

**DESARROLLO DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO PARA EL MUNICIPIO
DE FILADELFIA MEDIANTE HERRAMIENTAS GEOINFORMATICAS**

JHON EDWARD VALENCIA GÓMEZ

MARÍA DEL CARMEN GUZMÁN QUINTERO



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®**

**Acreditación Institucional
de Alta Calidad**
Resolución 4792 del 15 de mayo de 2019

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES**

2021

**DESARROLLO DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO PARA EL MUNICIPIO
DE FILADELFIA MEDIANTE HERRAMIENTAS GEOINFORMATICAS**

JHON EDWARD VALENCIA GÓMEZ

MARÍA DEL CARMEN GUZMÁN QUINTERO

**Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica**

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MANIZALES

2021

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por todo el apoyo y motivación incondicional para seguir adelante. A nuestros profesores por compartir todo su conocimiento y permitir la adquisición de estas nuevas capacidades.

RESUMEN

Debido a que Filadelfia es un municipio con proyecciones de crecimiento, la empresa prestadora de servicios públicos, Empocaldas S.A E.S.P, que es la que abastece de agua potable al municipio; desea contar con una base de datos de fácil manejo y prestar un servicio más eficiente. Para esto el proyecto tiene como objetivo general, desarrollar el catastro de redes de la empresa de acueducto, logrando obtener un manejo de la información más organizado y estructurado que permita analizar y acceder a la información de manera ágil y sencilla. Así entonces se generó adicionalmente el almacenamiento en un portal web que permitiera el desarrollo de una aplicación web a la cual pueden acceder los trabajadores de la empresa para consultar, analizar y actualizar la información de manera ágil y precisa.

PALABRAS CLAVES: Catastro de redes, sistemas de información geográfica, redes de acueducto

ABSTRACT

Because Philadelphia is a municipality with growth projections, the public service provider company, Empocaldas S.A E.S.P, which is the one that supplies drinking water to the municipality; you want to have a user-friendly database and provide a more efficient service. For this, the project's general objective is to develop the network registry of the aqueduct company, managing to obtain a more organized and structured information management that allows analyzing and accessing the information in an agile and simple way. So then, storage was additionally generated in a web portal that allows the development of a web application that can be accessed by company workers to consult, analyze and update information in an agile and precise way.

KEY WORDS: Network cadastre, Geographic information system, Aqueduct networks

CONTENIDO

	Pág.
1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. REFERENTE TEÓRICO	7
4.1. MARCO CONCEPTUAL	7
4.2. MARCO REFERENCIAL	10
5. METODOLOGÍA.....	22
5.1. TIPO DE TRABAJO	22
5.2. PROCEDIMIENTO	24
5.2.1. <i>Objetivo específico 1</i>	24
5.2.2. <i>Objetivo específico 2</i>	25
5.2.3. <i>Objetivo específico 3</i>	26
6. RESULTADOS	27
6.1. ESTADO DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS REDES DE ACUEDUCTO.....	27
6.1.1. <i>Identificación de cartografía básica de la zona de estudio</i>	27
6.1.2. <i>Diagnóstico de la información técnica</i>	29
6.2. ESTRUCTURACIÓN DEL CATASTRO DE REDES	33
6.2.1. <i>Levantamiento de información en campo</i>	33
6.2.2. <i>Procesamiento de información del catastro de redes</i>	37
6.3. IMPLEMENTACIÓN DEL VISOR Y APLICACIÓN WEB	45
6.3.1. <i>Cargue de la información a la plataforma web</i>	46
6.3.2. <i>Ambientación de mapa web</i>	47
6.3.3. <i>Diseño del web app para el catastro de redes</i>	48
6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
7. CONCLUSIONES	51
8. RECOMENDACIONES.....	53
9. BIBLIOGRAFÍA	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coberturas disponibles del Portal geográfico de Caldas.	28
Figura 2. Sincronización World View Data para extracción de curvas de nivel.....	29
Figura 3. Implante digital de la red de acueducto.....	30
Figura 4. Correlación espacial de la información digital suministrada.....	31
Figura 5. Revisión de información EMPOCALDAS Filadelfia.....	33
Figura 6. Vuelo de dron en campo.	34
Figura 7. Procesamiento de ortomosaico en Agisoft Metashape.	36
Figura 8. Calidad del ortomosaico de Filadelfia.	36
Figura 9. Georreferenciación de mapa base.	38
Figura 10. Puntos de desfase y coherencia en la georreferenciación.....	39
Figura 11. Dominios para las clases de entidad creadas.....	39
Figura 12. Red de distribución de acueducto del municipio de Filadelfia.....	40
Figura 13. Elementos constitutivos del catastro de redes.	41
Figura 14. Reglas topológicas del proceso de validación de digitalización.....	42
Figura 15. Errores topológicos encontrados en la red de acueducto.	43
Figura 16. Catastro de redes rectificado sobre ortomosaico levantado.	44
Figura 17. Publicación del servicio de catastro de redes.	46
Figura 18. WebMap del catastro de redes de Filadelfia.	47
Figura 19. Ambiente de la aplicación web del catastro de redes de Filadelfia.....	48

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica a nivel mundial han presentado una acogida en diferentes temáticas, que sustentadas en los avances tecnológicos y de las comunicaciones, y adicionalmente los procesos de globalización y estandarización internacionales, es posible encontrar su uso en múltiples disciplinas y con diferentes enfoques, gracias a la versatilidad que los SIG representan y las contribuciones en operabilidad, eficacia y eficiencia en el almacenamiento, manejo, análisis, procesamiento y publicación de datos tanto para empresas como para instituciones.

En este sentido, el presente proyecto sustenta el uso de los SIG para un tema que se está volviendo más que popular, necesario para las empresas prestadoras de servicio de acueducto y alcantarillado en lo concerniente al catastro de redes. Así entonces el proyecto busca implementar una estrategia SIG que permita obtener un conocimiento certero y generalizado para todos los operarios de la empresa en torno a la ubicación, condiciones, características, elementos constitutivos y demás posibilidades frente a las redes de acueducto que la empresa EMPOCALDAS S.A E.S.P maneja en sus 20 sucursales, iniciando mediante este proyecto con la construcción del catastro de redes del municipio de Filadelfia, para evidenciar la potencialidad que estas tecnologías pueden ofrecer para la empresa.

No obstante, es de tener en cuenta que lograr la destinación de presupuesto, personal calificado, entre otros elementos que representa un SIG, es una tarea compleja que debe estar fundamentada en el costo beneficio que la implementación del SIG traerá para la empresa y de esta manera, más que volverlo atractivo técnica y operativamente, lo sea también financieramente.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Debido a la necesidad de mostrar de manera practica la ubicación de cada una de las tuberías, válvulas, reducciones, tanques, nodos e hidrantes y tener un inventario de la totalidad de las redes de acueducto del Municipio de Filadelfia Caldas, el cual se encuentra desactualizado, se debe estabilizar el catastro de redes que se elabora con el fin de realizar planes de mejora, optimización y ampliación de servicio, además de poder identificar puntos de bajas y altas presiones.

En Colombia, varias comunidades, sufren a diario problemas relacionados con el acceso al servicio de abastecimiento de agua, ya que éste es, en muchas ocasiones, limitado debido a falencias en los sistemas de acueducto, razón por la cual se deben buscar alternativas que solucionen esta problemática, y que garanticen el abastecimiento de agua óptimo y con cobertura total y de calidad a la población que lo requiera.

La competencia de asegurar que se presten de manera eficiente y con calidad los servicios públicos domiciliarios de acueducto a todos los habitantes, es de los municipios (o distritos) y, concurrentemente, de los departamentos y la Nación. De igual forma, señala la Ley, que la prestación continua de servicio de buena calidad, es la obligación principal de las empresas de servicios públicos domiciliarios. La Empresa de Obras Sanitarias de Caldas "EMPOCALDAS S.A E.S.P" es una Sociedad Anónima Comercial de Nacionalidad Colombiana, del orden Departamental, clasificada como empresa de servicios públicos, EMPOCALDAS S.A E.S.P está conformada por una sede administrativa con domicilio en la Ciudad de Manizales y 24 seccionales ubicadas en 20 municipios, 3 corregimientos y 1 Centro poblado, de los cuales Filadelfia está dentro de los 20 Municipios

El agua es un recurso natural cada vez más escaso en el mundo. La conducción de agua potable es un producto inherente de la actividad humana. La demanda de recursos naturales crece más rápido que la oferta; y la velocidad de reposición de la existente está disminuyendo. "Nadie la cuida por ser aparentemente abundante, pero en situación de escasez nada puede ser obtenido a cambio". Ello deja entrever lo fundamental que es el

agua para el ser humano y para el crecimiento económico, pues a partir de Ella se elaboran todo tipo de manufacturas y servicios (alimentos y bebidas, energía eléctrica, etc.). El sistema de acueducto es un conjunto de obras para la captación, aducción y conducción; así mismo un sistema de información geográfica es muy importante para optimizar el ciclo Deming en el proceso de conducción del agua (Planear, ejecutar o hacer, verificar).

En este orden de ideas, la prestación de los servicios públicos requiere de la existencia de sistemas de acueducto, es decir, contar con la infraestructura, maquinaria y equipos necesarios para realizar los procesos que hacen parte de la cadena de valor de cada servicio y, por supuesto, del personal e insumos necesarios para administrar, operar y mantener dichos sistemas. No obstante, a pesar de los esfuerzos realizados por las distintas entidades gubernamentales competentes y algunos prestadores, con respecto a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, que han logrado mejoras significativas en términos de cobertura, calidad y continuidad, existen municipios y distritos con zonas dentro del suelo urbano cuyas características limitan su prestación o no les han permitido alcanzar los estándares de eficiencia y calidad establecidos en la ley y que los usuarios y/o suscriptores logren el acceso al agua y saneamiento.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el Municipio de Filadelfia Caldas, presenta vulnerabilidad asociado al Mantenimiento de las redes de acueducto. Los sistemas de acueducto que existen en Colombia son generalmente sistemas tradicionales, llamados sistemas de abasto de agua, donde un conjunto de obras hidráulicas para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir agua cruda o parcialmente tratada cuyo caudal puede ser empleado total o parcialmente para el uso para consumo humano y doméstico.

En el momento de consultar la información de catastro de redes de acueducto, se presenta una inconsistencia en los datos, generando confusión en la ubicación de los elementos de las redes, además duplicidad en procesos y documentos, mostrando poca fidelidad para la operación y administración de información que compone todo un sistema de redes de acueducto tales como reporte de daños, edad de tuberías, elementos de la red, longitud de la tubería etc.

Por lo anterior expuesto se evidencia que la empresa Empocaldas hasta el momento viene trabajando con procesos y herramientas que no van a la vanguardia de modernización de las herramientas SIG y se enfoca a cumplir con las mínimas exigencias gubernamentales del cuidado del medio ambiente

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el catastro de redes de acueducto del municipio de Filadelfia - Caldas mediante herramientas geoinformáticas y visores geográficos web.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la estructura y estado de las redes de acueducto y su relación con la cobertura del servicio dentro del territorio de Filadelfia - Caldas.
- Estructurar el catastro de redes de acueducto del municipio de Filadelfia - Caldas mediante el uso de sistemas de información geográfica.
- Implementar un visor geográfico que permita mostrar los elementos referentes a catastro de redes del acueducto en Filadelfia - Caldas.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante la última década se ha producido la consolidación de los sistemas de información geográfica, como herramienta básica para la gestión espacial de las redes y de las relaciones que en el territorio se establecen entre los distintos elementos que las componen. Es por ello que, las empresas dedicadas a la actividad de abastecimiento y saneamiento de agua se ha difundido ampliamente su uso.

Entre los proyectos que tiene la empresa Empocaldas para la modernización y el desarrollo propio, es la implementación de herramientas geoinformáticas que vayan agregando conocimiento al talento humano para la implementación del SIG, que mejoran aspectos concretos del servicio.

La posibilidad de conectar con herramientas externas, junto con las capacidades propias de la administración de bases de datos normalizada e información georreferenciada que permite al SIG un control sobre todos los elementos que comprende el abastecimiento.

Organizar información derivada de un catastro de redes, tiene como objetivo dar el diagnóstico general de un sistema de acueducto, con el fin de hacer un mejoramiento del servicio o ampliarlo en caso de expansión urbana; para lograr este objetivo la información debe ser tomada, almacenada y organizada de forma metódica, para lograr un alto grado de confiabilidad.

También es importante que esta información, que sirve de base para la administración de este servicio público, tenga la opción de actualizarse a medida que el sistema se modifique. Esto se logra con la estructuración de la base de datos espaciales que compilan la información del estudio y brindan herramientas para la toma de decisiones.

La necesidad de organizar y administrar los datos provenientes del catastro de redes de cualquier parte del país, por medio de herramientas basadas en un Sistema de Información Geográfico, buscan optimizar los procesos para los administradores del sistema, buscando el mejoramiento del servicio, analizando el diagnóstico general, de los

componentes del sistema de acueducto y de esta manera, reducir los impactos negativos generados por el desconocimiento de las actualizaciones del catastro de redes.

4. REFERENTE TEÓRICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL

La aparición de los SIG hacia la década de los 70's permitió generar un cambio de perspectiva en el manejo de datos geográficos, no solo desde las disciplinas de las ciencias de la tierra, sino desde las ciencias sociales y otras.

Si bien con la aparición de las computadoras, los SIG iniciaron su visión desde el manejo de datos digitales para la organización y administración de los mismos, es hasta los finales del siglo XX que los SIG exploran su máximo potencial desde el punto de vista no solo de datos, sino también gráfico (Rubio y Gutierrez, 1997).

No obstante, los mismos autores evidencian que uno de los problemas más complejos en la implementación de los SIG, es la adquisición de los datos o información base. El levantamiento y digitalización de la información puede significar entre el 50% y el 95% del presupuesto de un proyecto de implementación de SIG.

Así entonces los SIG se perfilan como sistemas de información capaces de integrar, almacenar, editar analizar, compartir y mostrar información geográficamente georreferenciada (Santovenia. Tarrag. y Cañedo., 2009). Por ende, cualquier información que pueda presentar un interés geográfico, tiene cabida en el uso de los SIG, como se puede evidenciar en el campo de los análisis ambientales, catastro, servicios públicos, geomarketing, entre otros (Rubio y Gutierrez, 1997)

Para finales del siglo XX, las principales ciudades de Colombia integran el manejo de SIG a sus Planes de Ordenamiento Territorial para el manejo de toda una información en conjunto a nivel municipal. No obstante, uno de los principales problemas hace referencia a los métodos de levantamiento de información y la precisión en los datos (Molina., López., y Villegas, 2005). El problema del manejo de gran cantidad de información analógica para ser digitalizada e incorporada a los SIG, refirió un gran reto para la implementación de estos a la planificación del territorio.

Los mismos autores exponen que esta época se generalizó por una resistencia al cambio tecnológico en el ámbito de los SIG, pues la información cartográfica siempre había sido manejada de manera analógica, y la incorporación de estas nuevas tecnologías, implicada en conocimiento técnico para su uso, además de un acceso limitado por la inversión presupuestal que era necesario hacer para las herramientas que permitieran la aplicación de los SIG. No obstante, acelerada evolución de la informática en los principios del siglo XXI, permite que la accesibilidad a un mundo de información digital, ligado así mismo a la incorporación y globalización del internet, permitiera una coyuntura para la popularización de los SIG en diferentes ámbitos.

Es así como los SIG se han convertido en una herramienta crucial para la planificación ambiental y ordenamiento del territorio, ya que como expone Dale (citado por Castellanos, 2010) cerca del 80% de la información tratada por instituciones públicas o privadas en el ámbito de la planificación, tienen en alguna medida relación con datos espaciales.

Si bien en los inicios de la aplicación de los SIG en la planificación territorial para el contexto colombiano, uno de las principales funciones de estos estaba asociada a la identificación de problemas mediante el análisis territorial de los elementos espacializados de un territorio (Bosque y García, 2000), en la actualidad, los SIG permiten el análisis de alternativas, proyecciones y modelaciones para la optimización de los procesos de planificación territorial, cruciales para la toma de decisiones en torno a la función de un territorio específico, como suele suceder con la inclusión del catastro a los SIG desde una perspectiva integrada mediante el catastro multipropósito (Castellanos, 2010).

En este sentido, la aplicación de los SIG a la prestación de servicios públicos para todos los territorios, es un proceso de vital importancia para la planificación de redes, análisis diagnóstica de las mismas, respuesta temprana para problemas de redes, optimización del funcionamiento y mejoramiento de la prestación del servicio.

Es evidente la necesidad de los pueblos por el abastecimiento de agua, tomando como referentes las primeras redes de abastecimiento que datan del siglo VII a.c en Nínive, la capital Asiria, y uno de los mayores exponentes en el diseño de redes de abastecimiento

de agua, que datan de los siglos III y IV a.c en la antigua Roma, con redes subterráneas de abastecimiento de hasta 16km y redes superficiales como el Aqua Marcia que tenía una longitud de 90 km (Ballén., Galarza., y Ortiz., 2006).

Hoy en día es impensable el desarrollo de una ciudad sin la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, toda vez que el crecimiento económico, poblacional y territorial, depende en cierta parte de la prestación de este servicio; restaurantes, empresas de manufactura, viviendas, centros de recreación, entre muchas otras actividades. Por esta razón, la necesidad de poder planificar de manera óptima e incrementar la calidad en la prestación del servicio y el conocimiento sobre el las redes, se vuelve vital para el funcionamiento de una ciudad.

Muchos de los problemas que presentaban antes de la incorporación de los SIG al tema de la planificación territorial, y puntualmente en el catastro de redes, era que el conocimiento partía del empirismo de unas pocas personas que tenían un conocimiento de la memoria histórica de la empresa, pero al momento de estas personas retirarse o salir de la empresa, el conocimiento se perdía y la empresa se veía en múltiples problemas al momento de atención de las redes, conocimiento de su trazado, instalación, materiales y demás (Giraldo, 2010).

De esta manera, el catastro de redes, evidenciado en múltiples investigaciones (ver marco referencial), permite a las empresas y los territorios contar con una información oportuna y precisa de los elementos con los que cuenta, diagnosticar el estado de las redes, analizar proyecciones de prestación del servicio, planificación de la construcción de redes, optimización de la prestación del servicio, además de otras posibilidades que los SIG ofrecen para este tipo de información.

El estado del arte en el catastro de redes permite evidenciar nuevas posibilidades al integrarse el catastro multipropósito y permitir la interacción con la administración de tierras, no solo para los elementos presentes en las redes, sino la interacción del servicio con los usuarios de manera integrada (Radulovic, et al., 2019).

Aun así, cabe resaltar que el catastro de redes es un proceso que ha evolucionado de manera paulatina, pero aún cuenta con mucho campo por explorar, toda vez que la complejidad de las redes de acueducto no se suscitan a un trazado en el plano de manera 2D, sino que estas tienen variaciones en profundidad de manera horizontal, que se vuelven complejas al momento de resaltar en un modelamiento 2D. Es así como se evidencian incursiones en el modelamiento 3D de tuberías subterráneas desde diferentes autores (Balogun, et al., 2011; Du y Zlatanova, 2011; Guerrero, et al., 2013)

4.2. MARCO REFERENCIAL

Catastro y Georeferenciación de la red de acueducto de la Ciudad de Armenia

Este Proyecto se llevó a cabo en los sectores 7,8,9 y 10 en el casco Urbano de la Ciudad de Armenia, la falencia que se presentaba era la falta de consolidación de la información de las redes de acueducto, el objetivo principal era recopilar, levantar y procesar la información necesaria de la red de acueducto de determinados sectores de la Ciudad de Armenia como base para alimentar el Sistema de Información del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, los resultados fueron la obtención de un inventario de la red de acueducto con todos los elementos que la componen, se dibujó la red de acueducto inspeccionada y se realizó la Georeferenciación de la misma ligándola a la red Geodésica del Departamento, empleando métodos terrestres y haciendo uso de la Estación Total, con el fin de obtener la ubicación de la red de acueducto. Los datos se consignaron en formularios suministrados por la Empresa y fueron dibujados por un auxiliar que los integra al sistema CAD. Luego de comparar la información obtenida en campo con la del levantamiento se envió al Sistema de Información Geográfico donde se dibujó el plano definitivo.

Diagnóstico y actualización del catastro de las redes matrices de acueducto del municipio Dosquebradas Risaralda

Este proyecto su sitio de investigación fue en el Municipio de Dosquebradas del Departamento de Risaralda, debido a que Dosquebradas es un Municipio industrial y tiene proyecciones de crecimiento la empresa prestadora de servicios públicos, Serviciudad ESP, que es la que abastece de agua potable al municipio; desea contar con una base de datos de fácil manejo y prestar un servicio más eficiente. Para esto se tuvo la necesidad de modelar la red de acueducto mediante un software y cuyos resultados se montaron en un sistema de información geográfico, el cual permite conocer la capacidad de servicio, como presión del agua, con que esta empresa cuenta en determinada zona dentro del casco urbano, por eso su objetivo principal fue Evaluar y determinar los puntos críticos de presión y suministro de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas, Risaralda, mediante un software especializado en modelaciones e implementar una base de datos alfanumérica en el programa ArcGIS, los resultados del proyecto muestra el inventario de los elementos existente en la modelación de la red, informe de estado de la red de acueducto.

Optimización operativa de Aguas de Manizales S.A. ESP, a partir de la implementación del SIG.

Este artículo monográfico en la Optimización operativa de Aguas de Manizales S.A. ESP, a partir de la implementación del SIG, buscaba la puesta en marcha del SIG permitiendo recopilar, almacenar, organizar, analizar y desplegar toda la información de las redes de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Manizales, de las cuencas hidrográficas y de los usuarios para hacer de él una herramienta de trabajo útil, que facilitara la toma de decisiones gerenciales y operativas, y de esa manera garantizar la prestación de un excelente servicio a la comunidad. Para lograr tal objetivo fue necesario identificar tanto los elementos del sistema a administrar, como los procesos y relaciones existentes entre ellos, adelantando un estudio y planeación detallada que permitió estructurar los modelos numéricos, la conceptualización y el diseño de las abstracciones como fundamento y planeación del sistema que permitiera finalmente analizar sus elementos y relaciones en forma gráfica y digital.

El SIG en Aguas de Manizales S.A. ESP tuvo su origen en la necesidad de atender de manera más oportuna y ágil las intervenciones requeridas sobre el sistema de acueducto y alcantarillado empleando un instrumento tecnológico que permitiera recopilar, almacenar, organizar, analizar y desplegar toda la información de las redes de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Manizales, de las cuencas hidrográficas y de los usuarios para hacer de él una herramienta de trabajo útil que facilitara la toma de decisiones gerenciales y operativas y de esa manera garantizar la prestación de un excelente servicio a la comunidad.

Como resultado de la adecuación de las utilidades del SIG a las necesidades particulares de Aguas de Manizales S.A. ESP a través de una adecuada planeación del modelo de datos y del desarrollo de las diferentes aplicaciones, la empresa logró optimizar el uso de esta tecnología logrando unas mejoras significativas en los diferentes componentes del sistema

Actualización del catastro de redes de acueducto de las zonas de servicios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña - Norte de Santander

El presente trabajo se realizó con el área de Planeación de la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña ESPO s.a “E.S.P”, la finalidad fue actualizar el catastro de redes de acueducto con que cuenta la empresa, para así contar con una base de datos que contenga información real y oportuna de los nuevos elementos que conforman el sistema de agua potable del municipio, con el fin de controlar y visualizar el inventario real del sistema para la toma apropiada de decisiones, el trabajo consistió en la georreferenciación y digitalización de los planos de los nuevos desarrollos urbanísticos que cuentan con distribución de agua potable y el reconocimiento de aquellas zonas dentro del plano General de los cuales no se tienen registro de tubería ni de válvulas, purgas, ventosas, hidrantes y demás componentes del sistema, toda la información levantada en campo y suministrada por los inspectores de la empresa fue consignada en los formatos técnicos correspondientes, en el cual se elaboraron para que establecieran las condiciones imprescindibles de información de las redes de acueducto intervenidas y

la cual finalmente se plasmó en el plano General de redes de la empresa, que contienen la información de las redes construidas,

El Departamento de Planeación de la empresa Espo S.A. en la cual se realizó dicho trabajo bajo la dirección del jefe del área el Ing. Jesús Amando Portillo, continúan con su objetivo de recolectar y preparar toda la información necesaria para la elaboración y puesta en funcionamiento de los planes y políticas gerenciales y empresariales que sirvan de sustento al cumplimiento del objeto social de la empresa. Pero el área generalmente limitan de personal suficiente para desarrollar ciertos trabajos por la falta de recursos, lo cual da oportunidad que dichos sean realizados por pasantes con conocimientos teóricos suficientes para el cumplimiento. Razón por la cual se tuvo la oportunidad de actualizar el catastro de la red de acueducto con que cuenta la empresa, con la cual se espera que con dichos aportes faciliten el manejo del sistema de redes de agua potable, proporcionándoles una fuente actualizada y confiable de información que servirá de base para la toma de decisiones que se fundamentara en criterios de calidad, eficacia y eficiencia a la hora de mejorar la prestación del servicio, se pudo diagnosticar el estado actual de la red matriz de 16" y 18" de diámetro de asbesto cementos de la cual presenta gran deterioro por los muchos años de servicio que ya tiene, para lo cual se sugiere la reposición por tubería de policloruro de vinilo (P.V.C) e inclusive se detectaron zonas donde la tubería pasa por debajo de casas para lo cual se propone un mejor trazo fuera de predios privados.

Realización del catastro de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña (Norte de Santander)

En Ocaña la empresa ESPO S.A es la encargada del sistema de alcantarillado, acueducto y aseo, en este caso se trabajó con la parte de acueducto debido a que no se contaba un catastro del mismo, por lo tanto se realizó el catastro de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas 6, 7, 8, 9 y 10 de la ciudad de Ocaña norte de Santander,

cuyo objetivo era planear, organizar, ejecutar, coordinar y controlar las labores de mantenimiento de la infraestructura física de acueducto, alcantarillado y aseo.

La empresa ESPO S.A. E.S.P. en su división del Área Físico Operativa no cuenta con un sistema de registro de archivo de planos relacionados con los detalles técnicos de ubicación y especificaciones de las redes principales del sistema de alcantarillado de la ciudad de Ocaña. Por lo tanto se realizará el catastro de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña para cumplir los siguientes objetivos. Establecer las condiciones generales del catastro en un formato de campo el cual facilitará la recopilación de información de las características del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio. Elaborar tablas y gráficas sobre las características de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio que permitan visualizar sus características en porcentajes y número, incluyendo su estado actual (bueno, regular, malo). 18 Mantener disponible información acerca de la redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudios propuestas para realizar de una manera más fácil maniobras de operación. Determinar las características técnicas (Tipo de tubería, diámetro, material, entre otros) de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio.

Después de trabajar las zonas de estudio 6, 7, 8, 9 y 10, la ejecución de estos trabajos y la recopilación de toda la información referente al sistema ayudaran a mejorar la ubicación de cada uno de los elementos, en el momento en que se necesiten realizar cambios o modificaciones de operación. De igual forma la realización de este catastro permite obtener por primera vez en la empresa un banco de datos que reúne información específica como diámetros, materiales, distancias, número de pozos y número de tuberías de cada parte de las redes principales del sistema.

Realización del catastro de las redes del sistema de acueducto y alcantarillado de la zona 2 que comprende los barrios la primavera y buenos aires del casco urbano del municipio de Ocaña, norte de Santander

La Empresa de Servicios Públicos de Ocaña, ESP S.A, como encargada de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander debido a que en anteriores proyectos catastrales de los sistemas de acueducto y alcantarillados no han contado con un procedimiento definido e igual con el cual se pueda organizar e interpretar la información recolectada de una manera unificada, se ha decidido establecer una metodología para elaborar catastro de las redes del sistema de acueducto y otra para la elaboración de catastros de las redes del sistema de alcantarillado, con el fin de estipular parámetros para su seguimiento y actualización; y a su vez generar un sistema de información geográfica mediante un software especializado donde se realice la correspondiente referenciación de ambos sistemas en la zona de estudio con la información obtenida del catastro.

Actualmente no se tiene una plena identificación del sistema de acueducto y del sistema de alcantarillado por lo que la empresa inició un proyecto que busca realizar un catastro de las redes de ambos sistemas, con el cual se pretende recolectar información real y actualizada que permita visualizar y controlar el inventario del acueducto y alcantarillado. La ejecución del catastro permite, además, la actualización de planos y bases cartográficas existentes que facilite a la dirección de planeación contar con información oportuna que ayude en la operación, mantenimiento e implementación de la infraestructura física de las redes de los sistemas de acueducto y alcantarillado. Debido a que los anteriores proyectos catastrales de los sistemas de acueducto y alcantarillados no han contado con un procedimiento definido e igual con el cual se pueda organizar e interpretar la información recolectada de una manera unificada, se ha decidido establecer una metodología para elaborar catastro de las redes del sistema de acueducto y otra para la elaboración de catastros de las redes del sistema de alcantarillado, con el fin de estipular parámetros para su seguimiento y actualización; y a su vez generar un sistema de información geográfica mediante un software especializado donde se realice la correspondiente referenciación de ambos sistemas en la zona de estudio con la información obtenida del catastro.

El diagnóstico realizado en el sector de estudio permitió, aparte de recolectar información importante de la zona e identificar la infraestructura que en ella hay, mostrar el alcance

que puede llegar a tener contar con la georreferenciación de la infraestructura de acueducto y alcantarillado en todo el casco urbano del municipio de Ocaña y los beneficios que esto puede traer.

Soporte a las actividades de actualización de catastro de redes de alcantarillado para la Empresa EMPAS S.A E.S.P

El objetivo de este proyecto es apoyar las distintas labores que se llevan a cabo en la coordinación de expansión de infraestructura de la subgerencia de alcantarillado en la empresa pública de alcantarillado de Santander S.A E.S.P EMPAS S.A, enfatizando en la continuidad a la verificación de información del aplicativo SIG- catastro de redes en la revisión de planos de diseño de las redes de alcantarillado administradas por la Empresa.

La densidad poblacional incrementa con frecuencia, ocasionando en las personas la necesidad de vivienda, obligando que nuevas conexiones se unan al servicio de acueducto y alcantarillado público y creen variaciones las cuales pueden llegar a generar la necesidad de cambio de tubería y esta con el paso del tiempo se deteriora, por ende también corresponde un cambio de la misma. Este problema se presenta con facilidad en todas las empresas de prestación de servicios públicos como lo es en el caso de la empresa pública de alcantarillado de Santander S.A. E.S.P., EMPAS S.A., como empresa encargada de prestar el servicio de alcantarillado en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón necesita en detalle tener conocimiento de todas las redes de alcantarillado que se encuentran bajo su administración, por esto se debe efectuar una buena planeación y administración de sus recursos y necesidades.

El sistema de información geográfica (SIG) es uno de aquellos avances que suple todas las necesidades que surgen a la hora de realizar las actividades de Gestión y Operación, por esta razón la empresa pública de alcantarillado de Santander S.A. E.S.P., EMPAS S.A., decidió implementar de modo digital las redes de alcantarillado de los municipios que están bajo su administración.

Diagnóstico y análisis de alternativas para la optimización del sistema de acueducto de la vereda de Chacua del municipio de Sibateé.

Este proyecto se llevó a cabo en la Vereda de Chacua, del Municipio de Sibateé, Cundinamarca, su objetivo principal es desarrollar un diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable.

En la localidad antes mencionada se han identificado algunas problemáticas que se presenta debido a la captación realizada en las fuentes superficiales que abastecen el acueducto Aguas de Chacua, es la afectación a ecosistemas aledaños, especialmente en la quebrada Los Laureles, en razón de que en periodos de estiaje gran parte del caudal de la quebrada está siendo captado por el acueducto sin garantizar un caudal ecológico, lo cual afecta a ecosistemas (Fauna y Flora) y comunidades vecinas por la escasez del recurso; es así como distintas personas han tomado represalias, como daño de tuberías de aducción y conducción, o en algunos casos restringen el ingreso de operarios de la empresa para realizar mantenimiento a las bocatomas. Esta problemática es más fuerte debido al desarrollo de actividades agrícolas que afectan directamente la cantidad de recurso hídrico disponible. Por tanto se hacen revisiones constantes a la tubería, bocatoma, desarenador, en momentos cuando el caudal que llega a la PTAP cambia repentinamente, haciendo uso de macro-medidores instalados en la red. Se evidencia la escasez del recurso hídrico a mediano y largo plazo, como consecuencia de la disminución de las fuentes, que sumado al mal uso del agua reducen la oferta hídrica disponible en la zona. Se ha observa como a lo largo de los últimos años la CAR ha otorgado una gran cantidad de concesiones de aguas en la Cuenca hidrográfica denominada Dos Quebradas, afectando considerablemente la oferta hídrica disponible para abastecer los acueductos veredales , llevando a pensar que esta fuente está siendo sobreexplotada. Adicionalmente el cambio de hábitos de consumo es bastante difícil en algunos usuarios del sistema, puesto que influyen distintos factores de tipo cultural, social y económico que dificultan desarrollar actividades encaminadas a preservar el agua; un ejemplo de esto es el uso de grandes cantidades de agua para el riego de cultivos, o el pago de una tarifa fija por el servicio. Algunos de los usuarios representados por la JAC de la vereda han dado a entender que la prestación del servicio de acueducto no es de

buena calidad, porque el servicio no se presta con frecuencia ideal, además la calidad fisicoquímica del agua que llega a sus casas, es cuestionables en cuanto a color y sabor. Por ende se hace indispensable establecer las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua de la vereda, con el objetivo de identificar irregularidades y proponer una serie de soluciones para el mejoramiento del servicio prestado a los usuarios sumado al fortalecimiento de las condiciones de operación y mantenimiento realizado por el personal técnico de la empresa. Verificando el cumplimiento de las normas de calidad del agua, seguridad y salud en el trabajo

Catastro de redes del acueducto de la vereda Yerbabuena, Chía, Cundinamarca

El acueducto de la Vereda Yerbabuena se encuentra ubicado en la jurisdicción del Municipio de Chía, Departamento de Cundinamarca. Teniendo en cuenta que la red tiene varios años desde su construcción, con materiales que en la actualidad se han mejorado en calidad, resistencia y costos. Atendiendo a la necesidad de actualizar la información de su infraestructura, recursos, inventarios y usuarios se llevó a cabo la recopilación de datos, accesorios y ramales que componen la red.

Este trabajo tiene como fin ayudar a organizar la información, para tenerla a la mano por parte de la persona encargada del mantenimiento e irá en beneficio de la comunidad específicamente la que se surte de esta fuente de agua potable, ya que con los elementos recolectados se podrá llegar oportunamente a los sitios donde se presenten problemas de circulación normal de las aguas. Además es necesario organizar la red para optimizar las labores de mantenimiento y una mejor organización de la logística correspondiente. Ayudar a organizar la información y plasmarla gráficamente en los planos era una necesidad que ahora será cubierta para el uso correspondiente

Con la actualización del catastro de redes del acueducto de la Vereda Yerbabuena se pudieron determinar longitud de tuberías, accesorios que lo componen, el inventario de redes domiciliarias y la actualización de la red de usuarios que la componen. Igualmente se incorporaron elementos que no aparecían en la base cartográfica como válvulas,

reducciones, nodos. Se utilizaron medios tecnológicos actualizados para el registro y procesamiento de la información, los resultados del presente trabajo servirán para organizar la infraestructura y el manejo de las redes de acueducto de agua potable de la vereda en mención. El análisis de datos arrojó que el acueducto de la Vereda Yerbabuena adolecía de una información precisa de la localización de los elementos de infraestructura del cual se compone. Por lo tanto esta información servirá para organizar los mismos y utilizarlos de una manera adecuada y realizar el inventario de redes, usuarios y elementos que componen el acueducto de la Vereda Yerbabuena, en el Municipio de Chía, Departamento de Cundinamarca.

Al organizar los resultados se podrá mejorar la operatividad del sistema y en esa misma medida la comunidad verá los resultados y procederá a la participación para la solución de problemas puntuales. Estos datos servirán para mejorar la operatividad del sistema y su organización. Además esta información es solicitada para y cumplir exigencias de los organismos encargados del control del manejo de los sistemas de agua potable, como la Corporación Autónoma Regional (CAR). Los planos aportados al trabajo y hechos con la base cartográfica suministrada por el Municipio de Chía servirán para localizar y referenciar los accesorios, tuberías, ramales y usuarios de la red, mejorando los planes de desplazamiento en los casos que amerite la atención prioritaria. Como parte de mi formación académica fue muy importante este trabajo, ya que el catastro de redes fue una actividad novedosa y gratificante, además de un valioso aporte al conocimiento en este campo de la topografía.

Administración de datos generados por un catastro de redes por medio de herramientas sig

Los sistemas de alcantarillados que existen en Colombia son generalmente sistemas tradicionales, llamados sistemas de alcantarillado combinado, donde se transportan aguas residuales y pluviales hasta los sitios de disposición final. Algunos de estos puntos de disposición carecen de tratamiento y son arrojados a las fuentes de agua, contaminando ríos y quebradas, el objetivo de este proyecto es generar un aplicativo que permita la captura de información y se administre el catastro de redes de alcantarillado de los datos derivados de campo, esto con el fin que permita el eficiente

almacenamiento de información, mediante una interfaz gráfica que se pueda administrar operativamente y realizar los mantenimientos y actualización del sistema de alcantarillado, este proyecto lo tomamos como referencia ya que las redes de alcantarillado también se dan en tubería y se puede abstraer algunos apuntes de este como insumo del proyecto de catastro de redes de acueducto.

Desarrollo de una metodología aplicable a América Latina para el levantamiento de catastro de redes de alcantarillado

Un sistema de alcantarillado es aquel que se encarga de recolectar, transportar y tratar las aguas lluvias y las aguas servidas de todos los habitantes de una población dada; este se compone principalmente por tres elementos i) la red interna de drenaje urbano, ii) la planta de tratamiento y iii) el cuerpo receptor. Es de suma importancia conocer tanto el estado como el funcionamiento actual de la red de alcantarillados para poder entender el comportamiento del sistema; esta red se compone por colectores (abiertos o cerrados dependiendo del tipo de alcantarillado), cámaras de inspección, tanques de almacenamiento y demás estructuras complementarias que conjuntamente crean el sistema.

Generar un algoritmo que explique la metodología adecuada para la elaboración de un catastro de redes de alcantarillado estandarizando dicho proceso de tal manera que sea aplicable a pequeñas poblaciones de América Latina.

Uso de redes virtuales de distribución de agua potable para completar modelos hidráulicos y catastro de redes existentes

Las Redes de Distribución de Agua Potable (RDAP) hacen parte de la infraestructura básica de una ciudad permitiendo la entrega de agua potable a un área de servicio bajo condiciones óptimas de presión y calidad.

Con el fin de obtener un adecuado funcionamiento, es necesario realizar mantenimiento permanente basado en un conocimiento profundo del sistema y sus componentes. El rápido y desorganizado crecimiento poblacional dificulta la toma de mediciones y afecta su calidad. Lo anterior limita la información disponible para el desarrollo de investigaciones que permitan generar y comprobar hipótesis acerca de estos sistemas y apoyar futuros diseños.

Al obtener los resultados de los índices de teoría de grafos se encontró que la densidad de los modelos virtuales y reales fueron muy similares indicando redes muy dispersas debido a que los valores fueron cercanos a cero. El grado promedio de conexiones de los nudos estuvo, como se esperaba, entre 2 y 3 siendo un resultado lógico para este tipo de infraestructura.

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE TRABAJO

La metodología del presente proceso se enmarca dentro de la investigación proyectiva, al buscar la solución de problemas prácticos (Hurtado, 2000), y se desarrolla de manera general para el objetivo principal del proyecto. Posteriormente se desglosa de manera puntual en cada uno de los objetivos específicos para alcanzar el objetivo general y poder lograr los alcances de la investigación explicativa que el presente proyecto busca mediante la zonificación de las zonas susceptibles a procesos de remoción en masa.

Objetivo general

- fase proyectiva-interactiva: La identificación de las necesidades a suplir en el área problemática, permite estructurar una propuesta que logre sacar provecho de las nuevas tecnologías de la información que agilizan y aligeran los procesos institucionales. Así mismo, se implementa un sistemas de información geográfica para la operación del catastro de redes y se desarrolla un instrumento geoinformático para visualización la información para cualquier tipo de usuario.

Objetivo específico 1.

- Fase exploratoria: Se debe realizar un diagnóstico de los catastros de redes de acueducto con los que cuenta la empresa de Empocaldas para el municipio.
- Fase descriptiva: Se debe relación la información a levantar en campo y los datos insumo que pueden utilizarse para el proyecto.
- Fase comparativa: Se debe contrastar la información obtenida con la realidad del territorio para definir la utilidad de la información para la condición actual del municipio.

- Fase analítica: Se debe definir la necesidad de realizar actualización y levantamiento de catastro de redes para nuevas zonas que puedan haber sido implementadas en la prestación del servicio y que no cuentan con su respectivo catastro.

Objetivo específico 2.

- Fase exploratoria: Ya definidas las necesidades de información y el diagnóstico de las redes del municipio, es necesario explorar los geoprocesos para continuar obteniendo los insumos catastrales que permitan mantener actualizado el sistema.
- Fase descriptiva: Es necesario definir los procedimientos para la operación y manejo de la información que permita seguir ingresando y actualizando la información sobre las redes de catastro del municipio.
- Fase comparativa: definir las diferentes alternativas que para realizar el almacenamiento y manejo de la información de la manera más óptima y viable para el municipio.

Objetivo Específico 3.

- Fase exploratoria: identificar la estrategia más viable para la implementación de geoportales que permitan la visualización, manejo y análisis de la información de manera interactiva para el personal de la empresa en el municipio..
- Fase descriptiva: se debe definir los manuales de usuarios para el manejo y operación de los geoportales por los diferentes usuarios en el municipio.
- Fase analítica: se debe definir el alcance de las necesidades de la complejidad del geoportal a implementar para la definición de herramientas de operación del geoportal.

- Fase explicativa: se debe detallar la funcionalidad que el geoportal presenta para el municipio en torno a la visualización, manejo y análisis de los datos obtenidos mediante el catastro de redes.

5.2. PROCEDIMIENTO

Este componente de la metodología define las actividades estratégicas a desarrollar para lograr adquirir, procesar o generar, los insumos necesarios para cumplir con el objetivo central del proyecto.

5.2.1. Objetivo específico 1

- **Actividad 1.** Obtención de información secundaria y contextual del territorio donde se pretende realizar el proyecto.

Esta información se pretende obtener de las entidades públicas y territoriales de las cuales se pueden obtener insumos de contexto para la correlación y análisis de la información que se obtenga y la que se vaya a levantar.

- **Actividad 2.** Obtención de información secundaria procesada por la empresa Empocaldas S.A. E.S.P.

Esta información pretende obtener toda la información base para el catastro de redes que ya haya sido construida y que permita ahorrar trabajo en el desarrollo del proyecto.

- **Actividad 3.** Análisis de la información recolectada y definición de utilidad de la misma en el proceso de construcción del catastro de redes.

La información obtenida debe ser analizada de manera precisa, para poder definir qué información puede ser útil para incorporar al proyecto, qué información debe ser corregida o adecuada para incorporar al proyecto, y qué información debe ser descartada porque podría representar afectaciones a la debida ejecución del proceso, o que su corrección implique un trabajo mayor al de su procesamiento.

5.2.2. Objetivo específico 2

- **Actividad 1.** Verificación de condiciones en campo.

Es necesario que se conozca el contexto donde se realizará el proyecto para tener una idea más precisa de la información que se está procesando, y las nuevas propuestas que del proyecto puedan resultar.

- **Actividad 2.** Correlación de la información secundaria en campo para adecuación y corrección de la información.

La información secundaria es posible contrastarla en campo para poder identificar las correcciones que deban ser necesarias realizar y adecuarlas al contexto de la realidad del territorio, para de esta manera obtener información más precisa y útil para el desarrollo del proyecto.

- **Actividad 3.** Levantamiento fotogramétrico para precisar la información primaria que se vaya a levantar.

Con la finalidad de poder ubicar todos los elementos geoespaciales que se vayan a procesar en el proyecto, es necesario que se realice una imagen aérea de alta precisión que permita darle mayor calidad a los insumos procesados y armonizarlos con este insumo.

- **Actividad 4.** Digitalización de los insumos complementarios para la construcción del catastro de redes.

Luego de definir la información secundaria útil para el proyecto, se debe realizar el análisis de los elementos faltantes para la construcción del catastro de redes y procesar dicha información, pensado desde los insumos que puedan representar mayor utilidad para la empresa en el almacenamiento, procesamiento, análisis, edición y publicación de esta información.

5.2.3. Objetivo específico 3

- **Actividad 1.** Almacenamiento de la información en un portal web que permita el acceso al personal pertinente para su uso, actualización, análisis y visualización.

La información del catastro de redes debe ser cargada a un portal web que permita almacenar la información, analizarla por parte del personal pertinente, visualizarse por los usuarios y actualizarla de manera constante para permitir al sistema evolucionar constantemente.

- **Actividad 2.** Realización de una aplicación web interactiva.

Toda la información almacenada en el portal web debe ser replicada en una aplicación que permita a los usuarios un uso interactivo de la información de la información del catastro de redes que allí se ha almacenado.

6. RESULTADOS

6.1. ESTADO DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS REDES DE ACUEDUCTO

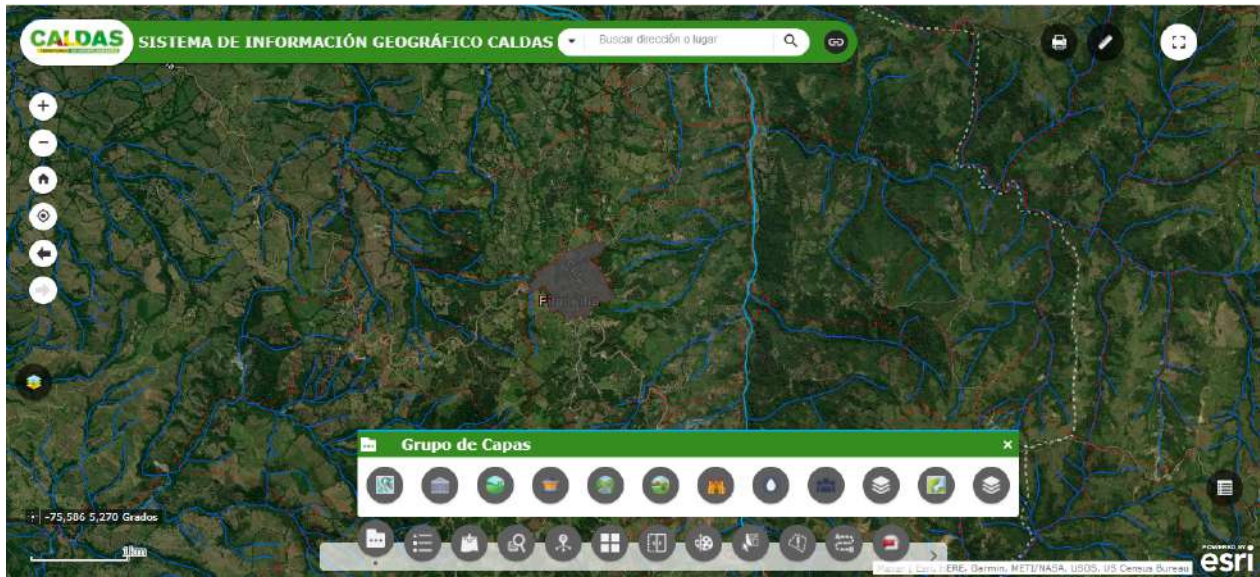
Antes de iniciar el proceso de desarrollo de un catastro de redes, es necesario conocer qué información existe de manera digital y física, para así detallar cuál es la información que será necesaria levantar para el proyecto.

Si bien es necesario analizar el estado de la información existente como insumo del catastro de redes, también es necesario realizar la adquisición de información secundaria que permita validar qué tan útil es la información con la que cuenta la empresa como insumo para el catastro de redes.

6.1.1. Identificación de cartografía básica de la zona de estudio

En primera instancia se recurrió a la administración municipal de Filadelfia para ver si se contaba con información básica de sistemas de información geográfica, sin embargo la información básica fue levantada por el departamento de Caldas, por ende se gestionó la información básica de los límites de corregimientos, veredas, límites del casco urbano, drenaje sencillo y drenaje doble sencillo, como se evidencia en la Figura 1.

Figura 1. Coberturas disponibles del Portal geográfico de Caldas.



Fuente: Elaboración propia.

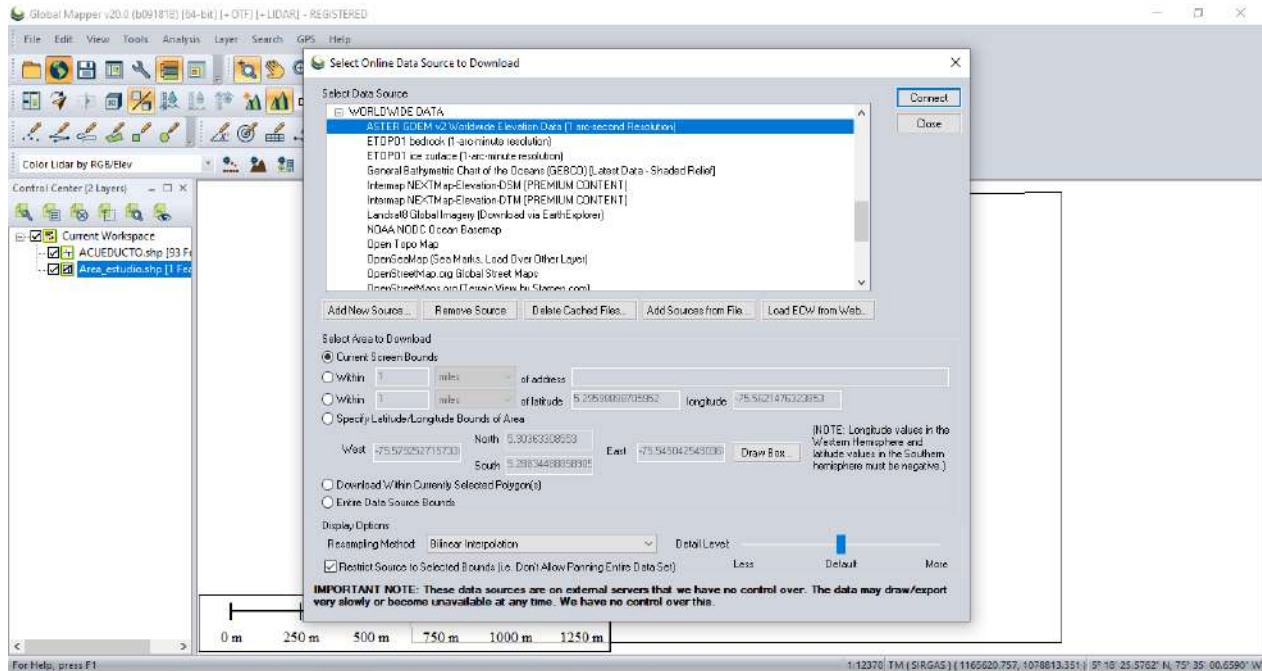
Adicional a la información suministrada por la Gobernación de Caldas, se recurre al portal de datos abiertos del IGAC para obtener información básica del perímetro urbano, manzanas, construcciones y vías del municipio que permitan correlacionar la información del catastro de redes.

Cabe resaltar que la información una vez obtenida de ambas fuentes, fue necesario extraerla para los límites del municipio y no generar ruido o peso adicional a los archivos con información a nivel departamental, toda vez que la información del IGAC viene compilada como mínimo a nivel de departamentos.

Para lograr obtener mayor información básica de la zona de estudio, se realizó una extracción de curvas de nivel mediante el software Global Mapper v20.0, con base en la información del modelo digital de elevación suministrado por el satélite World View, con una resolución de 30 metros pixel. Como se evidencia en la

Figura 2.

Figura 2. Sincronización World View Data para extracción de curvas de nivel.



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se cuenta con información básica suficiente para iniciar los procesos y complementar con el diagnóstico de la información técnica del proceso de catastro de redes para poder evaluar la necesidad de información a levantar y precisar.

6.1.2. Diagnóstico de la información técnica

Luego de establecer la información básica de la zona de estudio que permite conocer y entender el contexto, es necesario precisar en la información técnica del proceso que se busca desarrollar. Así entonces la información técnica encontrada física y digital para el catastro de redes de la zona de estudio, fue la siguiente:

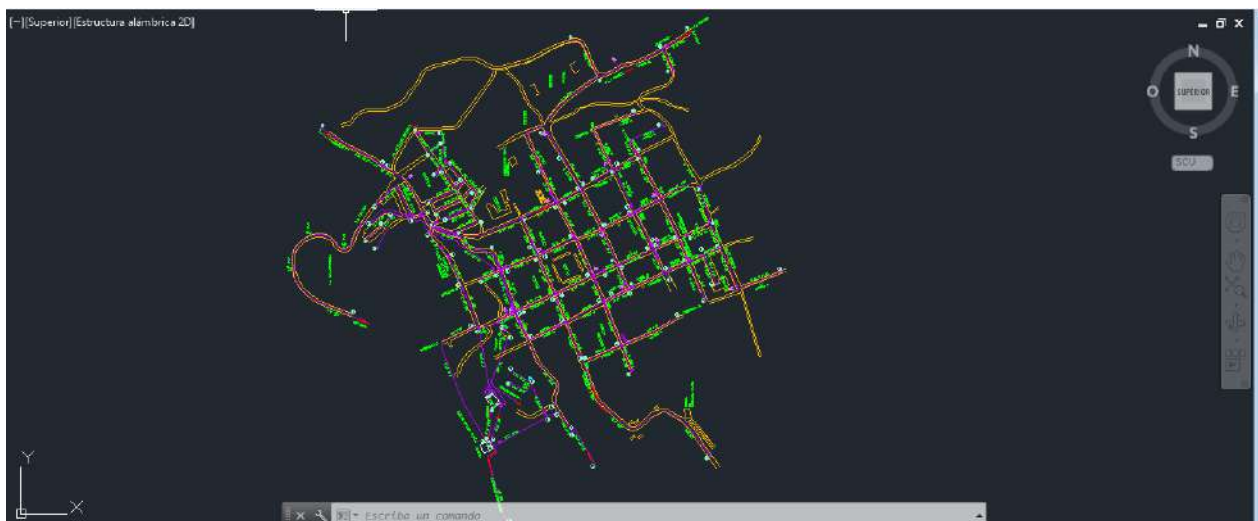
- Archivos digitales en formato CAD de la red de acueducto, accesorios, válvulas e hidrantes.
- Formatos digitales de mantenimiento de redes.
- Formatos de caracterización en físico para las redes más nuevas.
- Mapa impreso de la red de acueducto, ubicación de accesorios, válvulas e hidrantes.

El diagnóstico de la información secundaria disponible en la empresa de Empocaldas permitió identificar diferentes elementos que componen un catastro de redes que fueron digitalizados por pasantes de universidades que realizaban su práctica en la empresa.

No obstante, cabe destacar que el desconocimiento de los pasantes en temas de sistemas de información geográfica, al igual que la ausencia de profesionales con habilidades especiales en este tema, permite que se generen múltiples problemas en la información que se digitaliza.

La información disponible de forma digital corresponde a un formato DWG con el implante de las vías del municipio, el sistema de acueducto del mismo, las válvulas, los hidrantes, tanque y planta física del sistema de acueducto, como se evidencia en la Figura 3.

Figura 3. Implante digital de la red de acueducto.



Fuente: Datos digitales CAD de la empresa Empocaldas.

La información digital encontrada, si bien es un insumo importante para el catastro de redes, es necesario se diagnostique para comprobar la validez de la misma y evidenciar que esta información sea pertinente con las exigencias que desde los sistemas de información geográfica sean necesarias para la construcción pertinente del catastro de redes.

Al hacer una revisión de dicha información, se encuentra que al no contar con atributos suficientes, es necesario recurrir a las etiquetas de la red de acueducto para poder incorporar esta información a los sistemas de información geográfica. No obstante, la única información con la que se cuenta a modo de etiquetas, es el diámetro de la red de acueducto y el material de la misma, por lo cual, la información adicional, debía ser revisada en base a lo que la empresa Empocaldas dispusiera de esta al respecto.

Conforme a lo anterior, se logró identificar que para las redes de acueducto, la superintendencia de servicios públicos domiciliarios mediante anexo de resolución SPPD 20101300048765 de 2010, establece una información mínima con la que debe contar el sistema, por ende, para el proyecto se hizo pertinente la búsqueda de la disponibilidad de esta información para incorporarla al catastro de redes. No obstante, debido a la antigüedad de algunas redes, es imposible conseguir información actualizada para algunos de los ítems solicitados en la resolución.

Luego de validar la información disponible para los atributos de la red de acueducto, es necesario realizar la validación geográfica de la información digital encontrada y coherencia con la distribución espacial en la realidad.

Este proceso permitió evidenciar que la información suministrada mediante CAD por parte de la empresa, no presenta un sistema de coordenadas específico, por lo cual fue necesario hacer una corrección geográfica de la red ubicarla en la zona de estudio de manera pertinente. No obstante, al momento de lograr la coherencia espacial de la información digital, se evidenció que esta presentaba problemas de dimensionamiento en cuanto a la realidad del territorio como se evidencia en la Figura 4.

Figura 4. Correlación espacial de la información digital suministrada.



Fuente: Elaboración propia.

La información digital suministrada de la red de acueducto presentada algunas coincidencias con la realidad, pero la corrección y adaptación de toda la red era un proceso demasiado complejo y tedioso, adicional a que no se conocía la coherencia topológica de la construcción de las redes, con las direcciones de flujo de la red, por ende, se optó por elaborar la red desde ceros.

Tomando en cuenta que la información de las válvulas, accesorios e hidrantes almacenada en la información digital estaban dibujadas con sistemas CAD mediante líneas, e igualmente presentabas errores en la distribución espacial de la red de acueducto, fue necesario definir toda esta información como información primaria a levantar.

6.2. ESTRUCTURACIÓN DEL CATASTRO DE REDES

El levantamiento de la información primaria se realizó mediante dos componentes generales; el levantamiento de información en campo y la construcción de información digital mediante SIG. Si bien se tiene como referente la información secundaria levantada, debido a los problemas de digitalización de la misma, dimensiones y georreferenciación, esta fue necesaria construirla nuevamente para cumplir con las necesidades topológicas, de sistema de coordenadas y dimensionamiento para el catastro de redes.

6.2.1. Levantamiento de información en campo

Para poder correlacionar la información secundaria recolectada con las condiciones reales en el territorio, para asegurar la veracidad de la información a digitalizar en GIS para el catastro de redes, fue necesario realizar diferentes visitas en campo que permitiera validar los diferentes insumos que en catastro de redes se requieren de forma muy detallada.

Se realizó el contacto con la sucursal de la empresa Empocaldas S.A E.S.P de la ciudad de Filadelfia para buscar el personal pertinente que permitiera correlacionar la información secundaria con el conocimiento real de dicha información. De esta manera se logró establecer el contacto con el administrador para la revisión de la información secundaria existente y la validación de la misma en campo (Figura 5).

Figura 5. Revisión de información EMPOCALDAS Filadelfia.



Fuente: elaboración propia.

Luego de la confirmación de los errores que presentada la información que se encontraba digitalizada con la realidad del territorio, fue necesario establecer un insumo cartográfico preciso y detallado de la zona que permitiera la digitalización de la información de la red de acueducto y la ubicación de sus accesorios de manera coherente y real, ante lo cual se definió la realización de un ortomosaico realizado mediante vuelos de dron en el sector para poder precisar las redes de acueducto, sus accesorios y ubicación de diferentes elemento (Figura 6), sin tener que llegar al levantamiento mediante procesos topográficos que generarían un costo adicional para la empresa y un tiempo mayor para el proyecto.

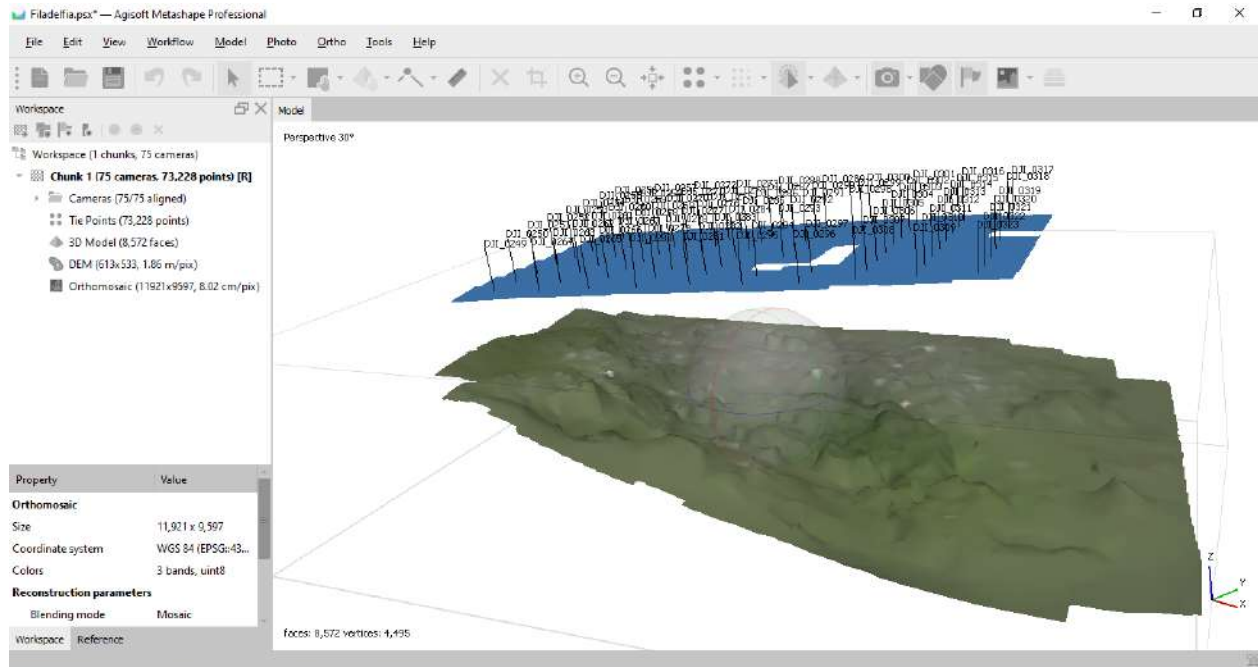
Figura 6. Vuelo de dron en campo.



Fuente: Elaboración propia.

El levantamiento de dicha información se realizó mediante el dron DJI Mavic 2 pro, en varias sesiones de vuelo planificadas mediante el software Pix4D Capture y la galería de imágenes resultantes utilizadas para el procesamiento del ortomosaico, fue procesada mediante el software Agisoft Metashape, como se evidencia en la Figura 7.

Figura 7. Procesamiento de ortomosaico en Agisoft Metashape.



Fuente: Elaboración propia.

El nivel de detalle obtenido en el ortomosaico procesado nos permite lograr una precisión en la ubicación geográfica de los elementos de la red de acueducto con unos pocos metros de error en la ubicación de los mismos. No obstante, este procesamiento apoyado en puntos de control en el terreno conocidos como GCP por sus siglas en inglés, pueden llevar la precisión del ortomosaico a parámetros submétricos de error. En la Figura 8 se evidencia la calidad del procesamiento del ortomosaico elaborado en este ejercicio para el municipio de Filadelfia.

Figura 8. Calidad del ortomosaico de Filadelfia.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de la captura de información para la elaboración del ortomosaico, fue necesaria programar una visita para el relacionamiento y reconocimiento de todo el área de prestación de servicio en campo y poder correlacionar la información suministrada por el administrador de la empresa de acueducto del municipio y su personal técnico, en la ubicación de accesorios, válvulas, tuberías, direcciones de flujo, entre otros elementos.

6.2.2. Procesamiento de información del catastro de redes

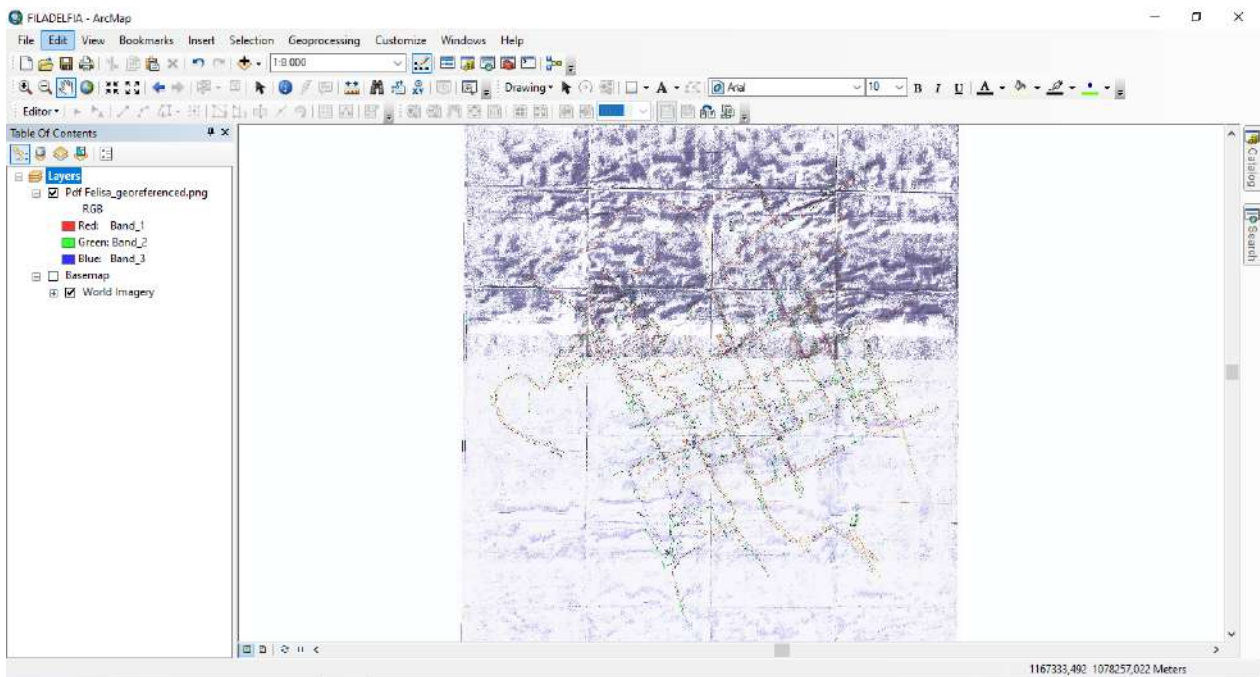
Igualmente como base para la elaboración de las redes de acueducto y ubicación de accesorios y válvulas, fue necesario la georreferenciación del mapa base con el que contaba la empresa de acueducto y que permitió corroborar la información allí implantada con el conocimiento en campo de los técnicos de la empresa.

El procesamiento de la georreferenciación de la imagen se realizó mediante la herramienta de georreferenciación de ArcGIS con base en la imagen satelital de google como capa base para definir puntos de control, en donde se definieron un total de 8

puntos de control para la georreferenciación del mapa con el que contaba la empresa EMPOCALDAS S.A E.S.P (Figura 9).

Es relevante tener en cuenta que debido a la falta de precisión en el diseño de dicho mapa y las incoherencias en dimencionamiento del mismo, la precisión a la hora de la georreferenciación generaba problemas, por lo cuál fue necesario realizar procesamientos para mejorar la coherencia de este con la realidad del territorio.

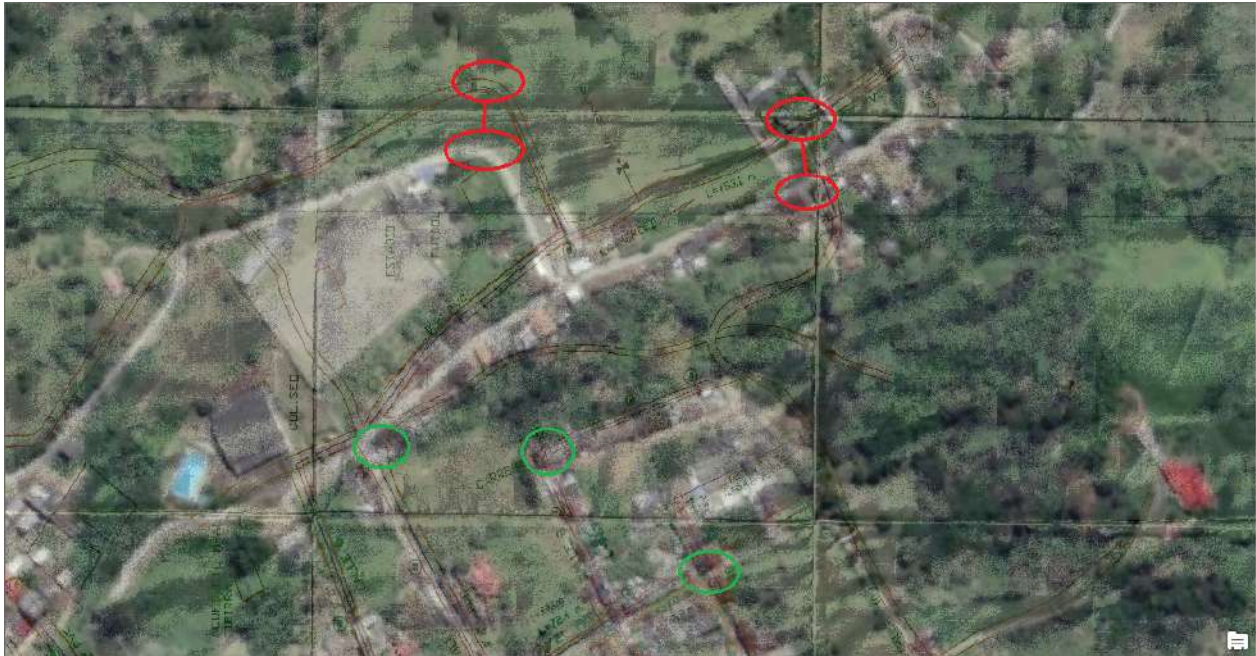
Figura 9. Georreferenciación de mapa base.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 se observa algunos de los desfases que presentaba el mapa base conforme a las imágenes satelitales de la zona y el ortomosaico mismo. En rojo es posible apreciar de los puntos de coherencia que deberían tener el mapa y la imagen satelital luego de la asignación de coordenadas con los puntos de control, y en color verde se puede observar las coherencias que hubo entre el mapa y la imagen satelital de comparación.

Figura 10. Puntos de desfase y coherencia en la georreferenciación.

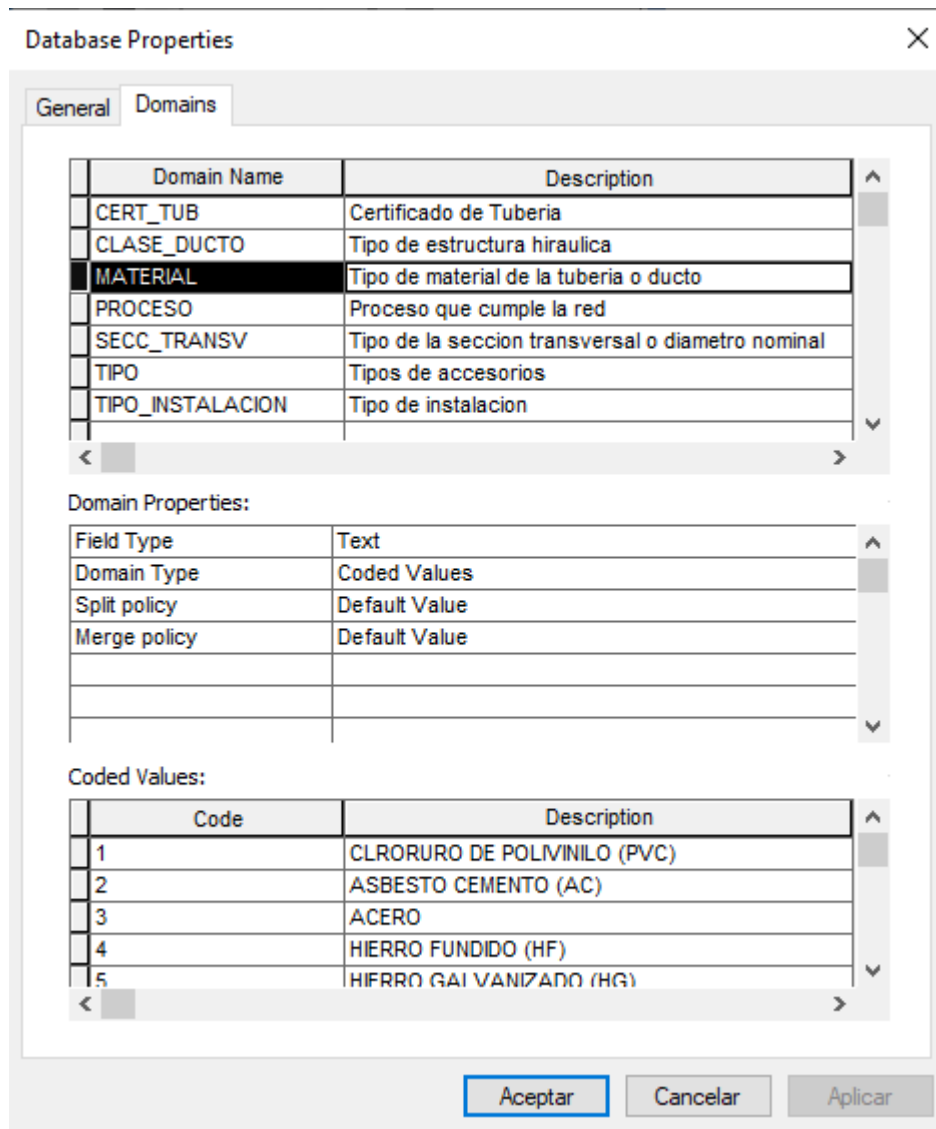


Fuente: Elaboración propia.

Ya georreferenciada la información base y con el orto mosaico del lugar como insumo, fue posible iniciar la digitalización de toda la información referentes al catastro de redes, en donde se inició generando la file geodatabase de la misma y las respectivas clases de entidad que componen el catastro de redes, dentro de las cuales para este ejercicio, se cuenta con 8 elementos; ACCESORIOS (punto), VALVULAS (punto) HIDRANTES (punto), ACUEDUCTO (línea), TANQUE (polígono) y PLANTA (polígono).

Igualmente se realizó la creación de los dominios para algunas de las clases de entidad generadas que cuentan con unos criterios categóricos para algunos de sus atributos, como se evidencia en la Figura 11.

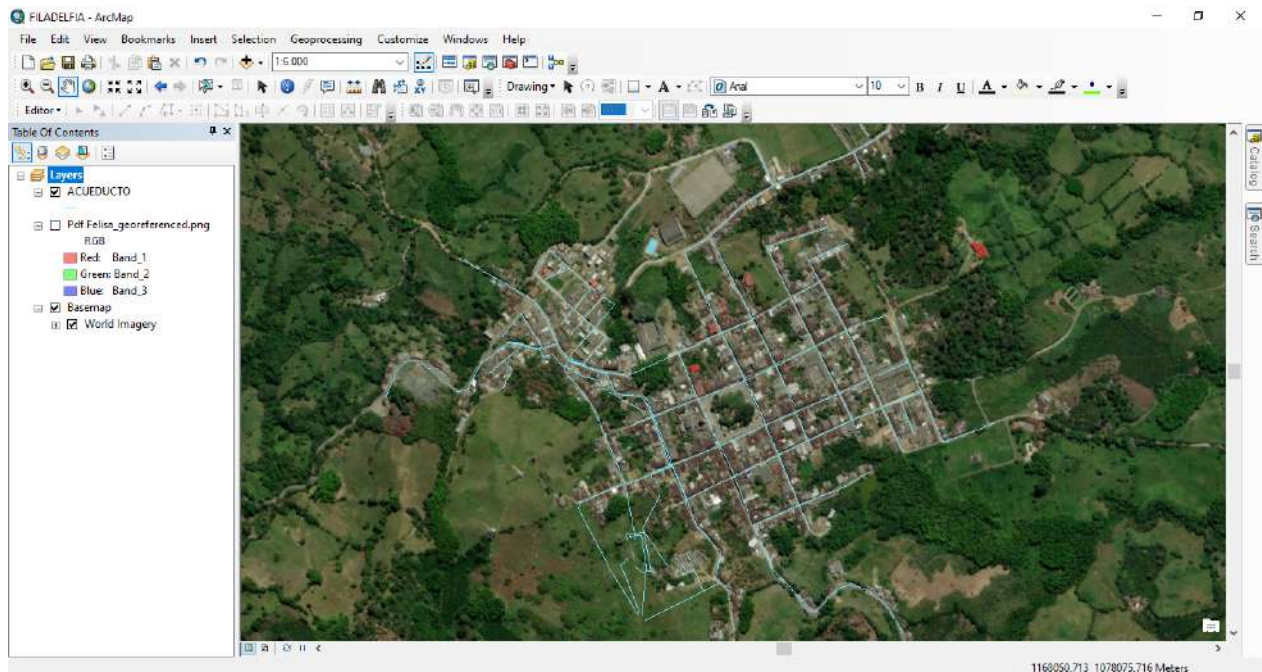
Figura 11. Dominios para las clases de entidad creadas.



Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia se realizó la digitalización de la información de la red de distribución de acueducto del municipio de Filadelfia tomando en cuenta la información recolectada sobre la misma en cuanto a direcciones de flujo de distribución de la red y distribución espacial, corroborando dicha información finalizada con el personal técnico de la empresa, obteniendo como resultado el primer insumo del catastro de redes, como se puede evidenciar en la Figura 12.

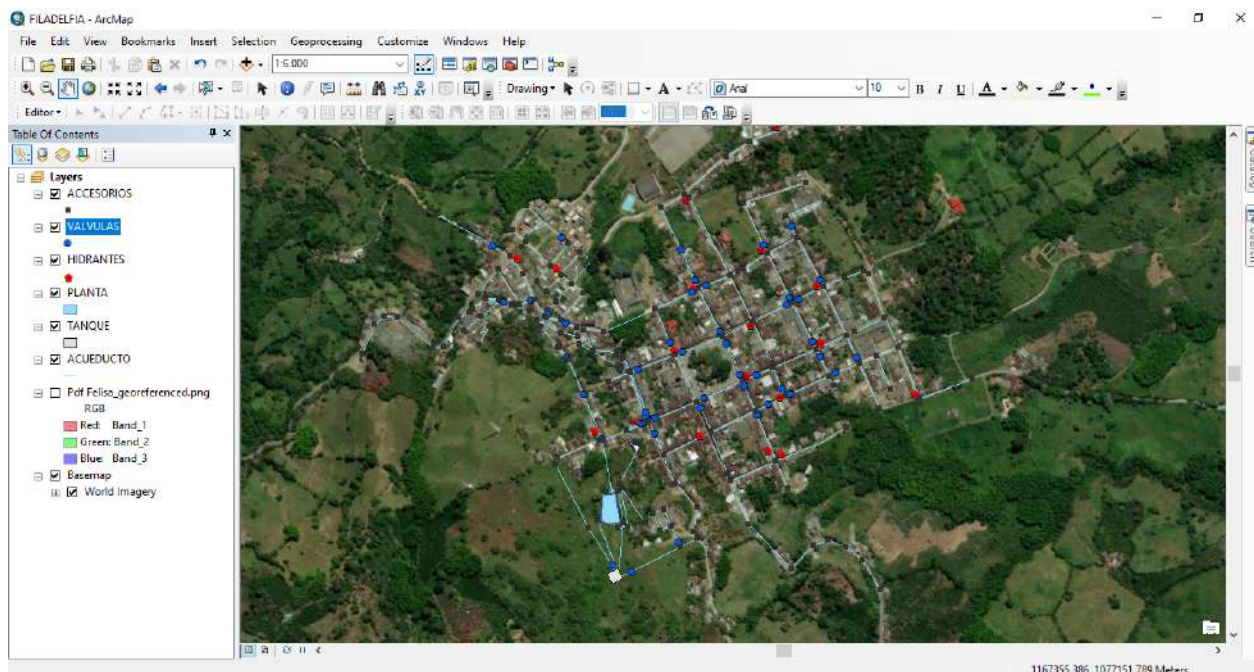
Figura 12. Red de distribución de acueducto del municipio de Filadelfia.



Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la información de la red de distribución de acueducto, se realizó la digitalización de la información de los accesorios presentes en la red mediante tipo de entidad de puntos, al igual que la ubicación de válvulas e hidrantes presentes en la red municipal, dejando completa la digitalización de los elementos del catastro de redes del municipio (Figura 13).

Figura 13. Elementos constitutivos del catastro de redes.

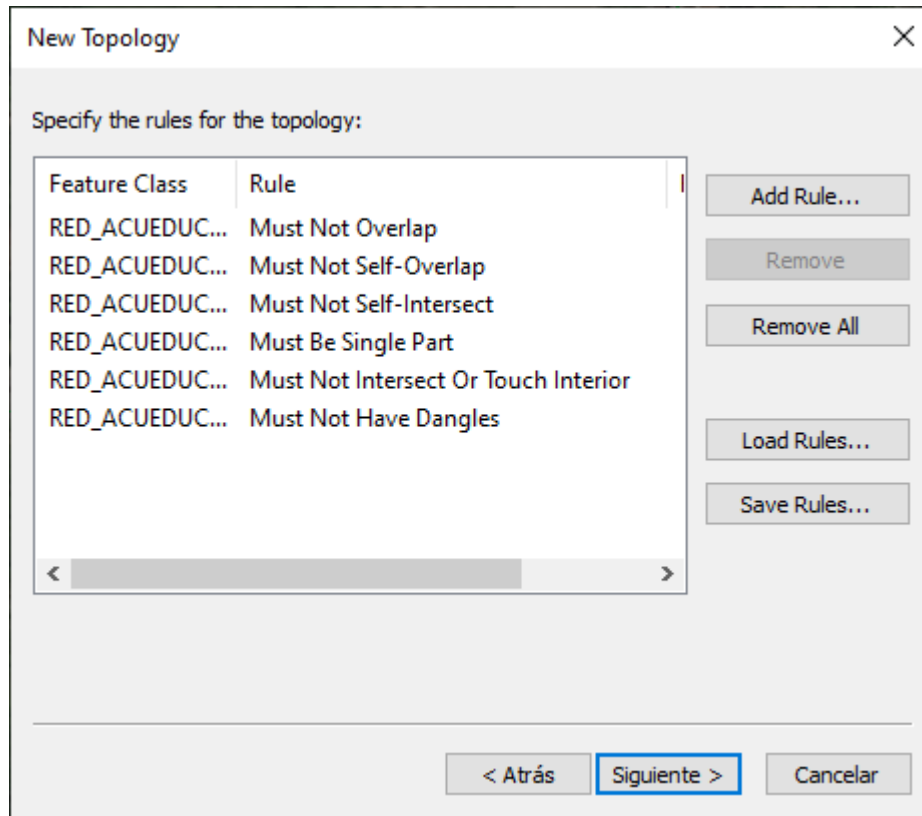


Fuente: Elaboración propia.

Luego de la digitalización de la información es necesario validar los datos para permitir que se encuentren correctamente digitalizados, principalmente para la red de distribución de acueducto, ya que errores topológicos evitarían que esta información pueda servir para análisis desde otros software complementarios como algunos que detectan puntos de presión y eficiencia de la red de distribución.

En ese sentido, se realiza la revisión de topología con las reglas evidenciadas en la Figura 14, para iniciar la revisión de errores topológicos y validar la correcta digitalización de la red de acueducto del municipio.

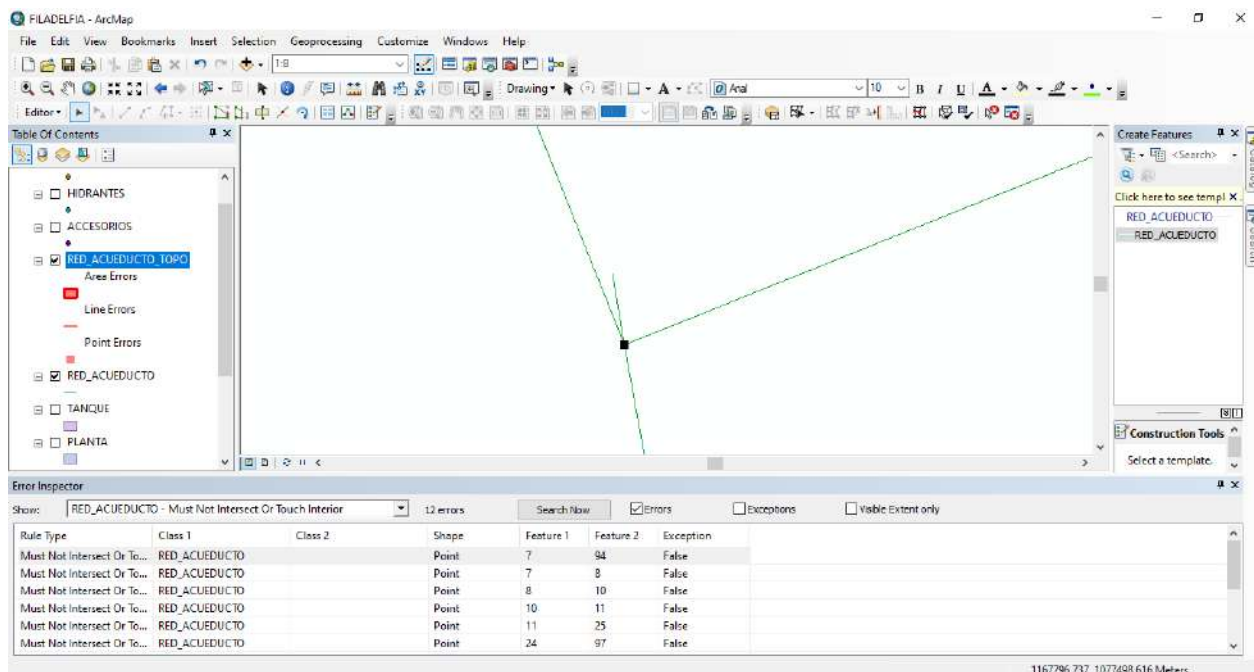
Figura 14. Reglas topológicas del proceso de validación de digitalización.



Fuente: Elaboración propia.

En la validación de los datos mediante el análisis topológico fue posible encontrar algunos errores de digitalización en la red de acueductos como se puede evidenciar en la Figura 15, en donde la línea no termina en un vértice y podría generar problemas a la hora de utilizar esta digitalización de la red en algunos insumos de otros software. Igualmente varios errores de intersección entre líneas fue necesario permitirlos, debido a que la red al ser subsuperficial, presenta diferentes niveles de profundidad, y en algunos puntos la red se superpone, sin intersectarse directamente, por lo cual, para la información pertinente de la red de distribución, fue necesario permitir dichos errores topológicos.

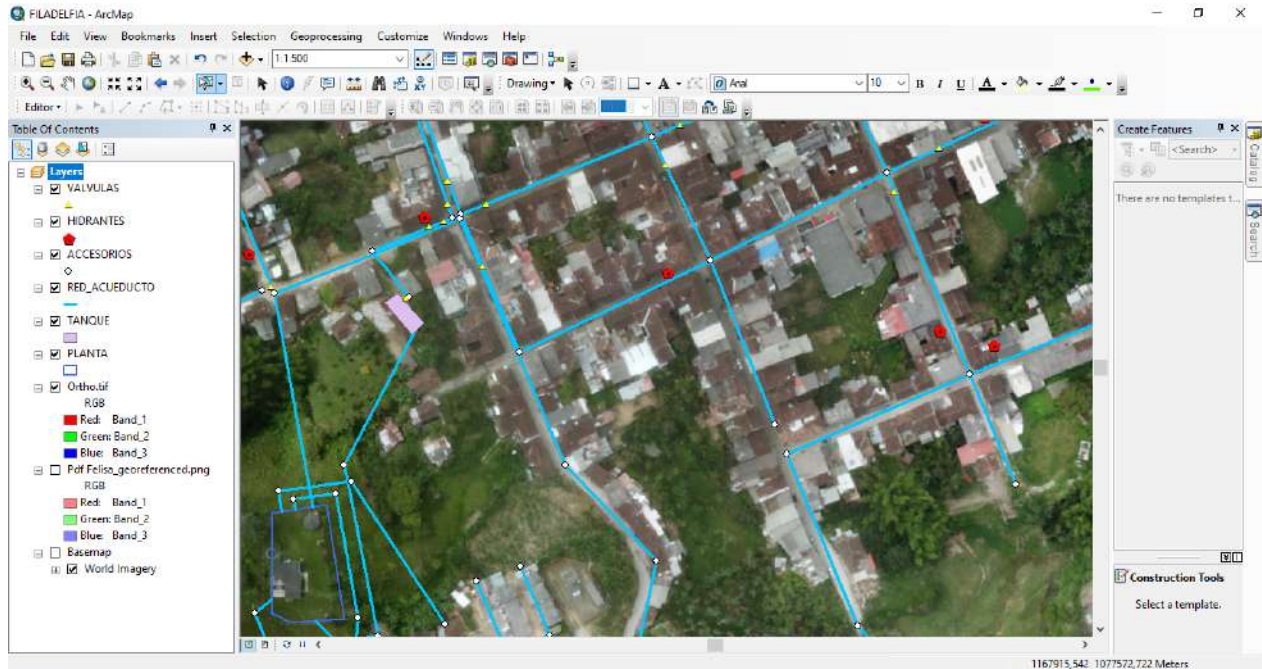
Figura 15. Errores topológicos encontrados en la red de acueducto.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar las correcciones pertinentes a los elementos digitalizados del catastro de redes y contar con todos los insumos recolectados y levantados, es posible apreciar en la Figura 16, los elementos visibilizados sobre el ortomosaico realizado y la calidad del mismo, que serían los insumos finales para el catastro de redes y validación del mismo.

Figura 16. Catastro de redes rectificado sobre ortomosaico levantado.



Fuente: Elaboración propia.

6.3. IMPLEMENTACIÓN DEL VISOR Y APLICACIÓN WEB

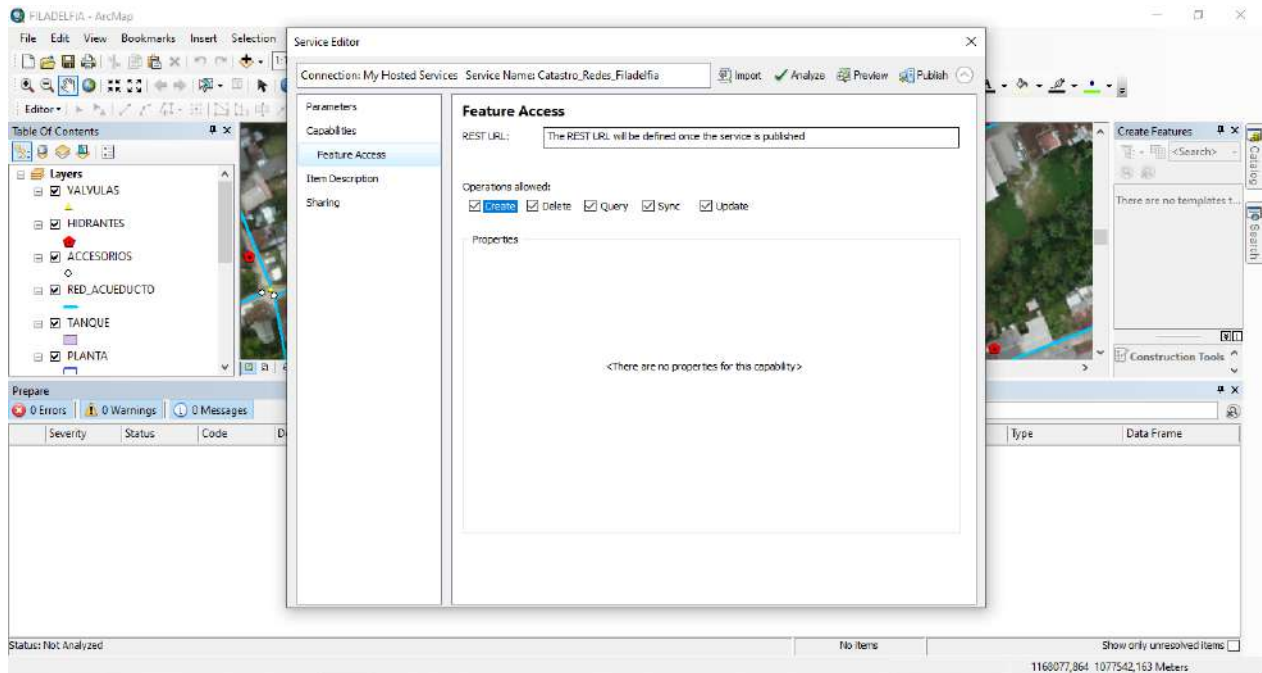
La información del catastro de redes no solo debe ser una información manejada desde un departamento de SIG o desde personal especializado en el tema, esta información debe ser un insumo que todos los usuarios puedan aprovechar al máximo, y para este caso, al interior de la empresa, se puedan agilizar procesos y asociar y digitalizar información para su pertinente actualización y correlación. Por eso para este proceso se desarrolla el montaje de toda la información a una plataforma web (ArcGIS Online) y se implementa un visor web que permita al personal de la empresa poder acceder a toda la información contenida en el catastro de redes.

6.3.1. Cargue de la información a la plataforma web

Teniendo la información disponible del catastro de redes en los formatos pertinentes, se tenía la posibilidad de compartir un servicio directamente por ArcMap o cargar las capas directamente a ArcGIS Online para manejarlas directamente desde el WebMap.

Si bien el proceso aún puede cargarse directamente desde la computadora personal, este es un proceso que está tendiente a desaparecer, pues el nuevo entorno del diseño de mapas del ArcGIS Online (Map Viewer) no permite extraer las coberturas directamente desde ubicación de la computadora, sino directamente de los elementos como feature layer alojado en el contenido de la plataforma. Debido a esto, se realizó el proceso publicando el proyecto del catastro de redes como un servicio en la plataforma como se evidencia en la Figura 17.

Figura 17. Publicación del servicio de catastro de redes.



Fuente: Elaboración propia.

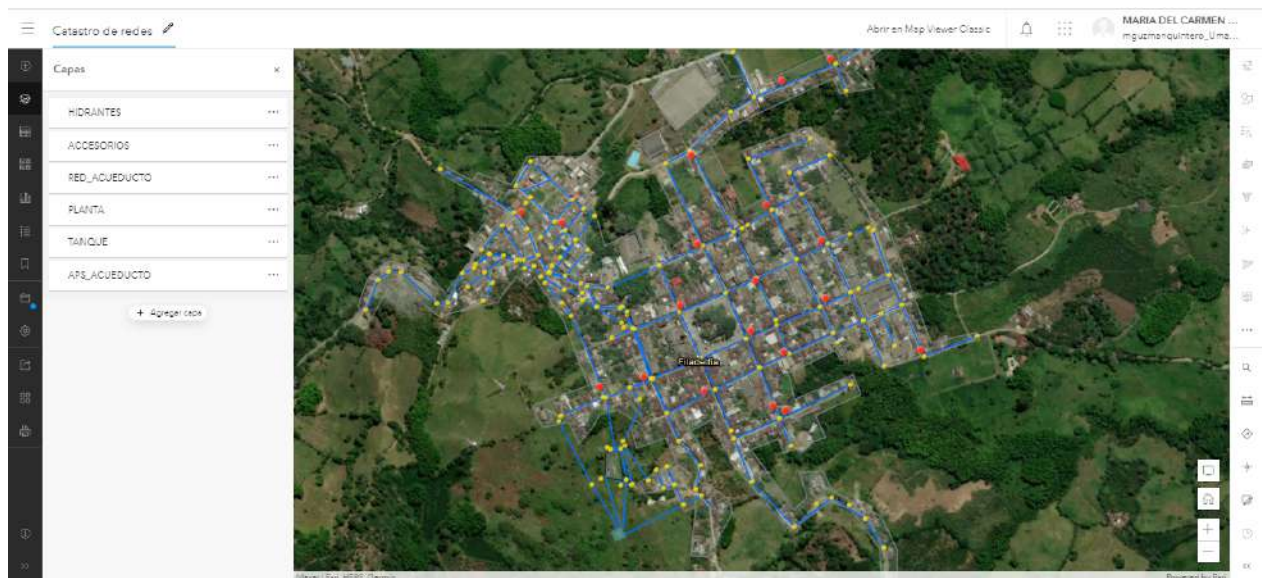
Una vez almacenado en la plataforma se adquirieron los datos del servicio para iniciar el proceso de la construcción del Webmap donde quedarían albergadas las coberturas del catastro de redes.

6.3.2. Ambientación de mapa web

De manera que permita una mejor visualización por parte del personal de la empresa, se realiza la adecuación del diseño de cada uno de los elementos del catastro de redes para poder realizar de manera clara la distinción de los elementos, generando la adecuación de los nombres, formas, tamaños y colores.

En ese sentido, se atribuyó un color azul a las redes de acueducto, un color blanco y un tamaño pequeño para los accesorios que son los que cuenta con la mayor cantidad, una figura distintiva en color amarillo para las válvulas en un tamaño mediano, y una figura distintiva y un color rojo para los hidrantes en un tamaño mayor, como se puede evidenciar en la Figura 18.

Figura 18. WebMap del catastro de redes de Filadelfia.



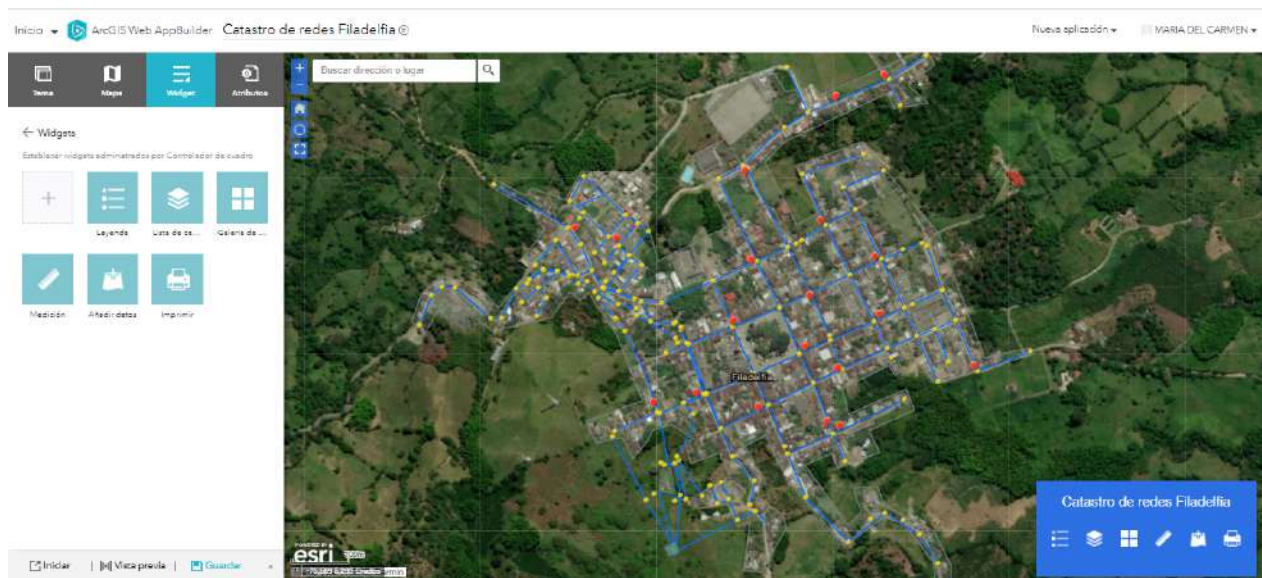
Fuente: Elaboración propia.

6.3.3. Diseño del web app para el catastro de redes

Tras estar montada toda la información en el WebMap de ArcGIS Online, se procede a la creación y ambiente del WebApp, en donde se activan los widgets básicos del WebApp y se incorporan 6 nuevos widgets para realizar diferentes acciones que hagan más interactivo el uso de la información alojada en el portal web.

En este sentido se agregan widgets de leyenda, lista de coberturas, galería de mapas base, medición, añadir elementos e impresión, para que de esta manera los usuarios puedan realizar diferentes acciones que se adecuen a sus necesidades al momento de utilizar el WebApp, como se evidencia en la Figura 19.

Figura 19. Ambiente de la aplicación web del catastro de redes de Filadelfia.



Fuente: Elaboración propia.

Ya con todos los insumos procesados, validados, montados a la plataforma web y publicados para poder acceder a ellos, se deja un insumo inicial que ahora debe ser mejorado conforme vaya evolucionando la información disponible de la empresa y las necesidades de la misma, resultantes de este nuevo insumo con el que se cuenta.

6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En cuanto al resultado del primer objetivo asociado los datos y la estructura de las redes de acueducto disponible, se pudo evidenciar que si bien se contaba con información ya digitalizada por parte de la empresa EMPOCALDAS S.A. E.S.P. esta información nunca fue validada por profesionales pertinentes y nunca fue contrastada con software SIG para poder mirar su correlación con el territorio, por lo cual fue necesario tomar la decisión de construir la información del catastro de redes desde cero, tomando esta información como una información de soporte para correlación, pero no como un insumo en la construcción del catastro de redes.

De esta manera la información fue validada en campo con los administradores de la localidad para tener la información certera y precisa de la red de acueducto y los accesorios de la misma en la construcción del catastro de redes.

El segundo objetivo que estuvo asociado a la construcción y validación de los elementos del catastro de redes mediante los software de información geográfica permitió evidenciar la necesidad de la construcción de información completamente validada y precisada para que esta información pueda escalar en su utilidad y funcionalidad.

De este procesamiento es necesario que cuando la empresa decida la adopción de un sistema de información geográfica para implementar el catastro de redes de todas sus sucursales, sea necesario precisar manuales de operación para el manejo de la información SIG allí consolidada, pues el procesamiento de esta información debe contar con unos estándares de calidad y precisión muy detallados y validados por profesionales especializados en estas áreas del conocimiento, que permitan escalar y armonizar toda la información procesada para darle la utilidad pertinente que esta debe representar para la empresa.

El tercer objetivo es un desarrollo que de momento presenta una visualización interactiva para los operarios, pero que a futuro debe escalar en la empresa, un insumo de recolección de información en tiempo real para la actualización de datos en campo, de manera que todo el sistema pueda encontrarse actualizado todo el tiempo y su uso no

dependa de los tiempo de actualización de un equipo SIG, sino que este equipo se encargue de la actualización de nuevos insumos y plataformas, además del mantenimiento del sistema, pero este pueda operar y encontrarse actualizado por si solo, presentando de esta manera, una funcionalidad constante para la empresa.

De manera general, es necesario tomar en cuenta que toda estrategia de implementación de sistemas de información geográfica, como lo es la realización de este proyecto, requiere no solo de una viabilidad técnica demostrando su utilidad y operabilidad, sino también esto reflejado desde la escalabilidad hacia un punto de vista comercial que representa una viabilidad financiera para la empresa, haciendo del proyecto más atractivo para la misma.

7. CONCLUSIONES

- La información revisión de la información secundaria es un proceso demasiado valioso en los SIG pues permite al equipo de trabajo ahorrar procesos y tiempos para la ejecución de un proyecto, pero si está información no es validada, puede entorpecer los resultados adecuados de un SIG y generar reprocesos que extenderán los tiempos de ejecución de los proyectos y poder generar pérdidas en el mismo.
- Existen diferentes tecnologías que permiten que un especialista en SIG pueda agilizar los procesos de adquisición de información, y que son necesarias para la definición de información base como insumo para cualquier proyecto, como es el caso de las imágenes aéreas tomadas con dron. El manejo y operación de los mismo, así como el conocimiento de los software de procesamiento, son herramientas valiosas para los especialistas en SIG para la adquisición de información como ortomosaicos, modelos digitales de elevación, y todos los elementos que de estos puedan derivarse.
- Es pertinente que después de conocer la información que debe procesarse y digitalizarse mediante sistemas de información geográfica, tenga una revisión pertinente de los atributos que esta información debe llevar y que puede ser estratégica en el relacionamiento de la misma con otra información, o si es necesario la definición de bases de datos para el manejo y relacionamiento de la información mediante gestores de bases de datos para su almacenaje, análisis y consulta.
- Toda información que sea procesada y digitalizada mediante los sistemas de información geográfica debe ser debidamente validada para evitar errores topológicos que afecten los geoprosesos para su análisis y generen alteración de la información resultante y real. En el catastro de redes, la topología en la dirección del flujo de las redes de acueducto, los puntos de encuentro de las redes y demás

elementos, son claves a la hora de poder utilizar esta información en otros software de análisis de redes hidráulicas.

- Un catastro de redes de acueducto debidamente estructurado permite la sincronización con nuevas estrategias para robustecer el sistema, como puede ser la implementación de un catastro usuarios para la empresa que permita identificar daños en las redes de usuarios, consumos, estadísticas de uso y presiones locales, además de procesos ordenados de facturación y correlación de datos.

8. RECOMENDACIONES

- La información del catastro de redes debe permanecer en constante actualización para que el proyecto no se quede estancado en el tiempo y pueda reflejar los datos reales de las redes.
- La empresa debe comprometerse con la definición de un equipo de trabajo especializado en el manejo de sistemas de información geográfica para que la información sea correctamente procesada, digitalizada y actualizada, y así asegurar la evolución del sistema.
- Lo desarrollos del catastro de redes de otros municipios que se encuentren bajo jurisdicción de la empresa, deben realizarse con los criterios pertinentes que permitan a futuro, la integración del catastro de redes de todos los municipios en un solo sistema.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Balogun, A. L., Matori, A. N., & Lawal, D. U. (2011). Geovisualization of sub-surface pipelines: A 3D approach. *Modern Applied Science*, 5(4), 158–165.
<https://doi.org/10.5539/mas.v5n4p158>
- Ballén, J., Galarza, M., & Ortiz, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias. En *Seminario Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua*. Joao Pessoa. Brasil.
- Bayona, Y. (2012). *Actualización del catastro de redes de acueducto de las zonas de servicios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña - Norte de Santander* (Tesis pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña. Colombia.
- Bosque, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 20, 49–67.
- Castellanos, D. (2010). Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. *Ventana Informática*. Universidad de Manizales, 22, 39–53.
- Colmenares, J. (2012). *Soporte a las actividades de actualización de catastro de redes de alcantarillado para la empresa EMPAS S.A E.S.P* (Tesis pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia.
- Curiel, Á. (2012). *Realización del catastro de las redes del sistema de acueducto y alcantarillado de la zona 2 que comprende los barrios la primavera y buenos aires del casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander* (Tesis pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña. Colombia.

- De Oliveira, W., & Tenório, A. (2020). Subsurface utility network cadastre proposal, based on LADM. *Bulletin of Geodetic Sciences*, 26(2), 1–14.
<https://doi.org/10.1590/s1982-21702020000200006>
- Du, Y., & Zlatanova, S. (2006). An approach for 3D visualization of pipelines. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 501–517. https://doi.org/10.1007/978-3-540-36998-1_39
- Giraldo, V. (2010). Optimización operativa de Aguas de Manizales S.A. ESP, a partir de la implementación del SIG. *Ventana Informática*. Universidad de Manizales, 22, 77–103.
- Guerrero, J., Zlatanova, S., & Meijers, M. (2013). 3D visualisation of underground pipelines: Best strategy for 3D scene creation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(2W1), 139–145. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-2-W1-139-2013>
- Hernández, J., & García, J. (2015). *Diagnóstico y análisis de alternativas para la optimización del sistema de acueducto de la vereda de Chacua del municipio de Sibaté* (Tesis pregrado). Universidad de La Salle. Bogotá. Colombia.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitariahttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/552
- Hernández, M. (2018). *Desarrollo de una metodología aplicable a américa latina para el levantamiento de catastro de redes de alcantarillado* (Tesis maestría). Universidad de Los Andes. Bogotá. Colombia.
- Marin, P., Sanchez, J., Perea, E., Gil, C., Pineda, F., & Durán, C. (2005). *Catastro y georreferenciación de la red de acueducto de la ciudad de Armenia* (Tesis pregrado). Universidad Del Quindío. Armenia. Colombia.
- Molina, A., López, L., & Villegas, G. (2005). Los sistemas de información geográfica (SIG) en la planificación mundial. *Revista de La Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 4, 21–31.

- Radulović, A., Sladić, D., Govedarica, M., Ristić, A., & Jovanović, D. (2019). LADM based utility network cadastre in Serbia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi8050206>
- Ramírez, R. (2012). *Realización del catastro de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña - Norte de Santander* (Tesis pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña. Colombia.
- Robles, J., Hernández, N., & Saldarriaga, J. (2018). Uso de redes virtuales de distribución de agua potable para completar modelos hidráulicos y catastro de redes existentes. En *XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*. Buenos Aires. Argentina.
- Rubío, A., & Gutiérrez, J. (1997). Los sistemas de información geográficos: Origen y perspectivas. *Revista General de Información y Documentación. Universidad Complutense de Madrid*, 7(1), 93–106.
- Sabogal, Z., & Rincón, Á. (2017). *Administración de datos generados por un catastro de redes por medio de herramientas SIG* (Tesis pregrado). Universidad de Manizales. Manizales. Colombia.
- Sánchez, L. (2016). *Catastro de redes del acueducto de la vereda Yerbabuena, Chía, Cundinamarca* (Tesis pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.
- Santovenia, J., Tarragó, C., & Cañedo, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. *ACIMED*, 20(5), 72–75. <http://scielo.sld.cu72>
- Torres, P., & Vélez, V. (2010). *Diagnóstico y actualización del catastro de las redes matrices de acueducto del municipio de Dosquebradas, Risaralda* (Tesis pregrado). Universidad Libre. Pereira. Colombia.