómetros de red	
	Base de datos inicial	Base de datos actualizada
Red Menor	383,12	381,09
Red Matriz	30,61	31,14
Línea Lateral	7,05	7,32
Total Kilómetros Redes	**420,78**	**419,55**

Tabla 10. Cantidad de elementos tipo línea iniciales y actualizados en kilómetros para acueducto.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Para la reorganización de elementos mal dibujados en la base de datos geográfica, se daba la necesidad de configurar algunas redes, razón por la que se observan diferencias muy mínimas en el kilometraje de ellas sobre la base de datos inicial y la base de datos actualizada.



	Red Menor	Red Matriz	Línea Lateral
KILOMETROS DE RED BASE DE DATOS ACTUALIZADA	381,09	31,14	7,32
KILOMETROS DE RED BASE DE DATOS INCIAL	383,12	30,61	7,05

Ilustración 38. Actualización de elementos tipo línea en base inicial y en base actualizada de acueducto.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S

7.2. Análisis estadístico en el sistema de alcantarillado de Soacha

Para conocer el grado de actualización en el sistema de alcantarillado, se realiza un conteo general de los elementos, es decir, no se hace distinciones entre los subsistemas pluvial y sanitario; para los elementos tipo red, se realiza el conteo por medio de kilometraje. Adicionalmente se analizan algunas características o funcionamientos identificados en campo para los elementos a los que se le toman dichos datos.

7.2.1. Elementos principales de la red de alcantarillado

En el análisis de actualización de los elementos principales, se realiza un conteo por unidad de cada uno de los elementos, conociendo de esta forma, las diferencias por unidad y por totalidad de elementos.

Tipo elemento	Unidad de elementos	
	Base de datos inicial	Base de datos actualizada
Pozo	9084	17080
Sumidero	4452	8878
Estructuras	232	629
Total elementos	**13768**	**26587**

Tabla 11. Cantidad de elementos en base de datos inicial y elementos en base de datos final para alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Para el sistema de alcantarillado, generalizando pozos, sumideros y estructuras, se encuentra que en campo se logró identificar un total de 12.819 elementos nuevos, siendo una cantidad considerable para la zona de trabajo, representando casi un 100% de los elementos ya existentes en la base de datos inicial.

7.2.1.1. Pozos

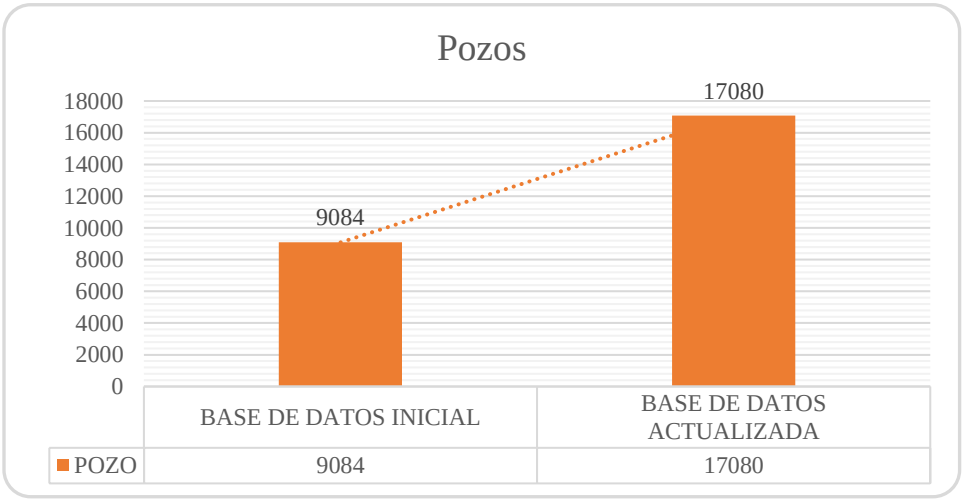


Ilustración 39. Actualización de elementos tipo pozo en base inicial y en base actualizada.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Con lo observado en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de alcantarillado y en la ilustración 39, es posible identificar que se encontraron 7.996 pozos nuevos, tanto pluviales como sanitarios, representando un 62,38% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

En el levantamiento de pozos se tomaron diferentes características importantes sobre su funcionamiento y su estado físico, de forma que se identifican cinco estados que son de

posible consideración para la EAAB, representando posibles casos que requieren de intervenciones.

Pozos	
Estados	**Base de datos actualizada**
Colmatado	467
Represado	556
Sellado	2409
Tapa ausente	127
Tapa partida	342
Total Estados	**3901**

Tabla 12. Estados de pozos actualizados a consideración de revisión o intervención.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla 13, los pozos presentan un total de 3.901 elementos con estados físicos a consideración de revisión, representando un 22,84% del total de pozos en la base actualizada, es decir, que 13.179 de estos elementos no presentan problemas o malos funcionamientos.

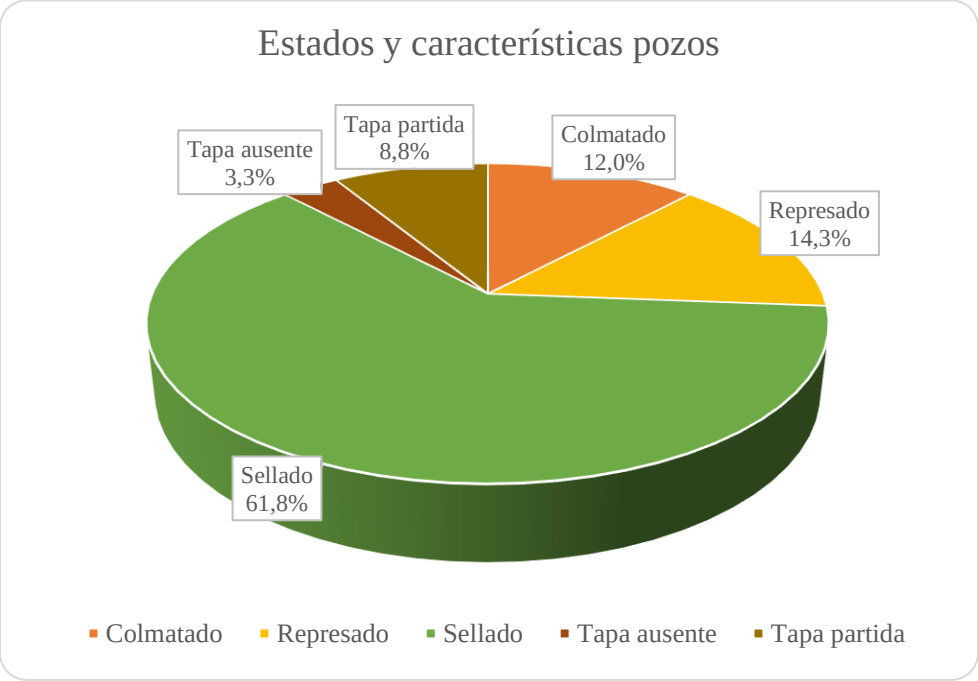


Ilustración 40. Porcentaje de estados de pozos actualizados a consideración de revisión o intervención.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

De forma más detallada sobre los pozos a consideración de revisión, se identifica que, en su mayoría, se encuentran sellados, con 2.409 casos encontrados de este tipo y el menor problema identificado fue en pozos sin tapa, con 127 casos para toda la zona de actualización.

7.2.1.2. Sumideros

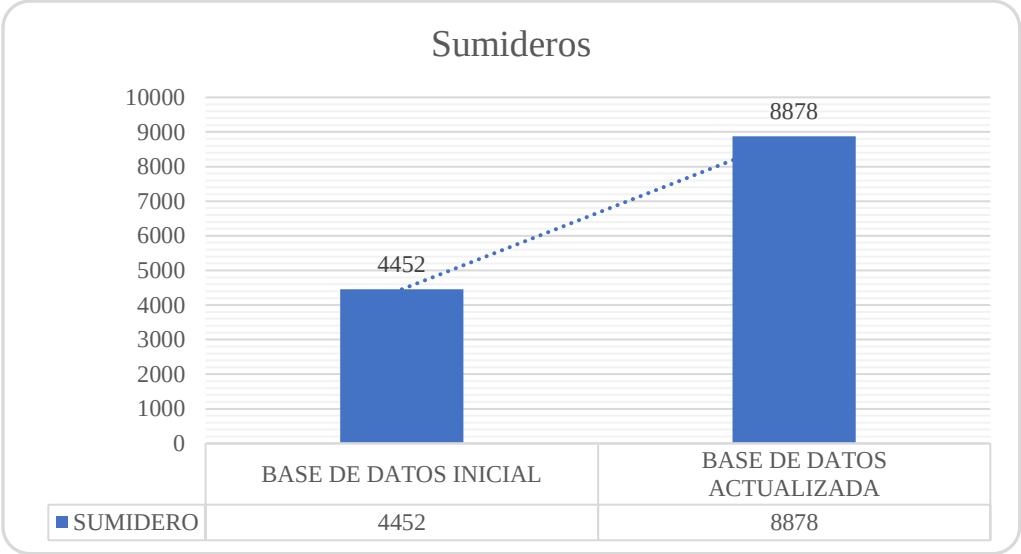


Ilustración 41. Actualización de elementos tipo sumidero en base inicial y en base actualizada.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de alcantarillado y en la ilustración 41, es posible identificar que se encontraron 4.426 sumideros nuevos, tanto pluviales como sanitarios, representando un 34,53% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

Durante el levantamiento de sumideros se tomaron diferentes características importantes sobre su funcionamiento y su estado físico, de forma que se identifican seis estados que son de posible consideración para la EAAB, representando posibles casos que requieren de intervenciones.

Sumideros	
Estados	Base de datos actualizada
Colmatado	925
Represado	105
Rejilla ausente	253
Rejilla partida	159

Sumideros	
Estados	Base de datos actualizada
Con basura	1736
Con sedimentos	3032
Total Estados	**6210**

Tabla 13. Estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Como se muestra en la tabla 14, los sumideros presentan un total de 6.210 elementos con estados físicos a consideración de revisión, representando un 69,95% del total de sumideros en la base actualizada, es decir, que 2.668 de estos elementos no presentan problemas o malos funcionamientos. Para este caso, es importante tener presente que más de un 50% de los elementos totales en la zona presentan posibles fallos.

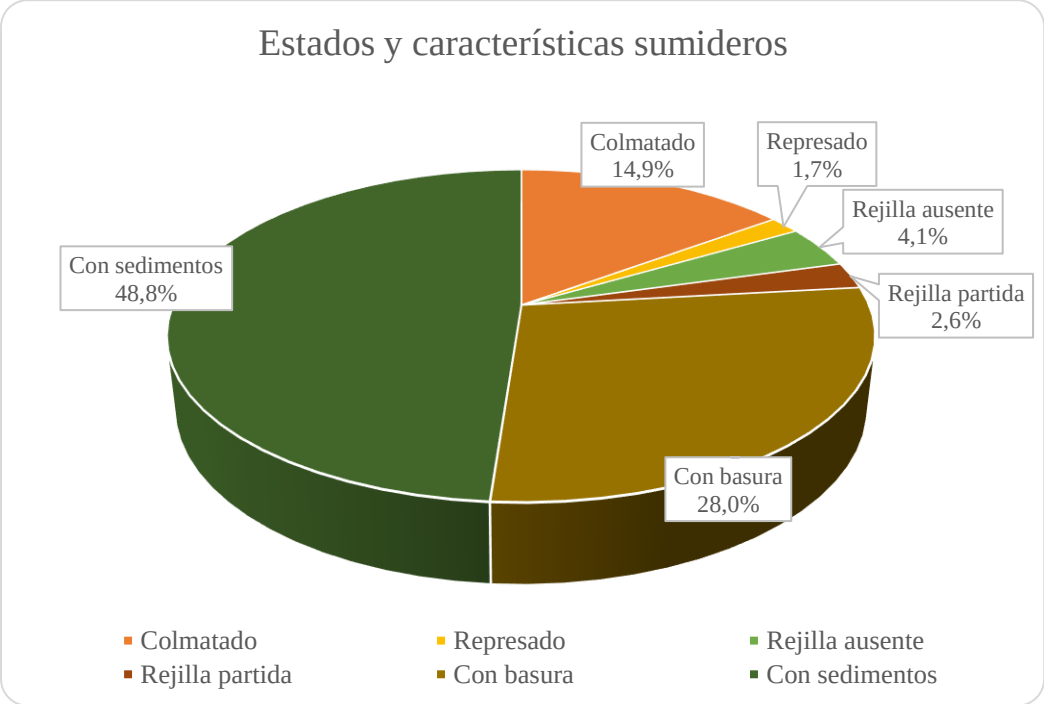


Ilustración 42. Porcentaje de estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

De forma más detallada sobre los sumideros a consideración de revisión, se identifica que, en su mayoría, se encuentran con sedimentos, con 3.032 casos encontrados de este tipo y el menor problema identificado fue sumideros represados, con 105 casos para toda la zona de actualización.

7.2.1.3. Estructuras

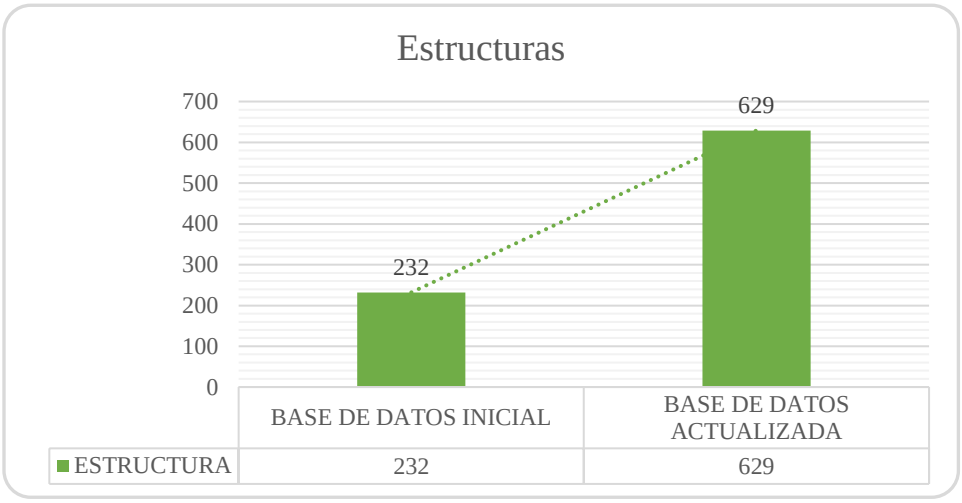


Ilustración 43. Porcentaje de estados de sumideros actualizados a consideración de revisión o intervención.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Según se muestra en la tabla principal de actualización de elementos en el sistema de alcantarillado y en la ilustración 43, es posible identificar que se encontraron 397 estructuras nuevas, tanto pluviales como sanitarias, representando un 3,10% del total de los elementos nuevos encontrados en la zona.

7.2.2. Elementos tipo línea de la red de alcantarillado

Para conocer el grado de actualización en las redes del sistema de alcantarillado, se analizan sus diferencias en cuanto a su kilometraje, teniendo en cuenta la considerable cantidad de elementos nuevos, lo que implica la construcción de grandes tramos de redes, por lo que, en este caso, se encontrarán diferencias significativas entre la base inicial y la base actualizada. Por otra parte, se identifican características físicas que pueden influir en el funcionamiento del sistema.

Tipo elemento	Kilómetros de red	
	Base de datos inicial	Base de datos actualizada
Red Troncal	64,40	66,19
Red Local	265,59	611,86
Línea Lateral Sumidero	9,35	46,42
Total Kilómetros Redes	**339,34**	**724,46**

Tabla 14. Cantidad de elementos tipo línea iniciales y actualizados en kilómetros para alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Observando la información de la tabla 15, se puede identificar un aumento de 385,12 km en el total de las redes para el sistema de alcantarillado, representando más del 100% de la cantidad de kilometraje en redes que se tenía en la base de datos inicial.

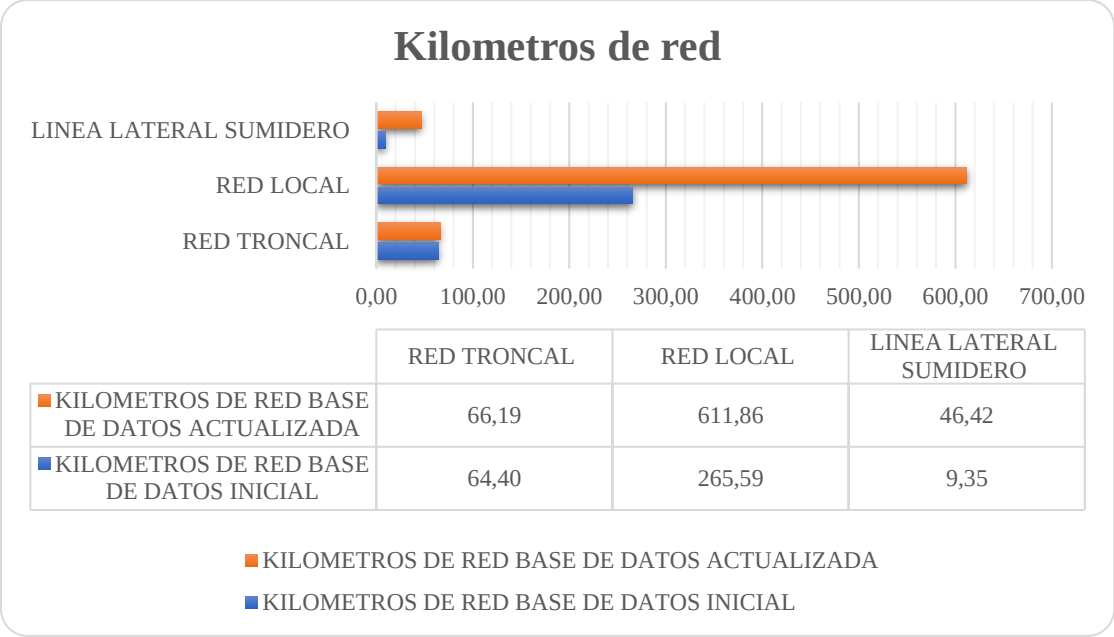


Ilustración 44. Actualización de elementos tipo línea en base inicial y en base actualizada para alcantarillado.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Con la ilustración 44, se puede identificar que la red local es la que presenta un mayor aumento en kilometraje, con un total de 346,27 km nuevos en la red, representando un 89,91% del aumento total en el sistema; y la red troncal es la que presenta un menor cambio en su kilometraje, con un aumento de 1,79 km.

En cuanto a características físicas, se debe conocer que, sobre los materiales de los conductos, el gres, es representativo de posibles fallos en el funcionamiento del sistema, esto debido a que es un material con bastante antigüedad que ya no es usado en la construcción de las redes y en lo posible, ya no deberían existir dentro de lo que ya está instalado.

Kilómetros de red		
Tipo red	**Material**	
	Gress	**Otros**
Red Local	126,50	485,36
Línea Lateral	6,33	40,09
Total Red	**132,83**	**525,45**

Tabla 15. Redes con material en Gres para el sistema de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

En la tabla 16, se puede observar que la red local y la línea lateral, presentan tramos en los que aún se encuentra, con material tipo gres, contando con un total de 132.83 km de red en dicho material, representando un 18,34% de la red total del sistema.

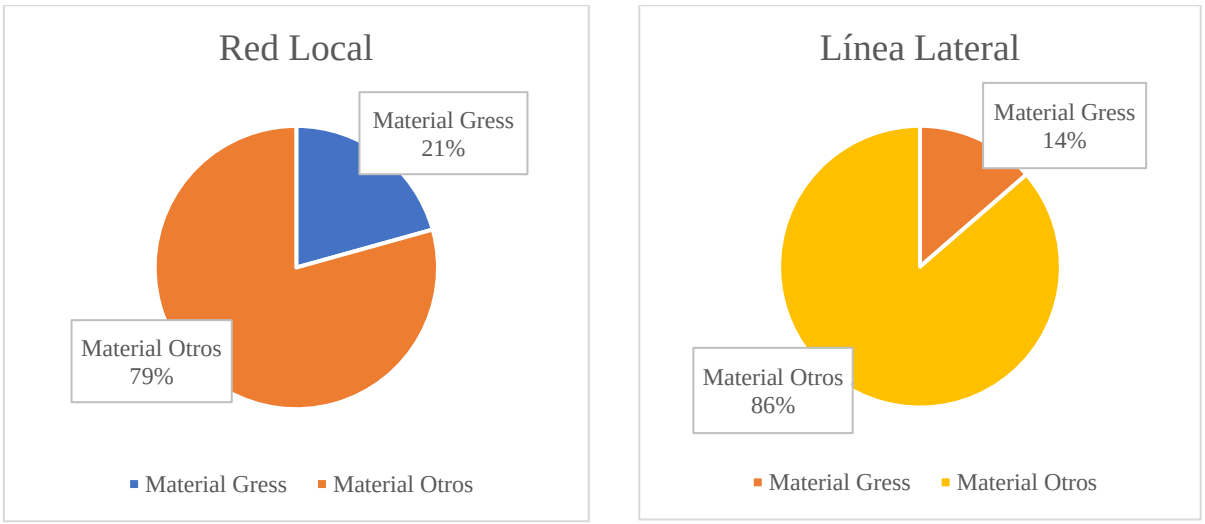


Ilustración 45. Porcentaje de redes con material en Gres para el sistema de alcantarillado.

Fuente. Elaboración propia en el marco de la pasantía realizada en Ingeomatica S.A.S.

Para un análisis más detallado, en la ilustración 45 se observa que la red local es la que cuenta con mayor cantidad de kilometraje en el que su material es tipo gres, representado en un 21% con respecto a toda la red local que se encuentra en el sistema. En cuanto a la línea lateral, se observa un porcentaje de 14% con respecto al kilometraje total de línea lateral en todo el sistema. Si bien las redes que se encuentran con material tipo gres no son en grandes cantidades, es importante que se conozcan las características que puedan requerir una posible intervención.

8. Conclusiones

- El proyecto de actualización del catastro de redes de los servicios de acueducto y alcantarillado para el perímetro urbano del Municipio de Soacha permitió un amplio rango de conocimientos y enseñanzas tanto a nivel personal, laboral, institucional y profesional; todo enriquecido desde el procedimiento metodológico completo, las herramientas y conocimientos adquiridos, hasta la investigación y ejecución del proyecto como pasantía. Dentro del marco investigativo que permite la construcción del proyecto, fue posible identificar cierta escasez de información, específicamente en la documentación técnica sobre el catastro de redes y tratamiento de los servicios públicos, puesto que si bien se han ejecutado proyectos similares involucrando servicios públicos que permiten una construcción de redes, no se contextualiza detalladamente sobre los procesos que llevan a la ejecución de actualización de información, así mismo, se observa una correlación con la carencia normativa frente a la regulación en procesos de actualización de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, que dan lugar a coyunturas por la inaccesibilidad de la información.

- La interoperabilidad e implementación de nuevas herramientas y tecnologías jugaron un papel importante en la ejecución del proyecto, para este caso en específico, la mejora en cuanto al acceso de herramientas operativas como ArcGIS 123 y ArcGIS Field Maps, en complemento con los equipos suministrados para el levantamiento de información en campo, que incorporaban tecnología satelital para el posicionamiento global y preciso de los elementos, desembocaron en la posibilidad de agilizar los procesos y entregas de productos finales; teniendo en cuenta que la empresa Ingeomatica S.A.S. ejecutó previamente proyectos de actualización en catastro de redes, se logra evidenciar una disminución considerable en los tiempos de ejecución de los proyectos.

- En cuanto a los resultados finales para los sistemas de acueducto y alcantarillado en la cabecera municipal de Soacha, es posible identificar que la EAAB, contaba con un notorio grado de desactualización de información, especialmente en las redes de alcantarillado, dónde se evidenció un alto registro de elementos nuevos y grandes zonas en las que se

incorporaron tramos completos de redes nuevas no existentes en la base inicial; para el caso de las redes de acueducto, la actualización en cuanto a la base de datos fue fundamental en la organización de los objetos, presentando diversos casos en los que no se encontraban continuidades coherentes de la red.

- La recolección de información detallada de los elementos que componen cada uno de los sistemas es fundamental tanto para los usuarios como para las entidades prestadoras del servicio, para este caso en específico la EAAB, puesto que el conocimiento del funcionamiento de las redes junto con sus características físicas y operativas, permitieron la construcción de diferentes estadísticos que resaltan aspectos a mejorar para el buen funcionamiento del servicio y así mismo las fortalezas en su operación, cumpliendo así con las funciones principales del catastro de redes, como instrumento que permite realizar análisis, evaluaciones, formulaciones y desarrollo de programas o planes que permiten la toma de decisiones.

- Si bien es cierto el catastro en Latinoamérica contiene varias corrientes enfocadas en la actividad inmobiliaria para el registro y contención de información predial que a futuro fue mutando hasta entender lo que hoy se conoce como Catastro Multipropósito en Colombia; sin embargo, las redes y sus componentes lógicos también hacen parte de un inventario que puede ser estandarizado, implementado y detallado de mejor manera, en la cual la Universidad puede ser pionera sin necesariamente estar incluida como base fundamental intrínseca de la Carrera. En este orden de ideas, el Catastro de Redes ejecutado en este proyecto sirve como primicia para entender de forma subjetiva el control y manejo que dan grupos específicos a la información la cual puede ser el inicio para nuevos productos o ideas de proyectos.

9. Recomendaciones

- Aunque dentro del pénsum de ingeniería Catastral y Geodesta existan materias electivas o intrínsecas de Catastro, se asume que el catastro es una particularidad que puede contemplar otros campos y que su información no necesariamente se encuentra organizada para realizar una gestión eficiente de los campos o atributos que allí se contengan, además, considerando los grandes volúmenes de información que se manejan en la actualidad que pueden están en diversidad de formatos o en crudo, se recomienda implementar dentro de la malla académica, nodos educativos o prácticos para el manejo de grandes volúmenes de datos y estructuración de capas de información enfocadas al catastro con múltiples fines ya sea predial o de redes en este caso, que si bien es una función adicional del núcleo de la carrera, resulta vital para realizar análisis, mejorar la toma de decisiones y en cuestiones de coordinación de equipos, mejorar la retroalimentación activa de información.

- Tomando como referencia la escasa bibliografía de las entidades encargadas del control y supervisión de los procesos de alcantarillado y acueducto a nivel regional, se resalta la necesidad de tener una mayor accesibilidad como usuario externo a las fuentes de información de los repositorios de las entidades encargadas, ya que, en la construcción documental se evidenció grandes limitantes a la hora de distinguir o ubicar los diferentes elementos como planes maestros, información geográfica detallada de menor o mayor nivel, empresas implicadas en los procesos de distribución, entre otros; estos elementos resultan de vital importancia para identificar los sistemas organizacionales de un servicio público.

- En el margen operativo entre la Universidad y las empresas privadas, se recomienda continuar llevando a cabo proyectos de pasantía de esta índole, donde existan ambientes de participación extrayendo ideas con enfoque en la gestión de nuevas tecnologías para cumplir con los requerimientos de los productos solicitados para cada proyecto, con el fin de seguir expandiendo las fronteras del ambiente práctico del rol estudiantil que debe ser una prioridad en el enriquecimiento laboral y productivo en los futuros ingenieros.

10. Bibliografías

[1] Alcaldía Mayor de Bogotá. (2024). Proyecto Plan Distrital de Desarrollo (2024 - 2028). https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/documento_bases_proyecto_pdd_2024-2028.pdf

[2] Alcaldía Municipal de Soacha. (2020). Documento Técnico de Soporte P.O.T – DTS – B. Componente urbano. https://www.alcaldiasoacha.gov.co/Transparencia/Documentos_POT/Propuesta%20Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial%20(POT)%20de%20Soacha%202024/4%20Versi%C3%B3n%2018%20de%20agosto%20de%202023/20230818_DTS_Componente_Urbano.pdf

[3] Castro-Garzón, Hernando, Rubio-Cruz, Miguel A, & Rodríguez-Miranda, Juan P. (2014). Análisis y perspectivas de las coberturas de acueducto y alcantarillado en el Departamento del Meta. ORINOQUIA, 18(2), 122-129. Retrieved May 27, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092014000200010&lng=en&tlng=es.

[4] Congreso de La República, (1994). Ley 142 de 1994 “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”. Bogotá. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752

[5] Congreso de La República, (1997). Ley 388 de 1997 “Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones”. Bogotá. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339

[6] Congreso de La República, (2015). Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. Bogotá. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933

[7] Departamento Nacional de Estadística DANE (2014). Sistema de Alcantarillado. Documento Técnico – DANE. (s. f.). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/construccion/AFOC/4_Sistemas_Alcantarillado.pdf

[8] Despacho de la Alcaldía Distrital, (2015). Decreto 1077 de 2015 “Esta versión incorpora las modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio a partir de la fecha de su expedición.” Bogotá. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

[9] Despacho de la presidencia, (2020). Decreto 148 de 2020 “Por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de 2015, 'Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Administrativo de Información Estadística” Bogotá. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=105952

[10] Díaz Valencia, I. J. (2014). Modelo de reporte de daños de la infraestructura de los sistemas de acueducto en Colombia. Universidad Católica de Colombia. URL: https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3464904-03ec-4abd-a484-be6b24771159/content

[11] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2022). Informe de Seguimiento del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Vigencia 2021. https://www.acueducto.com.co/wps/wcm/connect/EAB2/9aaf1c53-75c4-41dc-8710-ddd1b4c4d487/Informe+Seguimiento+Plan+Maestro+an%CC%83o+2021+versi%C3%B3n+enviada.pdf?MOD=AJPERES&CVID=o3u4ac0

[12] Garzón Rojas, A. S. (2016). Estudio para la optimización de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y aguas lluvias en la Cabecera Municipal de La Vega (Cundinamarca). Universidad La Gran Colombia. URL: https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5301/Estudio_optimizaci%C3%B3n_alcantarillado_LaVega.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[13] Gutiérrez, M. (2006). El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos. Universidad Católica de la Santísima Concepción. URL: https://geo.cepal.org/en/contenido/categoria-ide/tecnolog%C3%ADa/archivos/pdf/rol_de_las_bases_de_datos_espaciales_en_una_ide.pdf

[14] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2023). Resolución 1040 de 2023 “Por medio de la cual se expide la Resolución Única de la Gestión Catastral Multipropósito”. Bogotá. URL: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=149779

[15] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2024). Resolución 746 de 2024 “Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1040 del 8 de agosto de 2023, única de la gestión catastral multipropósito”. Bogotá. URL: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=157099

[16] Mahecha Trujillo, L & Merchán León, L. (2022). Actualización del catastro de usuarios enfocado en la determinación de clientes potenciales para la empresa de gas natural “Alcanos de Colombia S.A. E.S.P” en los Municipios de Ibagué y Girardot.

[17] Marín Ramírez, R (2019). El agua en la ciudad. Universidad Central. URL: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=3MDADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA147&dq=acueducto+y+alcantarillado+en+colombia&ots=G3ie_pmYYE&sig=OeKtzNQxx8EYjzRULsTC_myQSZc&redir_esc=y#v=onepage&q=acueducto%20y%20alcantarillado%20en%20colombia&f=false

[18] Martínez Cortes, M. F. (2020). Metodología para la estructuración de un catastro de redes de acueducto y alcantarillado en un software SIG para el barrio Guacamayas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. URL: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/27984/MartinezCortesMichaelFelipeCardozoNu%c3%b1ezJorgeLeonardo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[19] Osorio Sierra, Á. (2018). Acueducto, alcantarillado y medio ambiente. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2018. URL: https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/48b1c921-2480-4d66-b91c-ec23497609b5

[20] Resolución 1040 de 2023 Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (s. f.). https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=149779

[21] República de Colombia. (1991). Constitución política de 1991, Cap. 5. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125

[22] Secretaría Distrital del Hábitat (2023). Construcción del catastro de redes de los servicios públicos en el distrito capital Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/7618_118_secretaria_distrital_del_habitat_1.pdf

[23] Secretaría Jurídica Distrital. (2000). Decreto 302 de 2000. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4636

[24] Salinas Ramírez, J. M. (2011). Documento de proyecto. Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado de Colombia. Comisión Económica para América Latina y el Caribe URL: https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/271-spa.pdf

[25] Sistema Nacional de Capacitación Sectorial, UNICEF, Unión Europea, (2004). Catastro de Redes Municipios Menores y Zonas Rurales. Colombia.

[26] Suárez Asencio, J. H. (2022). Prototipo de sistemas de información geográfica (SIG) para el levantamiento de información del catastro de redes para el alcantarillado sanitario en la ciudadela Martha de Roldós - Guayaquil 2022 URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8929/1/UPSE-MTI-2022-0004.pdf

[27] Torres Velásquez, P. A. (2010). Diagnóstico y actualización del Catastro de las Redes Matrices de Acueducto del Municipio Dosquebradas Risaralda. Universidad libre Facultad de ingeniería. URL: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17044/DIAGNOSTICO%20Y%20ACTUALIZACI%C3%93N%20DEL%20CATASTRO%20.pdf?sequence=

[28] Torres Bermúdez, D. L. (2022). Análisis del diagnóstico de las redes de alcantarillado de los barrios San Isidro I Y II, San Luis y La Sureña. Universidad Piloto de Colombia, Facultad de ingeniería Civil. URL: https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12068/An%C3%A1lisis%20del%20diagn%C3%B3stico%20de%20alcantarillado-ACUALCOS%20(1).pdf?sequence=1&isAllowed=y

[29] Valenzuela Blanco, M. (2021). Uso de metodologías de diseño optimizado para el levantamiento de catastro de redes de drenaje urbano. Universidad de los Andes. Disponible en: http://hdl.handle.net/1992/53684