

Elaboración del Catastro de Redes de Acueducto y Alcantarillado Implementando Sistemas de Información Geográfica en el Municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

Autor

Luz Marina Jaimes Portilla

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Diego Iván Sánchez Tapiero

Ingeniero Civil

Codirector

Janer Rafael Cantillo Romero

Geólogo

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Título de Ingeniero Civil

Pamplona

2019

Dedicatoria

Al ángel que siempre me cuida y me acompaña desde el cielo y, aunque me gustaría que estuviese aquí conmigo sé que desde donde está, hoy se siente orgullosa de verme cumplir una meta más en mi camino, a ti madre, Graciela Portilla Pérez.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida y poner en mi camino la gran oportunidad de crecer como persona y formarme como profesional.

A mis hermanos Alirio Jaimes Portilla y Susana Jaimes Portilla, por el apoyo que me han brindado y porque sin ellos nada de esto sería posible.

Al Ingeniero Diego Iván Sánchez Tapiero, director de mi proyecto, por la colaboración y disposición brindada y por compartirme sus conocimientos.

Tabla de Contenido

1.	Objetivos.....	3
1.1	Objetivo General	3
1.2	Objetivos Específicos	3
2.	Marco Referencial	4
2.1	Descripción de la Zona de Estudio.....	4
2.2	Marco Teórico	5
2.3	Marco Legal.....	16
3.	Metodología	18
3.1	Tipo de Investigación	18
3.2	Levantamiento Topográfico.....	18
3.3	Recolección de Datos y Creación de la GeoDataBase	19
3.4	Simulación del Funcionamiento de la Red de Acueducto	21
3.5	Simulación del Funcionamiento de la Red de Alcantarillado.....	23
3.6	Consultas en el Sistema de Información Geografica.....	24
4.	Resultados y Análisis.....	26
4.1	Levantamiento Topográfico.....	26
4.2	Base de Datos y Georreferenciación	27
4.3	Catastro de Redes	28
4.3.1	Red de alcantarillado.....	28
4.3.2	Red de acueducto.	35
4.4	Creación de un Modelo de Elevacion Digital	38
4.5	Simulación Red de Acueducto en EPANET.....	38
4.6	Simulación Red de Alcantarillado en SWMM	44
4.7	Consultas en el Sistema de Información Geografica.....	46

5.	Conclusiones	49
6.	Recomendaciones	51
7.	Bibliografía	52
8.	Anexos	54

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Localización zona de estudio. Fuente Google Earth.	4
<i>Figura 2.</i> Arquitectura de Geodatabase. Fuente (Desktop A. f., s.f.)	7
<i>Figura 3.</i> Modelo digital de elevación en un mapa. Fuente (ArcGIS, s.f.)	14
<i>Figura 4.</i> Diagrama de perfil de elevación. Fuente (Desktop A, s.f.).....	15
<i>Figura 5.</i> Coordenadas MAGNAS con orígenes utilizados en Colombia. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAG).	18
<i>Figura 6.</i> Formato de recolección de datos acueducto.	20
<i>Figura 7.</i> Formato de recolección de datos alcantarillado.	20
<i>Figura 8.</i> Configuración de propiedades hidráulicas en EPANET.....	22
<i>Figura 9.</i> Caudales de diseño. Fuente: Resolución 0330 de 2017.....	23
<i>Figura 10.</i> Dotación neta máxima. Fuente: Resolución 0330 de 2017.....	23
<i>Figura 11.</i> Configuración modelo hidráulico de transporte en SWMM.....	24
<i>Figura 12.</i> Consulta, tubería con diámetro de 8" en el trazado.	24
<i>Figura 13.</i> Consulta, tubería con material en PVC.....	25
<i>Figura 14.</i> Consulta, tramos con pendientes mayores a 20%.	25
<i>Figura 15.</i> Trazado red de acueducto.	26
<i>Figura 16.</i> Pozos y trazado red de alcantarillado.	26
<i>Figura 17.</i> Características del pozo señalado.	27
<i>Figura 18.</i> Base de datos por grupo de elementos.....	27
<i>Figura 19.</i> Inventario de los pozos de inspección.	28
<i>Figura 20.</i> Inventario de tuberías.....	29

<i>Figura 21.</i> Pozo de inspección con profundidad menor a 1.40 m.	31
<i>Figura 22.</i> Pozo con desgaste de cañuela.....	34
<i>Figura 23.</i> Pozo que requiere cámara de caída.....	34
<i>Figura 24.</i> Inventario de tuberías del acueducto.	35
<i>Figura 25.</i> Ubicación de hidrantes sobre la red de distribución.....	37
<i>Figura 26.</i> Hidrante sobre la red principal del acueducto.....	37
<i>Figura 27.</i> Modelo de elevación digital.	38
<i>Figura 28.</i> Simulación red actual de acueducto.	39
<i>Figura 29.</i> Mapa de contorno, red actual.	39
<i>Figura 30.</i> Instalación de la válvula reductora de presión.	40
<i>Figura 31.</i> Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 30 mca. ..	41
<i>Figura 32.</i> Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 30 mca.	41
<i>Figura 33.</i> Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca. ..	42
<i>Figura 34.</i> Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca.	43
<i>Figura 35.</i> Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca y diámetro mínimo de 3”.....	43
<i>Figura 36.</i> Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca y diámetro mínimo de 3”.	44
<i>Figura 37.</i> Pendientes de la red de alcantarillado.....	45
<i>Figura 38.</i> Velocidades de la red de alcantarillado.	45
<i>Figura 39.</i> Perfil de lámina de agua.....	46

<i>Figura 40.</i> Respuesta, tubería con diámetro de 8"	46
<i>Figura 41.</i> Respuesta, tubería en PVC	47
<i>Figura 42.</i> Respuesta, pendiente mayor a 20%	47

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de los pozos según su altura.</i>	30
Tabla 2. <i>Material de las tapas.</i>	31
Tabla 3. <i>Ubicación de la rasante.</i>	32
Tabla 4. <i>Condición de los escalones.</i>	32
Tabla 5. <i>Característica del pozo.</i>	33
Tabla 6. <i>Diámetro de las tuberías.</i>	33
Tabla 7. <i>Material de las tuberías.</i>	33
Tabla 8. <i>Diámetros red de acueducto.</i>	36

Lista de Anexos

<i>Anexo 1.</i> Formato debidamente diligenciado.	54
<i>Anexo 2.</i> Demanda base para cada uno de los nodos.	55
<i>Anexo 3.</i> Tabla de cálculo de alcantarillado.	55
<i>Anexo 4.</i> Procesamiento de datos para exportar a SWMM.	56
<i>Anexo 5.</i> Levantamiento topográfico	56
<i>Anexo 6.</i> Toma de datos.	56
<i>Anexo 7.</i> Inspección de pozos.	57
<i>Anexo 8.</i> Pozo de inspección.	57

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la elaboración del catastro de redes de acueducto y alcantarillado implementando un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

Se llevó a cabo el trabajo de campo, comprendido por el levantamiento topográfico y recolección de información sobre las características y estado de cada uno de los elementos que conforman las redes; por otra parte, se hace el trazado de las redes de agua potable y aguas residuales del municipio; con ayuda del software AutoCAD Civil 3D para posteriormente hacer su debida georreferenciación exportándolos a ArcGIS, donde además servirán como herramienta de consulta rápida.

Posteriormente se tabulan los datos colectados sobre el catastro de las redes haciendo la respectiva determinación porcentual y el análisis comparativo con lo requerido por la normatividad vigente.

Finalmente empleando la información recolectada se realiza la simulación y análisis del funcionamiento del sistema de acueducto en el software EPANET y del sistema de alcantarillado en el software SWMM.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la información de campo y la simulación de las redes se hacen algunas recomendaciones ceñidas a la normatividad vigente, que ayuden a optimizar el funcionamiento de los sistemas y mantengan el bienestar de la comunidad.

Abstract

The aim of this research is to produce a cadastre of aqueduc and sewerage networks by implementing a Geographic Information System (Arcgis) in the municipality of Mutiscua, Norte de Santander.

A fieldwork was carried out, which included surveying and gathering information on the characteristics and status of each element of the networks; on the other hand, the routes of the drinking water and waste water networks of the municipality are carried out; with the help of the software Autocad Civil 3D to later make its georeferencing export them to Arcgis, where they will also serve as a quick reference tool.

The data collected on the cadastre of the networks are then tabulated by making the respective percentage determination and the comparative analysis with what is required by the legislation in force.

Finally, using the information collected, the simulation and analysis of the functioning of the aqueduct system in the EPANET software and of the sewerage system in the SWMM software is carried out.

Taking into account the results obtained from field information and the simulation of the networks, some recommendations are made in line with current legislation, to help optimise the functioning of the systems and maintain the well-being of the community.

Introducción

Entre las necesidades básicas de cualquier comunidad están los servicios públicos de distribución de agua potable, recolección de aguas residuales y aguas lluvias, no contar con dichos servicios puede traer problemas de salud y bajo desarrollo en la comunidad, de igual manera es importante disponer de la información referente al funcionamiento y caracterización de los sistemas.

El municipio de Mutiscua no cuenta con un catastro de redes por la carencia de tiempo del personal capacitado y recursos en el área de planeación, por lo que ha tenido que manejar estos sistemas con una mínima información suministrada por un fontanero.

Según lo expuesto anteriormente este proyecto busca implementar un sistema de información geográfica SIG, como lo recomienda el RAS-2000 versión 2016 para la referenciación de todos los componentes de las redes de acueducto y alcantarillado; dicho sistema de información geográfica debe permitir el manejo de todos los datos de la red en forma digital, realizar actualizaciones y seguimiento continuo de la red, alimentándolo fácilmente con cualquier información nueva generada por procesos de mantenimiento y/o reposición de tuberías o accesorios, en forma simple y rápida, desplegando del mismo modo dicha información por medio de consultas en el SIG cuando sean requeridas por parte del ente responsable de la red para una mejor ejecución y control.

La simulación de los sistemas en las plataformas digitales SWMM y EPANET también juega un papel importante a la hora de tomar decisiones en cuanto al funcionamiento, mantenimiento y ampliación de las redes. Contar con la representación hidráulica y catastro de las redes de acueducto y alcantarillado, además de apoyar la tarea de detección y localización de fugas

o anomalías en los sistemas y aportar información para su oportuna reparación o mantenimiento también es de gran ayuda a la hora de elaborar planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Elaborar el catastro de redes de acueducto y alcantarillado implementando sistemas de información geográfica en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Levantar las redes de acueducto y alcantarillado mediante la estación GeoMax ZOMM 30 PRO para el trazado de las redes.

Construir un diccionario de datos y recolectar dicha información del catastro de las redes de acueducto y alcantarillado para diligenciar la base de datos.

Simular el funcionamiento de las redes de acueducto y alcantarillado mediante los software EPANET y SWMM respectivamente.

Formular estrategias de control y seguimiento para los sistemas de acueducto y alcantarillado, mediante consultas en el sistema de información geográfica.

2. Marco Referencial

2.1 Descripción de la Zona de Estudio

La investigación se llevó a cabo en el casco urbano del municipio de Mutiscua, Norte de Santander, ubicado en las coordenadas $7^{\circ}18'3''$ N, $72^{\circ}44'49''$ W. Este yace en medio de la cordillera oriental, es bañado por el río La Plata, uno de los principales afluentes del Río Zulia. Limita al norte con Cucutilla y Pamplona, al sur con Silos, al oriente con Cácuta y Pamplona y al occidente con el departamento de Santander, su distancia de referencia son 27 km de Pamplona, 102 Km de Cúcuta capital del Departamento.



Figura 1. Localización zona de estudio. Fuente Google Earth.

2.2 Marco Teórico

Sistemas de Información Geográfica. Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. Una de las principales marcas de software gestor de SIG, es ArcGIS, un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

Un Sistema de Información Geográfico (SIG) permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos, edificios, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país. Este es un conjunto que mezcla hardware, software y datos geográficos, y los muestra en una representación gráfica. Los SIG están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada.

Los usuarios pueden editar los mapas, trabajar por capas y manipular la información que almacena el sistema para obtener resultados específicos o generales de una consulta. Encuentran respuestas como qué hay en un lugar, dónde sucedió un hecho, qué cambios ha habido, qué camino tomar o qué construcciones cercanas se encuentran. Por ejemplo en SI-GEO, el Sistema de

Información Geográfica del Sector Educativo, una persona puede revisar las escuelas de su municipio y además ver los hospitales que están cerca, las montañas, las explotaciones mineras, los ríos, entre otros datos.

Este tipo de sistemas sirve especialmente para dar solución a problemas o preguntas sobre planificación, gestión y distribución territorial o de recursos. Son utilizados en investigaciones científicas, en arqueología, estudios ambientales, cartografía, sociología, historia, marketing y logística, entre otros campos.

Todos los sistemas de información geográfica y los resultados de las búsquedas en estos dependen de la calidad y cantidad de información suministrada en su base de datos. (mineducacion, s.f.)

Base de datos en ArcGIS. Una GeoDataBase, es colección de datos geográficos relacionados con información alfanumérica, gestionada por mediante un motor de base de datos (Access, Oracle, SQL Server, etc.), que funciona como la estructura nativa para ArcGIS, utilizada como formato principal para la gestión de la información almacenada.

La geodatabase emplea una arquitectura de aplicación de varios niveles implementando lógica y comportamiento avanzados en el nivel de aplicación por encima del nivel de almacenamiento de datos (se administra dentro de varios sistemas de administración de bases de datos [DBMS], archivos o lenguaje de marcado extensible [XML]). La lógica de aplicación de la geodatabase incluye soporte para una serie de objetos de datos y comportamientos genéricos de sistemas de información geográfica (SIG) tales como clases de entidad, datasets ráster, topologías, redes y mucho más.

Esta arquitectura de geodatabase de varios niveles se conoce a veces como modelo relacional de objetos.

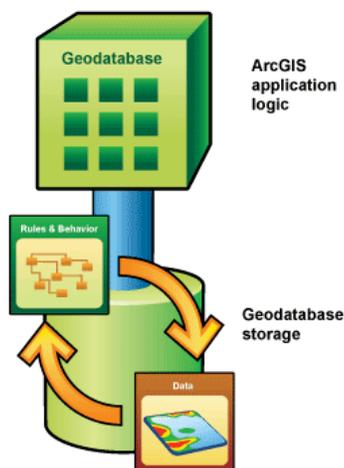


Figura 2. Arquitectura de Geodatabase. Fuente (Desktop A. f., s.f.)

La responsabilidad de administrar los datasets geográficos se comparte entre el software ArcGIS y el DBMS genérico. Ciertos aspectos de la administración de datasets geográficos, tales como el almacenamiento basado en disco, la definición de tipos de atributo, el procesamiento asociativo de consultas y el procesamiento de transacciones multiusuario, se delegan en el DBMS. La aplicación SIG conserva la responsabilidad de definir el esquema del DBMS concreto utilizado para representar varios datasets geográficos y para la lógica específica del dominio, que mantiene la integridad y la utilidad de los registros subyacentes. (Desktop A. f., s.f.)

SWMM. (Storm Water Management Model), Es un software de aguas gratuito, usado en modelación de aguas. Permiten cálculos complejos en un tiempo razonablemente corto, y con gran precisión. La información aportada es muy valiosa de cara a la utilidad del proyecto a lo largo del tiempo, ya que permite anticipar el daño que podría ocurrir en un futuro y tomar las medidas

adecuada; permite calcular el impacto de la escorrentía de agua de lluvia y evaluarla con eficacia para diseñar estrategias de defensa que minimicen, incluso eviten, los daños producidos por lluvias torrenciales.

El Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM) de la EPA se utiliza en todo el mundo para la planificación, el análisis y el diseño relacionados con la escorrentía de aguas pluviales, las alcantarillas combinadas y sanitarias y otros sistemas de drenaje. Se puede usar para evaluar estrategias de control de aguas pluviales de infraestructura gris, como tuberías y desagües pluviales, y es una herramienta útil para crear soluciones de control de aguas pluviales híbridas verde / gris rentables. SWMM fue desarrollado para ayudar a apoyar los objetivos de gestión de aguas pluviales locales, estatales y nacionales para reducir la escorrentía a través de la infiltración y la retención, y ayudar a reducir las descargas que causan el deterioro de los cuerpos de agua de nuestra nación. (EPA, s.f.)

El Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido.

El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía.

El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua

en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo. SWMM se desarrolló por primera vez en 1971, habiendo experimentando desde entonces diversas mejoras².

La edición actual, que corresponde a la 5ª versión del programa, es un código reescrito completamente a partir de ediciones anteriores. Funcionando bajo Windows, EPA SWMM 5 proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para el área de drenaje, simular el comportamiento hidráulico, estimar la calidad del agua y ver todos estos resultados en una gran variedad de formatos.

Entre estos, se pueden incluir mapas de contorno o isolíneas para el área de drenaje, gráficos y tablas de evolución a lo largo del tiempo, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia. La última revisión de SWMM ha sido realizada por la National Risk Management Research Laboratory de Estados Unidos, perteneciente a la agencia para la protección del medio ambiente, contándose con la colaboración de la consultoría CDM, Inc.

EPANET. Es un software libre que permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías respectivamente, así como el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente hasta los nodos del sistema.

Es utilizado en todo el mundo para modelar sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y el destino de los componentes del agua potable dentro de los sistemas de distribución, y puede usarse para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Hoy en día, los

ingenieros y consultores usan EPANET para diseñar y dimensionar nueva infraestructura de agua, modernizar la infraestructura existente, optimizar las operaciones de tanques y bombas, reducir el uso de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias. También se puede usar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resistencia a amenazas de seguridad o desastres naturales. (EPA, s.f.)

Es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro. EPANET se ha concebido como una herramienta de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre el avance y destino final de las diversas sustancias transportadas por el agua, mientras ésta discurre por la red de distribución. Entre sus diferentes aplicaciones puede citarse el diseño de programas de muestreo, la calibración de un modelo hidráulico, el análisis del cloro residual, o la evaluación de las dosis totales suministradas a un abonado. EPANET puede resultar también de ayuda para evaluar diferentes estrategias de gestión dirigidas a mejorar la calidad del agua a lo largo del sistema. Entre estas pueden citarse:

- Alternar la toma de agua desde diversas fuentes de suministro.
- Modificar el régimen de bombeo, o de llenado y vaciado de los depósitos.

- Implantar estaciones de tratamiento secundarias, tales como estaciones de recloración o depósitos intermedios
- Establecer planes de limpieza y reposición de tuberías.

Proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas. (Lewis A. Rossman, 2017).

Catastro de Redes. Es un sistema de registro y archivo que contiene información relacionada con todos los detalles de ubicación y especificaciones técnicas de los elementos de una red y se utiliza como un instrumento para el análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas para la toma de decisiones.

El Catastro de Redes tiene como objetivo principal el de contar con una base de datos técnico geo-referenciada que contenga información real y oportuna del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de una ciudad o municipio, con el fin de controlar y visualizar el inventario real de su sistema para la toma apropiada de decisiones.

Nuestro servicio consiste en el levantamiento y digitalización de planos de catastro de redes de acueducto y alcantarillado, a partir de la recopilación de datos técnicos de las condiciones actuales de las redes (diámetro de tubería, materiales, profundidades de los tubos, estado de pozos, direcciones del flujo, etc.), así como la generación de diagramas unifilares y fotografías de cada caja de válvulas y pozo de visita.

Finalmente, la información actualizada se incorpora en un sistema de información geográfica (SIG) que gestionan todo tipo de información, basados en ubicación geográfica y útil para consultar, visualizar y hacer análisis estadísticos, el cual genera los mapas o planos temáticos con las condiciones reales de la red.

Permite determinar la ubicación exacta y referenciada de cada uno de los elementos de los sistemas que abastecen y evacúan el agua en una ciudad o comunidad.

- Hace posible contar con una radiografía integral y actualizada de su estado.
- Brinda las pautas para cualquier actividad de operación.
- Facilita el proceso de diagnóstico de las pérdidas físicas en la distribución de Agua potable y contaminación en el alcantarillado sanitario, debido a fugas en las juntas, o roturas en el cuerpo de las tuberías, o por el mal estado de las válvulas.

Apoyo a la elaboración de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión.

Efectuar maniobras de operación y regulación del sistema con seguridad y exactitud basándolas en el conocimiento preciso del lugar de ubicación y de las condiciones técnicas de operación de sus principales accesorios.

Mantener actualizada y disponible la información sobre ampliaciones y sustituciones de componentes de las redes. (S.A, s.f.)

Acueducto. Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.

En ingeniería moderna, el término acueducto se usa para cualquier sistema de tuberías,

zanjas, canales, túneles y otras estructuras utilizadas para este propósito. El término acueducto también a menudo se refiere específicamente a un puente en un curso de agua artificial. (Martinez, 2005)

Alcantarillado. El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evaluar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además se causarían importantes pérdidas materiales.

Se denomina al sistema de estructuras y tuberías usadas para la evacuación de aguas residuales. Esta agua pueden ser albañales (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan. (Ecured, s.f.)

Modelos Digitales de elevación. Un SIG representa tanto entidades como superficies. Las entidades son objetos geográficos con formas bien definidas (como fronteras políticas). Las superficies son fenómenos geográficos con valores en todos los puntos de su extensión. La elevación es un ejemplo común, pero las superficies también pueden representar la temperatura, concentraciones químicas y otras muchas cosas.

Las superficies se suelen modelar con datasets ráster. Un ráster es una matriz de celdas, también denominadas píxeles, organizadas en filas y columnas y que cubren alguna región del mundo (o incluso el mundo entero). Cada celda de una matriz representa una unidad de área

cuadrada y contiene un valor numérico que es una medida o una estimación correspondiente a esa ubicación.

Cuando se observa un modelo digital de elevación (DEM) en un mapa, no se ve una matriz de celdas. En lugar de eso, se ve una capa simbolizada con una rampa de color, como en la imagen de la izquierda. Se pueden usar efectos especiales, como el sombreado, para simular el relieve, como en la imagen de la derecha.

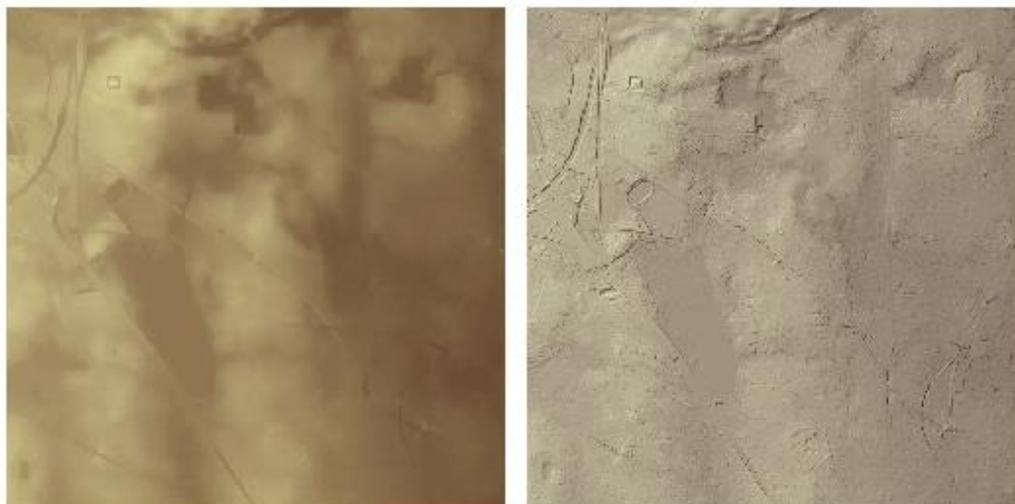


Figura 3. Modelo digital de elevación en un mapa. Fuente (ArcGIS, s.f.)

Las herramientas de análisis se pueden ejecutar en los modelos digitales de elevación (DEM) para producir nuevas superficies como pendientes y orientaciones. Los DEM también se pueden usar para estudiar propiedades de la superficie, como la visibilidad y el flujo de agua. (ArcGIS, s.f.)

Función Pendiente ArcGIS. Identifica la pendiente descendente más empinada para una ubicación sobre una superficie. La pendiente se calcula para cada triángulo en las redes irregulares de triángulos TIN (datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la

triangulación de un conjunto de vértices o puntos) y para cada celda en los rásteres. Para una red irregular de triángulos (TIN), ésta es la tasa máxima de cambio en elevación a través de cada triángulo. Para los rásteres, es la tasa máxima de cambio en elevación sobre cada celda y sus ocho vecinas.

El comando Pendiente toma un ráster de superficie de entrada y calcula un ráster de salida que contiene la pendiente en cada celda. Mientras menor sea el valor de la pendiente, más plano será el terreno; mientras más alto sea el valor de la pendiente, más empinado será el terreno. El ráster de pendiente de salida se puede calcular como pendiente en porcentaje o grado de pendiente.

La función Pendiente se ejecuta con más frecuencia en una cuadrícula de elevación, como se muestra en los siguientes diagramas. Las pendientes más empinadas están sombreadas en rojo en el mapa de pendiente de salida. (Desktop A. , s.f.)

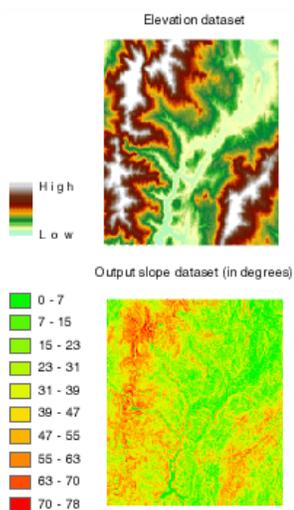


Figura 4. Diagrama de perfil de elevación. Fuente (Desktop A, s.f.).

EpaCAD. Es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero interpretable por EPANET (software gratuito más extendido para la simulación de redes hidráulicas a presión). En este proceso, EpaCAD es capaz

de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red. (ITA, s.f.)

2.3 Marco Legal

Normativa vigente RAS-2000 versión 2016. Establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias, considerados como convencionales. Así mismo orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes.

Incluyen lineamientos para los elementos que conforman los alcantarillados de aguas residuales, lluvias y combinados como sistemas de recolección, manejo y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, sus diferentes componentes y estación de bombeo. (normativa vigente RAS-2000 versión 2016)

Resolución 0330 de 2017. La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

La Resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores,

constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico. (Acodal, s.f.)

3. Metodología

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizada en este proyecto es la investigación aplicada, donde se lleva a la práctica las teorías generales sobre los sistemas de acueducto y alcantarillado.

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Murillo, 2008)

3.2 Levantamiento Topográfico

El levantamiento de las redes de acueducto y alcantarillado se llevó a cabo en el casco urbano del municipio de Mutiscua Norte de Santander, por medio del uso de la estación ZOOM PRO 30. Los datos se encuentran en coordenadas planas en el sistema Magna Sirgas con origen Bogotá.

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá-MAGNA	4° 35' 46,3215"	74° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central - MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

Figura 5. Coordenadas MAGNAS con orígenes utilizados en Colombia. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAG).

Para la red de alcantarillado, se hizo el levantamiento planimétrico y altimétrico tomando los puntos de la cota rasante de centro a centro de cada pozo, en el levantamiento de la red de acueducto se ubicaron las válvulas de corte, las cuales son las únicas con las que cuenta la red matriz existente.

Una vez obtenidos los respectivos puntos del levantamiento topográfico, se exportaron de la estación ZOOM PRO 30 al Software Microsoft Excel, donde se organizaron de manera que puedan ser cargados a AutoCAD Civil 3D, en donde se verifican los puntos y se realiza el trazado de las redes.

Una vez realizado el trazado de los sistemas de acueducto y alcantarillado se hace la debida Georreferenciación mediante la extracción de los datos de Civil 3D, los cuales son cargados en el software ArcGIS, de donde a partir de la topografía se obtienen cotas y datos para la simulación de las redes.

3.3 Recolección de Datos y Creación de la GeoDataBase

Se diseñaron formatos de campo en los cuales se registran los parámetros requeridos por el inventario de las redes, como son las características del pozo, características de las tuberías e información de la tapa.

		Catastro de la Red de Acueducto Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitectura Ingeniería Civil				Mutiscua Norte de Santander 2019	
							
Elemento					Año de Instalación		
N°	Nombre	Código	Diámetro	Material	Profundidad (m)	RASANTE	
						Tipo	Material
Tipo	Estado		Estado Físico		Operabilidad	Sentido	Extremo
Compuerta <input type="checkbox"/>	Abierta <input type="checkbox"/>		Bueno <input type="checkbox"/>		Loca <input type="checkbox"/>	Horario <input type="checkbox"/>	Liso <input type="checkbox"/>
Genérica <input type="checkbox"/>	Cerrada <input type="checkbox"/>		Falta tapa <input type="checkbox"/>		No opera <input type="checkbox"/>	Antihorario <input type="checkbox"/>	Bridada <input type="checkbox"/>
Mariposa <input type="checkbox"/>	Regulada <input type="checkbox"/>		Trabada <input type="checkbox"/>		Buena <input type="checkbox"/>		
Globo <input type="checkbox"/>	Desconocido <input type="checkbox"/>		Inaccesible <input type="checkbox"/>				
Cono <input type="checkbox"/>							
Elaboro: _____			Reviso: _____			Actualizo: _____	

Figura 6. Formato de recolección de datos acueducto.

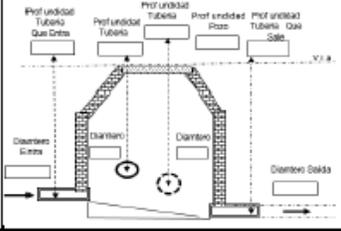
		Catastro de la Red de Alcantarillado Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitectura Ingeniería Civil				Mutiscua Norte de Santander 2019	
							
							
Información de la Tapa							
Diámetro de la tapa: _____				Altura de la tapa: _____			
Rasante	Vis	<input type="checkbox"/>	Andén	<input type="checkbox"/>	Otro:	_____	
Material Rasante	Concreto	<input type="checkbox"/>	Asfalto	<input type="checkbox"/>	Tierra	<input type="checkbox"/>	Otro: _____
Tuberías							
Elemento		Año de Instalación			Viene del	Va para el	
N°	Tipo	Código	Diámetro	Material	Profundidad	Pozo	Pozo
N° Pozo: _____		Características del Pozo					
Tipo de tapa	Estado	Possibilidad de apertura	Tipo de Pozo	Drenaje	Estado del Pozo	Localización de Defectos	Condición del Pozo
Hierro <input type="checkbox"/>	Buena <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Con cono <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Aro <input type="checkbox"/>	Limpio <input type="checkbox"/>
Concreto <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Sin cono <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Paredes <input type="checkbox"/>	Obstruido <input type="checkbox"/>
Sin tapa <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>		Caja <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Cañuela <input type="checkbox"/>	Sedimentado <input type="checkbox"/>
							Colmatado <input type="checkbox"/>
Tipo de Sedimento	Altura del Sedimento	Estado de la Cañuela	Condición de Escalones	Estado Físico del Pozo		Observaciones:	
Piedra <input type="checkbox"/>		Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Perdido <input type="checkbox"/>			
Lodo <input type="checkbox"/>		Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Realzar Pozo <input type="checkbox"/>			
Árena <input type="checkbox"/>		Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Encima de la Rasante <input type="checkbox"/>			
Basura <input type="checkbox"/>		No tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Relleno Lateral <input type="checkbox"/>			
Elaboro: _____			Reviso: _____			Actualizo: _____	

Figura 7. Formato de recolección de datos alcantarillado.

Para la extracción de dicha información fue necesario el acceso a los pozos de inspección, así como el registro de las válvulas de corte ubicadas en la red matriz del acueducto. Posteriormente se digitalizo la información mediante el software Microsoft Excel.

En la base de datos se almaceno la información recolectada por medio del levantamiento topográfico, formatos diligenciados e inspección visual realizada a los elementos que componen las redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Mutiscua Norte de Santander.

Una vez organizada la información mencionada anteriormente se exporta a ArcGIS, para su respectivo enlace con los trazados de la red.

3.4 Simulación del Funcionamiento de la Red de Acueducto

La red de acueducto es simulada en el software EPANET, a partir del trazado elaborado en Civil 3D; el cual se procesa empleando EpaCAD, que genera un documento en formato compatible con EPANET, una vez obtenido este formato se sube y se caracterizan los nudos compuestos por información como coordenadas, cotas y demanda base; así como las tuberías compuestas por el diámetro interno y la rugosidad.

En la configuración del software se asignaron propiedades hidráulicas como, unidades de caudal en litros por segundo, ecuación empleada para cálculo de pérdidas de Darcy-Weisbach, peso específico del agua (1 kg/m³).

Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	D-W
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0
Exponente Emisores	0.5
Informe de Estado	No
CHECKFREQ	2

Figura 8. Configuración de propiedades hidráulicas en EPANET.

Los cálculos hechos por el software se realizan empleando la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

f = factor de fricción de Darcy.

L/D = relación entre la longitud y el diámetro de la tubería,

v = la velocidad media de flujo,

g = que corresponde a la aceleración debida a la gravedad,

Como el municipio de Mutiscua no cuenta con una curva de demanda base para tomar en el diseño, este se realiza con el Caudal Máximo Horario (QMH), se determina el nivel de complejidad que para el caso es bajo según la RAS-2000, por la cantidad de población con que cuenta el municipio; se tomó como dotación neta base 120 (l/hab/día) de acuerdo con la resolución 0330 para una altura mayor a 2000 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 2. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Figura 9. Caudales de diseño. Fuente: Resolución 0330 de 2017.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Figura 10. Dotación neta máxima. Fuente: Resolución 0330 de 2017.

3.5 Simulación del Funcionamiento de la Red de Alcantarillado

Se hace un procesamiento de datos en Excel para determinar las cotas de entrada y salida de cada uno de los colectores que conforman el sistema de alcantarillado y las profundidades máximas de cada pozo, para suministrar dicha información al software SWMM, donde se lleva a cabo la simulación de la red.

El software se configura para que realice el diseño a partir de un régimen uniforme, en el cual la profundidad, área mojada y velocidad se mantiene constantes a lo largo de la red.

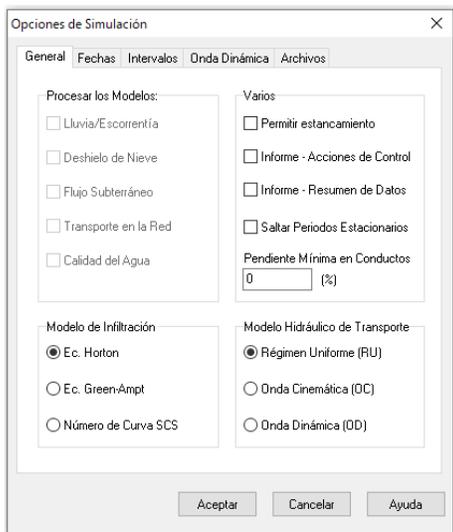


Figura 11. Configuración modelo hidráulico de transporte en SWMM

3.6 Consultas en el Sistema de Información Geografica

Con ayuda de las herramientas con que cuenta el software empleado para la georreferenciación, en este caso ArcGIS, por medio de la tabla de atributos generada se determinan las preguntas que se van a hacer para la obtención de respuestas rápidas.

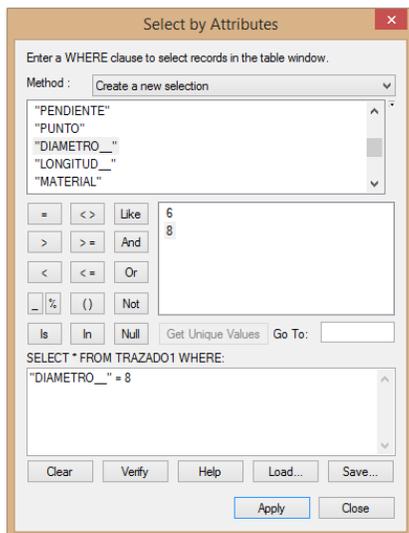


Figura 12. Consulta, tubería con diámetro de 8" en el trazado.

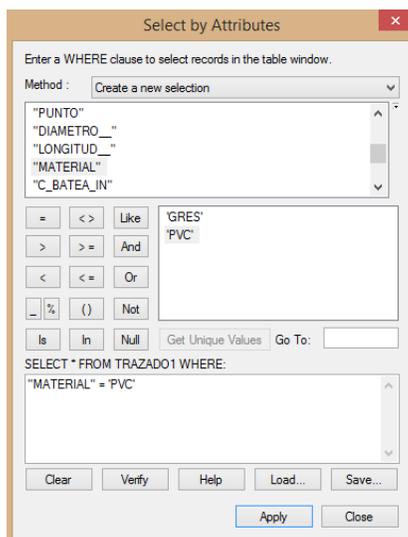


Figura 13. Consulta, tubería con material en PVC.

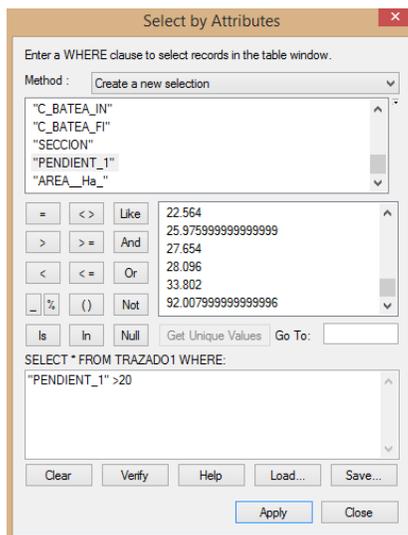


Figura 14. Consulta, tramos con pendientes mayores a 20%.

En las figuras 12, 13 y 14, se muestran las preguntas formuladas con su respectiva condición en la tabla de atributos.

4. Resultados y Análisis

4.1 Levantamiento Topográfico

En el levantamiento topográfico de las redes se obtiene un terreno montañoso, con pendientes muy pronunciadas, tuberías en las que no se identificó donde terminaban, pozos localizados en calles en concreto, asfalto y otras destapadas, algunos están ubicados dentro de la maleza y no se pueden ver con facilidad.



Figura 15. Trazado red de acueducto.



Figura 16. Pozos y trazado red de alcantarillado.

4.3 Catastro de Redes

4.3.1 Red de alcantarillado.

A continuación, se presentan de manera tabulada las características más relevantes encontradas en los pozos de inspección y tuberías del sistema de aguas residuales del municipio.

POZO	C FONDO	C RASANTE	ANCHO (m)	TIPO DE POZO	H. POZO	MATERIAL	TAPA	RASANTE	ESTADO DEL POZO	ESCALONES	CARACTERISTICA
1	2688,81	2690,68	1,2	TIPO 1	1,87	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
2	2688,32	2690,102	1,2	TIPO 1	1,78	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
3	2675,64	2676,84	1,2	TIPO 4	1,20	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	NO TIENE	CON CONO
4	2670,50	2675,259	1,2	TIPO 3	4,76	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
5	2673,48	2675,404	1,2	TIPO 1	1,92	MAMPOSTERIA	HIERRO	CAPA VEG	REGULAR	BUENO	CON CONO
6	2674,50	2675,516	1,2	TIPO 4	1,02	MAMPOSTERIA	HIERRO	CAPA VEG	BUENO	BUENO	CON CONO
7	2669,41	2674,264	1,2	TIPO 3	4,85	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
8	2668,45	2670,764	1,2	TIPO 2	2,31	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
9	2664,72	2666,704	1,2	TIPO 1	1,98	MAMPOSTERIA	CONCRETO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
10	2656,78	2659,175	1,2	TIPO 2	2,40	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
11	2655,64	2657,855	1,2	TIPO 2	2,22	MAMPOSTERIA	CONCRETO	VIA	BUENO	NO TIENE	SIN CONO
12	2647,32	2650,107	1,2	TIPO 2	2,79	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
14	2642,74	2644,854	1,2	TIPO 2	2,11	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
15	2637,44	2639,607	1,2	TIPO 2	2,17	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
16	2638,61	2640,673	1,2	TIPO 2	2,06	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
17	2637,59	2638,982	1,2	TIPO 4	1,39	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
18	2636,60	2639,282	1,2	TIPO 2	2,68	MAMPOSTERIA	CONCRETO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
19	2636,78	2638,909	1,2	TIPO 2	2,13	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
20	2647,77	2650,174	1,2	TIPO 2	2,40	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
21	2628,22	2630,78	1,2	TIPO 2	2,56	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
22	2627,79	2630,049	1,2	TIPO 2	2,26	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
23	2634,33	2635,6	1,2	TIPO 4	1,27	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
24	2631,71	2633,506	1,2	TIPO 1	1,80	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	NO TIENE	CON CONO
25	2622,99	2625,486	1,2	TIPO 2	2,50	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
26	2612,21	2614,41	1,2	TIPO 2	2,20	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
27	2625,04	2627,589	1,2	TIPO 2	2,55	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
28	2617,72	2620,045	1,2	TIPO 2	2,33	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
29	2604,23	2610,046	1,2	TIPO 3	5,82	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
30	2603,17	2607,01	1,2	TIPO 2	3,84	MAMPOSTERIA	HIERRO	ANDEN	BUENO	REGULAR	CON CONO
31	2597,15	2598,4	1,2	TIPO 4	1,25	MAMPOSTERIA	CONCRETO	ANDEN	BUENO	BUENO	CON CONO
32	2628,67	2631,17	1,2	TIPO 2	2,50	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	REGULAR	CON CONO
33	2621,14	2623,536	1,2	TIPO 2	2,40	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
34	2612,33	2615,634	1,2	TIPO 2	3,30	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
35	2589,39	2591,994	1,2	TIPO 2	2,60	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	REGULAR	CON CONO
36	2617,49	2619,69	1,2	TIPO 2	2,20	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	REGULAR	CON CONO
37	2582,70	2584,2	1,2	TIPO 1	1,50	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
38	2606,75	2608,647	1,2	TIPO 1	1,90	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
39	2580,90	2582,4	1,2	TIPO 1	1,50	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
40	2604,28	2605,732	1,2	TIPO 1	1,45	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
41	2595,90	2598,003	1,2	TIPO 1	2,10	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
42	2578,20	2580	1,2	TIPO 1	1,80	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO
43	2572,55	2573,8	1,2	TIPO 4	1,25	MAMPOSTERIA	CONCRETO	VIA	BUENO	NO TIENE	CON CONO
44	2571,38	2573,5	1,2	TIPO 2	2,12	MAMPOSTERIA	HIERRO	VIA	BUENO	BUENO	CON CONO

Figura 19. Inventario de los pozos de inspección.

TRAMO	DIAM. (in)	LONGITUD (m)	MATERIAL	C BATEA INICIAL	C BATEA FINAL	SECCION	PENDIENTE	AREA (Ha)	ZI	ZF	L2D
P1-P2	8	51,47	GRES	2688,680	2688,222	CIRCULAR	0,890	0,180	2676,84	2675,26	14,58
P2-P4	8	99,60	GRES	2688,202	2671,779	CIRCULAR	16,489	0,400	2675,26	2674,26	21,17
P3-P4	6	14,58	PVC	2676,310	2673,349	CIRCULAR	20,309	0,020	2674,26	2670,76	29,93
P6-P5	6	76,10	PVC	2674,516	2673,574	CIRCULAR	1,238	0,102	2670,76	2666,7	44,93
P5-P4	6	40,70	PVC	2673,454	2673,349	CIRCULAR	0,258	0,200	2666,7	2659,18	79,75
P4-7P	8	21,17	GRES	2670,399	2669,734	CIRCULAR	3,141	0,720	2659,18	2657,85	20,9
P7-P8	8	29,93	GRES	2669,324	2668,524	CIRCULAR	2,673	0,930	2657,85	2650,11	64,44
P8-P9	8	44,93	GRES	2668,464	2664,524	CIRCULAR	8,769	1,280	2650,11	2644,85	53,7
P9-P10	8	79,75	GRES	2664,324	2656,975	CIRCULAR	9,215	1,540	2640,67	2638,91	56,7
P10-P11	8	20,90	GRES	2656,135	2655,435	CIRCULAR	3,349	1,640	2638,91	2633,51	53,51
P11-P12	8	64,44	GRES	2655,335	2647,297	CIRCULAR	12,474	2,060	2633,51	2627,59	52,26
P12-P14	8	53,70	GRES	2647,227	2642,874	CIRCULAR	8,106	2,380	2627,59	2623,54	56,35
P14-P16	8	54,24	GRES	2642,684	2638,503	CIRCULAR	7,708	2,530	2623,54	2619,69	40,48
P16-P19	8	56,70	GRES	2638,613	2636,669	CIRCULAR	3,429	2,660	2619,69	2605,73	62,28
P20-P19	8	35,60	GRES	2647,894	2638,049	CIRCULAR	27,654	0,150	2675,4	2675,26	40,7
P19-P24	6	53,51	GRES	2636,689	2631,426	CIRCULAR	9,836	2,960	2639,61	2638,98	53,99
P23-P24	8	44,21	GRES	2634,240	2632,206	CIRCULAR	4,601	0,100	2640,67	2639,28	40,17
P24-P27	8	52,35	GRES	2631,706	2625,209	CIRCULAR	12,411	3,180	2638,98	2639,28	10,06
P27-P33	8	56,35	GRES	2625,039	2621,236	CIRCULAR	6,749	3,320	2639,28	2630,78	55,89
P32-P33	8	32,88	GRES	2628,670	2621,316	CIRCULAR	22,366	0,110	2630,78	2630,05	5,189
P33-P36	8	40,48	GRES	2621,186	2617,410	CIRCULAR	9,328	3,530	2638,91	2630,78	52,25
P36-P38	8	62,28	GRES	2617,430	2606,747	CIRCULAR	17,153	3,750	2650,17	2638,91	35,6
P38-P40	8	34,12	GRES	2606,647	2605,032	CIRCULAR	4,733	4,730	2630,05	2625,49	51,62
P40-P41	8	32,37	GRES	2604,292	2597,383	CIRCULAR	21,344	4,793	2633,51	2625,49	52,04
P14-P15	8	47,76	GRES	2642,704	2637,527	CIRCULAR	10,840	0,120	2625,49	2620,05	53,73
P15-P17	8	53,98	PVC	2637,507	2637,493	CIRCULAR	0,026	0,220	2620,05	2610,05	51,66
P17-P18	8	10,00	PVC	2637,532	2637,452	CIRCULAR	0,800	0,220	2625,49	2614,41	51,81
P16-P18	8	40,17	PVC	2638,673	2637,842	CIRCULAR	2,069	0,150	2614,41	2610,05	53,16
P18-P21	8	55,89	GRES	2636,602	2628,110	CIRCULAR	15,194	0,470	2627,59	2620,05	53,99
P19-P21	6	52,25	PVC	2636,759	2629,590	CIRCULAR	13,721	0,150	2623,54	2615,63	36,28
P21-P22	8	5,19	GRES	2628,220	2627,809	CIRCULAR	7,919	0,620	2631,7	2623,54	32,88
P22-P25	8	51,62	PVC	2627,949	2623,796	CIRCULAR	8,045	0,770	2598,4	2591,99	24,59
P24-P25	8	52,03	PVC	2631,706	2622,986	CIRCULAR	16,760	0,120	2591,99	2584,2	33,88
P25-P28	8	53,23	PVC	2622,986	2617,595	CIRCULAR	10,128	1,030	2584,2	2582,4	39,72
P27-P28	8	53,99	PVC	2625,139	2617,645	CIRCULAR	13,880	0,160	2620,05	2615,63	54,09
P28-P34	8	54,09	PVC	2617,615	2613,574	CIRCULAR	7,471	1,340	2615,63	2591,99	60,47
P33-P34	8	36,28	GRES	2621,236	2614,074	CIRCULAR	19,741	0,110	2608,65	2605,73	34,12
P34-P35	8	60,47	GRES	2612,234	2591,794	CIRCULAR	33,802	1,450	2605,73	2598	32,37
P25-P26	8	51,81	GRES	2622,886	2612,410	CIRCULAR	20,220	0,130	2582,4	2580	53,86
P26-P29	8	53,16	PVC	2612,210	2607,606	CIRCULAR	8,661	0,260	2573,8	2573	3,688
P28-P29	8	51,66	PVC	2617,615	2607,656	CIRCULAR	19,278	0,160	2573	2572,3	21,07
P29-P30	8	4,68	GRES	2604,166	2603,110	CIRCULAR	22,564	0,420	2598	2580	17,48
P30-P31	8	19,98	GRES	2602,970	2597,780	CIRCULAR	25,976	0,470	2580	2573,8	97,37
P31-P35	8	24,58	GRES	2597,150	2590,244	CIRCULAR	28,096	0,470	2690,68	2690,1	51,47
P35-P37	8	33,88	GRES	2589,394	2584,000	CIRCULAR	15,921	1,920	2690,1	2675,26	99,6
P37-P39	8	39,72	GRES	2584,000	2582,200	CIRCULAR	4,532	1,920	2675,52	2675,4	76,1
P39-P42	8	53,86	GRES	2582,200	2579,800	CIRCULAR	4,456	1,920	2607,01	2598,4	19,99
P41-P42	8	17,48	GRES	2595,883	2579,800	CIRCULAR	92,008	4,793	2610,05	2607,01	4,683
P42-P43	8	93,37	GRES	2579,800	2572,660	CIRCULAR	7,647	6,713	2635,6	2633,51	44,22
P43-P44	8	3,69	GRES	2572,350	2572,300	CIRCULAR	1,355	6,713	2644,85	2640,67	54,24
P44-P45	8	21,06	GRES	2571,380	2571,000	CIRCULAR	1,804	6,713	2644,85	2639,61	47,76

Figura 20. Inventario de tuberías.

Tabla 1. *Clasificación de los pozos según su altura.*

PARÁMETRO		PORCENTAJE
	Tipo1	25%
Tipo de	Tipo 2	54.55%
Pozo	Tipo 3	6.82%
	Tipo 4	13.63%

Para hacer más fácil la clasificación de los pozos según su altura se estimaron cuatro tipos de pozos los cuales se conforman por:

Tipo 1. 1.4m -2m

Tipo 2. 2m – 4m

Tipo 3. Mayor a 4m.

Tipo 4. Menor a 1.4m

Según los resultados obtenidos y de acuerdo a la norma, se dice que los pozos de tipo 4, equivalentes a un 13,63% con altura menor a 1.4 metros no cumplen con la altura mínima establecida por la norma; por ende, las tuberías de llegada y salida de estos pozos tampoco cumplen la norma, puesto que se encuentran a menos de 1.2 metros de profundidad en las vías. Por lo que lo ideal sería rediseñar dichos pozos y llevarlos a cumplir con las especificaciones mínimas requeridas.



Figura 21. Pozo de inspección con profundidad menor a 1.40 m.

Tabla 2. Material de las tapas.

MATERIAL DE LA TAPA	PORCENTAJE
Hierro	88.63%
Acero	11.36%

El 88.63% de las tapas de los pozos que conforman el sistema de alcantarillado son de hierro lo que es favorable al funcionamiento puesto que cuentan con agujeros que sirven de ventilación.

Tabla 3. *Ubicación de la rasante.*

UBICACION DE LA RASANTE	PORCENTAJE
Vía	90%
Anden	4.54%
Capa Vegetal	4.54%

El 4.54% de los pozos de la red se encuentran entre la maleza lo que conlleva a que se obstruyan e impidan el normal funcionamiento de la red, causando rebosamiento en los pozos.

Tabla 4. *Condición de los escalones.*

CONDICIÓN DE LOS ESCALONES	PORCENTAJE
Buena	81.81%
Regular	9.09%
No tiene	9.09%

El 81.81% de los pozos cuentan con escalones en buen estado, garantizando mayor accesibilidad y seguridad a los pozos para su mantenimiento.

Tabla 5. *Característica del pozo.*

CARACTERÍSTICA	PORCENTAJE
Con cono	97.72%
Sin cono	2.27%

Tan solo el 2.27% de los pozos no cuenta con cono en su estructura, el cual es el encargado de conectar la estructura con el exterior y permitir un mejor acceso al fondo de los pozos para su mantenimiento.

Tabla 6. *Diámetro de las tuberías*

DIÁMETRO	PORCENTAJE
8"	90.19%
6"	9.8%

El 9.8% de los tramos de tubería del sistema de alcantarillado no cuenta con el diámetro mínimo requerido por la norma para estas redes, puesto que este es de 6" y el mínimo aceptado por la norma es de 8".

Tabla 7. *Material de las tuberías.*

MATERIAL	PORCENTAJE
GRES	72.54%
PVC	27.45%

El 72.54% de los tramos del trazado de la red de alcantarillado están constituidos por tuberías de GRES, material que ya no se acepta por la norma.

En la inspección a los pozos también se evidencia que debido a los bruscos cambios de pendiente, en algunos pozos la diferente de altura entre la cota clave de entrada y la cota clave de salida es mayor a 0.75m, por lo que debería contar con una estructura complementaria como una cámara de caída para la reducción de energía y evitar erosión en el fondo del pozo y la pérdida de la cañuela, caso que se puede evidenciar en algunos pozos que presentan cañuelas con desgastes.



Figura 22. Pozo con desgaste de cañuela.



Figura 23. Pozo que requiere cámara de caída.

4.3.2 Red de acueducto.

En el sistema de acueducto se encontraron 13 válvulas de corte en buen estado, ubicadas a lo largo de la red matriz de la misma, conformada por tubería en PVC con diámetro de 4". En el resto de la red se presentan tramos con tubería de 3" y 2".

Nodo	Tramo	Material	Diámetro (in)	Longitud (m)
p1	n1-n2	PVC	4	167
p2	n2-n3	PVC	2	87.17
p3	n2-n4	PVC	4	90.44
p4	n4-n5	PVC	4	97.64
p5	n5-n6	PVC	2	54.53
p6	n5-n7	PVC	4	131.1
p7	n7-n8	PVC	2	53.38
p8	n8-n9	PVC	2	49.94
p9	n7-n10	PVC	4	49.06
p10	n10-n9	PVC	2	49.79
p11	n10-n11	PVC	4	53.42
p12	n11-n12	PVC	2	53.53
p13	n11-n13	PVC	2	53.27
p14	n9-n13	PVC	2	52.65
p15	n14-n15	PVC	2	55.75
p16	n14-n16	PVC	2	56.74
p17	n11-n17	PVC	4	53.83
p18	n17-n18	PVC	2	54.41
p19	n18-n19	PVC	2	56.31
p20	n17-n20	PVC	4	58.33
p21	n20-n19	PVC	2	63.06
p22	n20-n16	PVC	2	56.02
p23	n16-n21	PVC	2	54.52
p24	n15-n21	PVC	2	54.25
p25	n16-n22	PVC	2	55.4
p26	n22-n23	PVC	2	49.82
p27	n20-n24	PVC	3	57.14
p28	n23-n24	PVC	2	97.47
p29	n23-n25	PVC	3	162.8
p30	n25-n26	PVC	3	25.62
p31	n13-n14	PVC	2	54.32

Figura 24. Inventario de tuberías del acueducto.

Tabla 8. *Diámetros red de acueducto.*

DIÁMETRO	PORCENTAJE
4"	34.37%
3"	12.5%
2"	53.12%

Un 53.12% de la red cuenta con tubería en PVC con diámetro de 2", lo cual no está cumpliendo con la resolución 0330 de 2017, donde se piden diámetros mínimos para tuberías de acueducto en zonas urbanas de 3", por lo que se hace necesario cambiar dicha tubería.

Por otra parte, se evidencia que la red de acueducto carece de válvulas de ventosa y válvulas de purga, necesarias para la expulsión de aire de las tuberías lo que ayuda a regular la velocidad del fluido y facilidad en el mantenimiento o limpieza de las mismas respectivamente.

En la parte más baja del municipio se han presentado daños en las tuberías debido a las altas presiones que estas manejan, puesto que la red tampoco cuenta con válvulas reguladoras de presión y las pendientes son muy pronunciadas.

En el catastro del acueducto se referencian cinco hidrantes ubicados obre la red principal del sistema de acueducto, los cuales están fuera de funcionamiento por falta del mantenimiento oportuno que debe hacerse cada seis meses en sistemas con nivel de complejidad bajo según la norma.

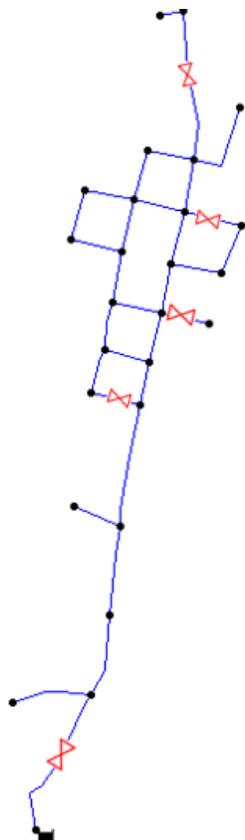


Figura 25. Ubicación de hidrantes sobre la red de distribución.



Figura 26. Hidrante sobre la red principal del acueducto.

4.4 Creación de un Modelo de Elevación Digital

A partir del levantamiento de las redes se crea un modelo de elevación digital en ArcGIS, de donde se obtienen curvas de nivel que facilitan la ubicación de los demás elementos que conforman los sistemas de acueducto y alcantarillado del municipio.

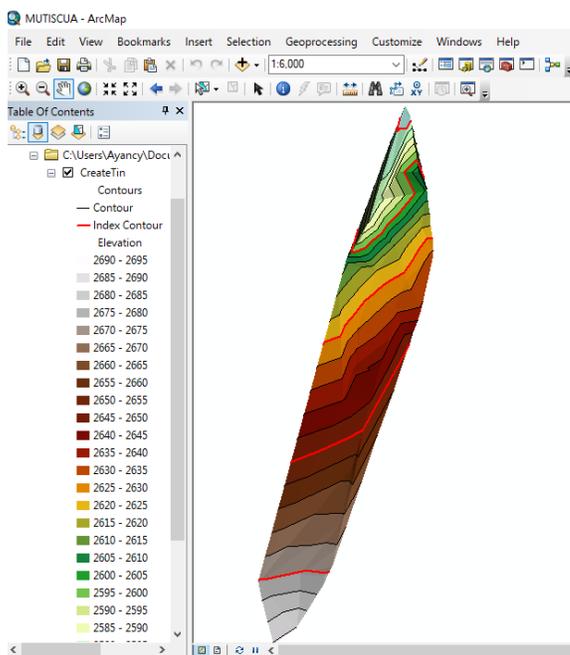


Figura 27. Modelo de elevación digital.

4.5 Simulación Red de Acueducto en EPANET

Según la simulación de la red, con una presión de 5 m.c.a. a la salida de la planta de tratamiento se evidencian presiones de 79.73, 80.93 y 85.30 m.c.a cuando la presión máxima establecida por la resolución 0330 del 8 de junio de 2017 es de 50 m.c.a; esta presión se exceptúa en algunos casos en los que las áreas a abastecer que presenten dicha presión no superan el 10%

del área de la zona de presión, siempre y cuando no sobrepase los 55 m.c.a. y hasta el 5% del área de la zona de presión desde que no sobrepase una presión de 60 m.c.a.

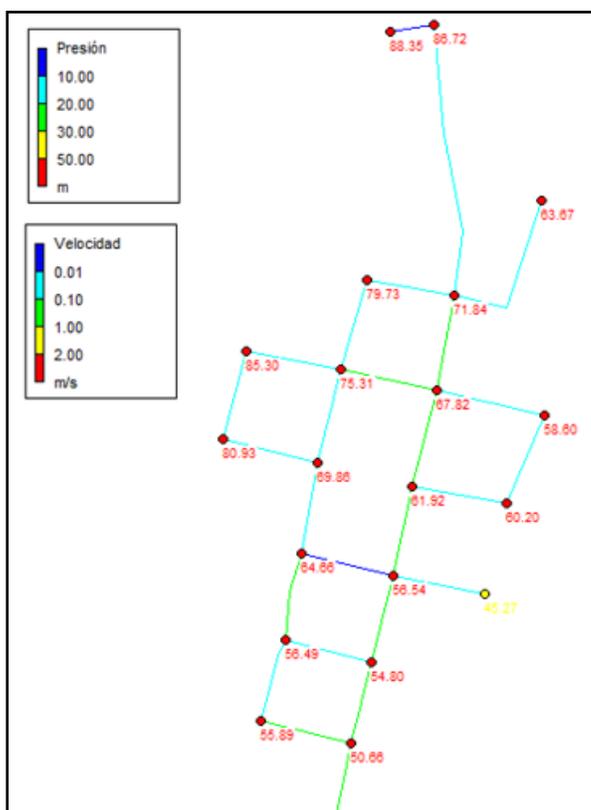


Figura 28. Simulación red actual de acueducto.

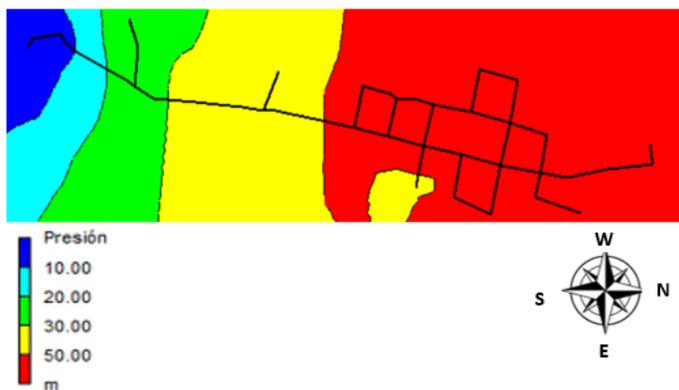


Figura 29. Mapa de contorno, red actual.

En vista de que gran parte del area presenta presiones mayores a la permitida por la norma se hace necesario instalar una válvula reductora de presión antes de llegar al nodo 14; se efectúa la simulación implementando la válvula reductora de presión con una consigna o presión de salida de 30 m.c.a.

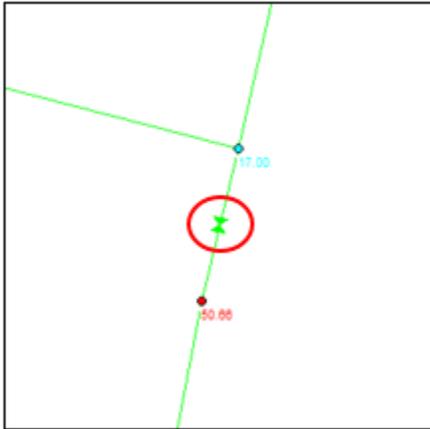


Figura 30. Instalación de la válvula reductora de presión.

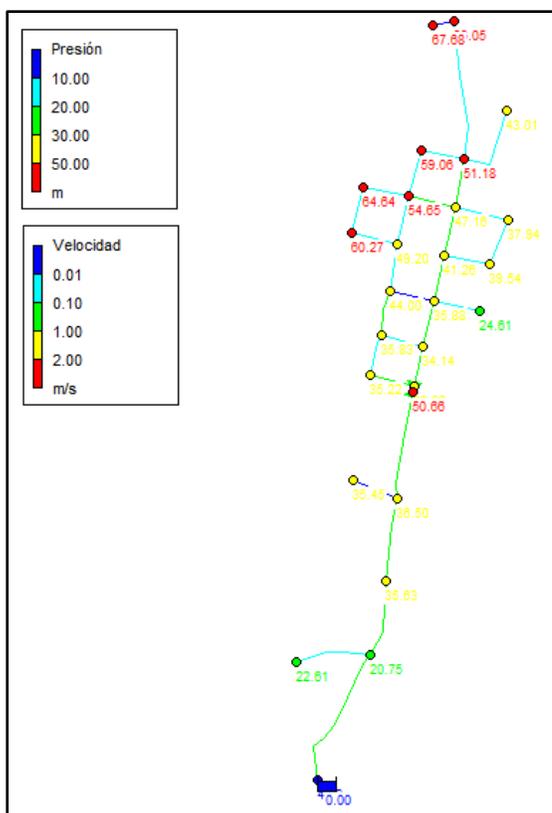


Figura 31. Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 30 mca.



Figura 32. Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 30 mca.

Con la válvula instalada con consigna de 30 m.c.a. como se muestra en la figura anterior, se siguen presentando presiones que superan la máxima permitida en una considerable área de abastecimiento, se opta por disminuir la consigna de la válvula a 17 m.c.a. donde se logran disminuir algunas presiones que sobrepasaban los 50 m.c.a.

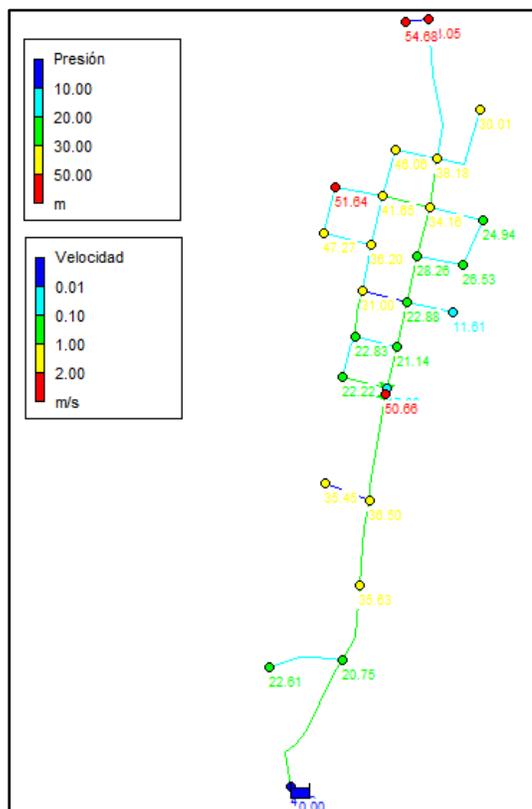


Figura 33. Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca.

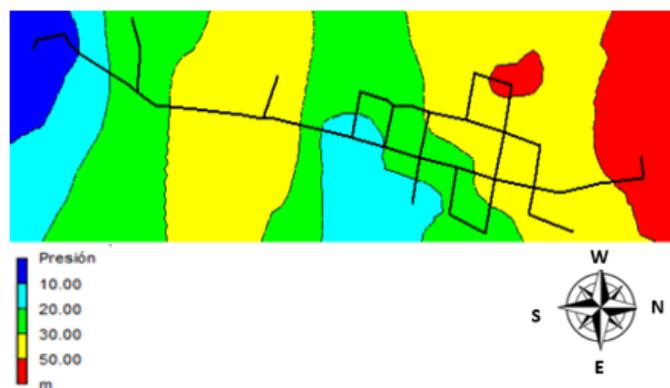


Figura 34. Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca.

Se observa que aún se presentan presiones que sobrepasan los 50 m.c.a. y se evalúa el área de abastecimiento donde se presentan las mismas, como es inferior al 10% del área de suministro y las presiones no sobrepasan los 55 m.c.a. se adopta el parágrafo de la norma que permite estas condiciones y se dice que la red cuenta con óptimo funcionamiento.

Por otra parte, se observa que la red de acueducto presenta tramos con tubería de 2” cuando el diámetro mínimo exigido por la norma a partir de la resolución 0330 es de 3”; de acuerdo con esto se hace una simulación cambiando dicha tubería por una de 3” e implementando al mismo tiempo la válvula reductora de presión con consigna de 17 m.c.a. ya seleccionada.

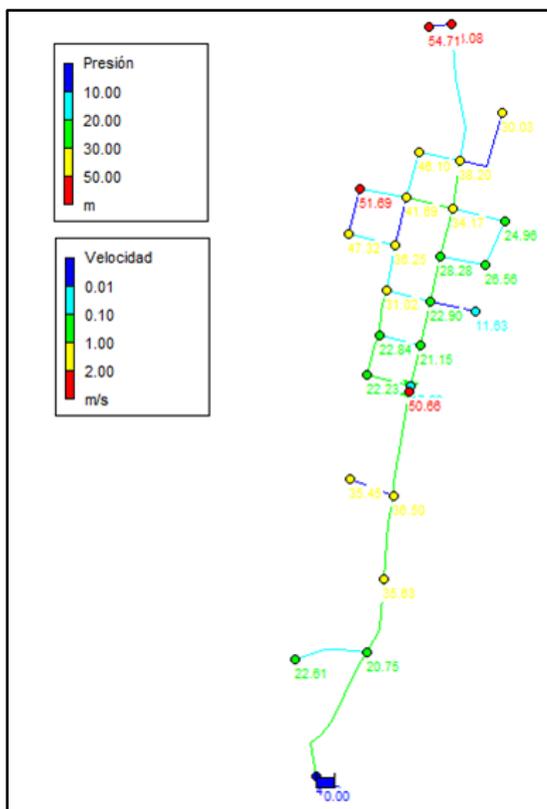


Figura 35. Simulación implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca y diámetro mínimo de 3”.



Figura 36. Modelo de elevación digital de implementando válvula reductora de presión con consigna de 17 mca y diámetro mínimo de 3”.

En la figura 27 se observan las pequeñas áreas que estarán siendo dotadas por presiones superiores a 50 m.c.a. si se implementa la válvula reductora de presión y la tubería con diámetro mínimos de 3”

4.6 Simulación Red de Alcantarillado en SWMM

En la simulación de la red de alcantarillado en el software SWMM se observan pendientes mayores a 30%, las cuales generan velocidades más altas; por lo que la resolución 0330 de 2017 permite que se presenten en dichos tramos velocidades mayores a la máxima aprobada que es de 5 m/s.

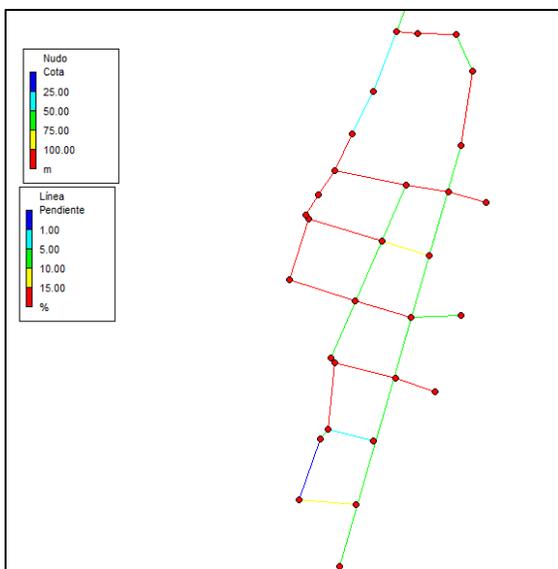


Figura 37. Pendientes de la red de alcantarillado.

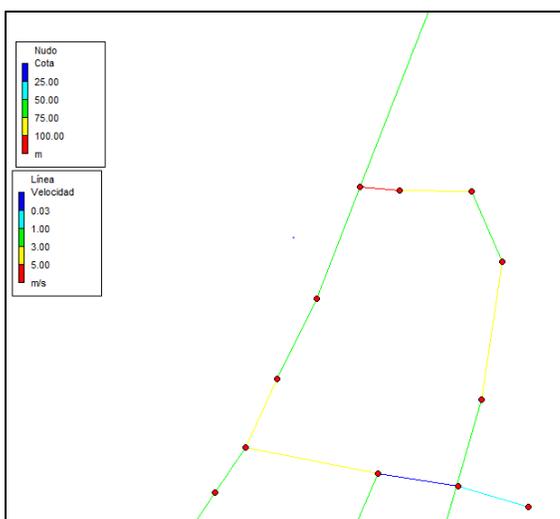


Figura 38. Velocidades de la red de alcantarillado.

En la modelación también se genera el perfil de lámina de agua entre el nodo 42 y el punto de entrega, donde se aprecia que el sistema maneja una lámina de agua que le permite trabajar en óptimas condiciones.

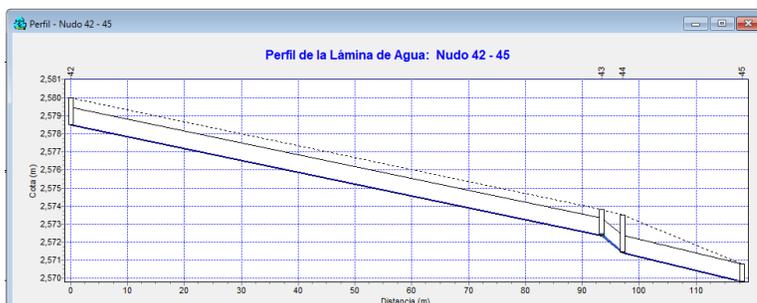


Figura 39. Perfil de lámina de agua.

4.7 Consultas en el Sistema de Información Geografica

Con la asignación de parámetros a conocer, se muestran los resultados requeridos, tanto en el esquema del trazado como en la tabla de atributos.

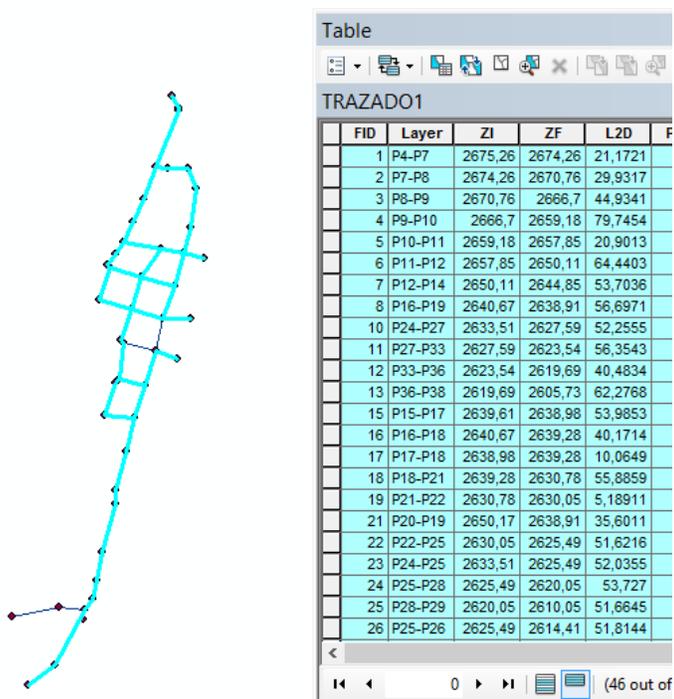


Figura 40. Respuesta, tubería con diámetro de 8".

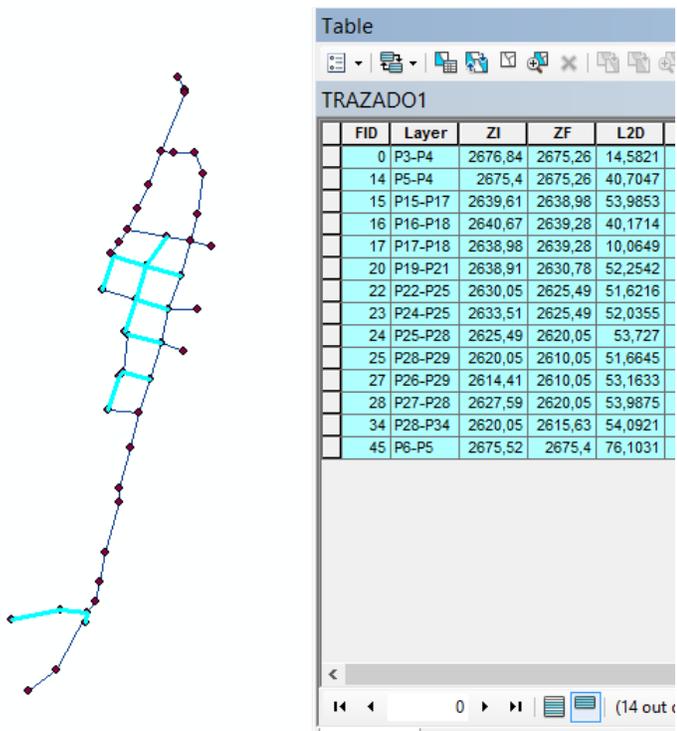


Figura 41. Respuesta, tubería en PVC

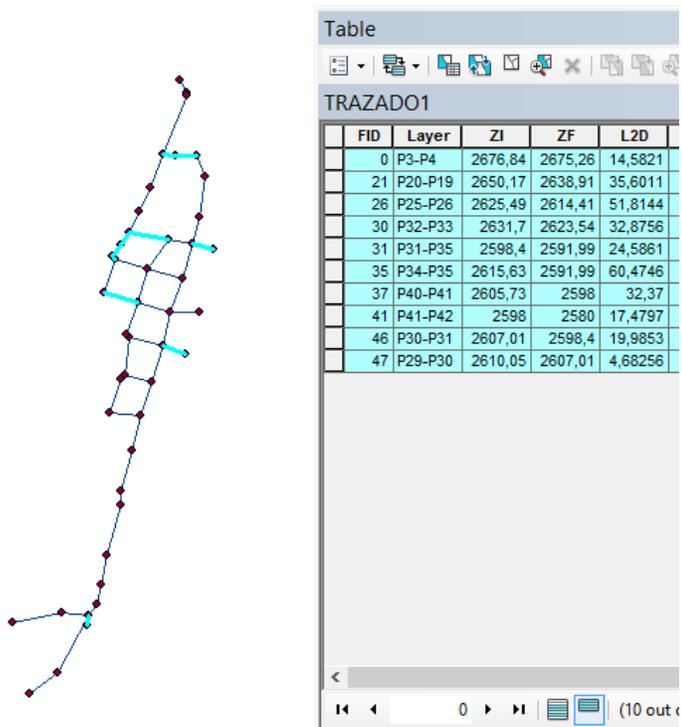


Figura 42. Respuesta, pendiente mayor a 20%.

De esta manera se tiene una información completa a cerca de los elementos que conforman los sistemas de acueducto y alcantarillado del municipio de Mutiscua y es fácilmente accesible al personal que la necesite.

5. Conclusiones

Se adquirieron conocimientos en lo que concierne a la elaboración de un catastro de redes, además, de aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes áreas de la formación académica; por otra parte, se adquirió destreza en el manejo de softwares como ArcGIS, EPANET y SWMM.

Se hace un gran aporte al municipio de Mutiscua con el que a futuro pueden generar diferentes proyectos de inversión y tener mejor manejo de los sistemas de acueducto y alcantarillado ya que se suministra información y recomendaciones significativas acerca de los elementos y funcionamiento de las redes.

Por medio del levantamiento topográfico se pudo determinar que, debido a lo montañoso del terreno, se manejan pendientes que ascienden hasta al 60%, lo cual es un factor de gran influencia en el funcionamiento de las redes de acueducto y alcantarillado.

En algunos de los pozos que conforman el sistema de alcantarillado se observan diferencias de altura mayores a 0.75m por lo que se requiere de la construcción de obras complementarias como cámaras de caída para la reducción de energía.

Se evidencio que las tuberías que conforman las redes de acueducto y alcantarillado no cumplen con los requisitos estipulados por la normatividad vigente, puesto que no cuentan en su totalidad con los diámetros mínimos ni materiales requeridos tanto para el sistema de agua potable como para el sistema de alcantarillado; siendo estos de 8" para la red de aguas residuales, donde se encuentran tuberías con diámetro de 6" y 3" para la red de agua potable donde se tiene una gran parte de la red con tubería de 2".

Por medio de la simulación del sistema de acueducto en EPANET se observa que la red no cumple con las presiones máximas permitidas por la resolución 0330 del 8 de junio de 2017; por

lo que se hace la implementación de una válvula reductora de presiones con la que se logra llevar la presión a una aceptable, es decir, por debajo de los 50 m.c.a. en más del 90% del área de abastecimiento.

En la simulación del sistema de alcantarillado se puede ver que funciona de manera adecuada a pesar de contar con pendientes bruscas que generan velocidades altas pero aceptables para las condiciones del terreno según la resolución 0330 del 8 de junio de 2017.

6. Recomendaciones

Implementar una válvula reductora de presión en la red de acueducto en el punto con coordenadas 1146877.68E, 1299130.36N; para evitar la el daño de tuberías por exceso de presión, la cual evitará que se presenten rupturas en la red en los puntos más bajos.

Instalar en la red de agua potable válvulas de ventosa, necesarias para la evacuación del aire que tiende a acumularse en puntos altos, dado el caso, cerca de los nodos 18 y 19 de la red; así como válvulas de purga para facilitar el mantenimiento y evitar taponamiento en los puntos más bajos de la red por acumulación de sedimentos, oportunamente cerca de los 11, 17 y 20.

Cambiar la tubería de PVC de 2” del sistema de acueducto, comprendida en todos los tramos que se encuentran fuera de la red principal o red matriz por una de 3” puesto que la normativa así lo exige, además, garantizaría un mejor funcionamiento y servicio de la red, disminuyendo perdidas en el sistema.

Realizar cámaras de caída en algunos pozos de inspección con diferencia de nivel mayor a 0.75 m.

Rediseñar pozos con profundidades menores a 1.40 m, puesto que no están cumpliendo con la normatividad y por ende las tuberías tampoco se encuentran a la profundidad mínima requerida en vías que es de 1.20 m, lo que ocasiona daños en las tuberías e infiltraciones mayores.

Revisar el estado de los hidrantes periódicamente en un lapso no mayor a seis meses.

7. Bibliografía

Acodal. (s.f.). Obtenido de <http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/>

ArcGIS, L. (s.f.). *Learn ArcGIS*. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/related-concepts/digital-elevation-models.htm>

Desktop, A. (s.f.). *ArcGIS Desktop*. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-slope.htm>

Desktop, A. f. (s.f.). Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/gdb-architecture/the-geodatabase-is-object-relational.htm>

Ecured. (s.f.). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Alcantarillado>

EPA. (s.f.). Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>

EPA. (s.f.). *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos* . Obtenido de <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

GMF. (2005). SWMM modelo de gestión de aguas pluviales .

ITA. (s.f.). ITA. Obtenido de <https://www.epacad.com/epacad-es.php>

Lewis A. Rossman, W. S. (2017). Epanet 2.0 en español.

Martinez, S. F. (2005). WaybackMachine. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20070303100530/http://traianus.rediris.es/textos/presas02.pdf>

mineduccion. (s.f.). *MINEducacion*. Obtenido de SIG-GEO: <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-190610.html>

Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>

normativa vigente RAS-2000 versión 2016 . (s.f.). En J. m. mendez.

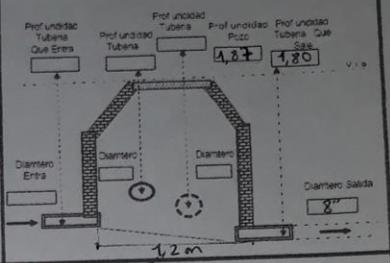
S.A, I. e. (s.f). *Catastro y Levantamiento de Redes*. Obtenido de <http://sgingenieriaeductos.com/catastro-y-levantamiento-de-redes/>

8. Anexos



Catastro de la Red de Alcantarillado
 Universidad de Pamplona
 Facultad de Ingenierías y Arquitectura
 Ingeniería Civil

Mutiscua Norte de Santander
 2019



Información de la Tapa

Diámetro de la tapa: 54 cm Altura de la tapa: 2,5 cm

Rasante Vía Andén Otro: _____

Material Rasante Concreto Asfalto Tierra Otro: _____

Tuberías			Año de Instalación		Viene del	Va para el
N°	Elemento	Código	Diámetro	Material	Pozo	Pozo
1			8"	Gres	1	2

Características del Pozo

N° Pozo: 1

Tipo de tapa	Estado	Posibilidad de apertura	Tipo de Pozo	Drenaje	Estado del Pozo	Localización de Defectos	Condición del Pozo
Hierro <input checked="" type="checkbox"/>	Buena <input checked="" type="checkbox"/>	Si <input checked="" type="checkbox"/>	Con cono <input checked="" type="checkbox"/>	Bueno <input checked="" type="checkbox"/>	Bueno <input checked="" type="checkbox"/>	Aro <input type="checkbox"/>	Limpio <input checked="" type="checkbox"/>
Concreto <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Sin cono <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Paredes <input type="checkbox"/>	Obstruido <input type="checkbox"/>
Sin tapa <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>		Caja <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Cañuela <input type="checkbox"/>	Sedimentado <input type="checkbox"/>
							Colmatado <input type="checkbox"/>

Tipo de Sedimento	Altura del Sedimento	Estado de la Cañuela	Condición de Escalones	Estado Físico del Pozo	Observaciones:
Piedra <input type="checkbox"/>		Bueno <input checked="" type="checkbox"/>	Bueno <input checked="" type="checkbox"/>	Perdido <input type="checkbox"/>	
Lodo <input type="checkbox"/>		Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Realzar Pozo <input type="checkbox"/>	
Arena <input type="checkbox"/>		Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Encima de la Rasante <input type="checkbox"/>	
Basura <input type="checkbox"/>		No tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Relleno Lateral <input type="checkbox"/>	

Elaboro: _____ Reviso: _____ Actualizo: _____

Anexo 1. Formato debidamente diligenciado.

ID NODO	AREA		Poblacion	Caudal (Q)
	(m2)	(Ha)	Habitantes	(L/s)
n1	2.507,070	0,25	959	0,09
n2	7.340,924	0,73	2808	0,25
n3	3.824,835	0,38	1463	0,13
n4	7.807,325	0,78	2986	0,27
n5	11.006,461	1,10	4210	0,38
n6	638,061	0,06	244	0,02
n7	9.036,340	0,90	3456	0,31
n8	976,677	0,10	374	0,03
n9	1.156,267	0,12	442	0,04
n10	4.103,465	0,41	1570	0,14
n11	3.073,810	0,31	1176	0,10
n12	815,620	0,08	312	0,03
n13	2.256,375	0,23	863	0,08
n14	3.407,450	0,34	1303	0,12
n15	2.606,525	0,26	997	0,09
n16	3.110,555	0,31	1190	0,11
n17	2.653,080	0,27	1015	0,09
n18	1.194,870	0,12	457	0,04
n19	1.203,025	0,12	460	0,04
n20	2.473,660	0,25	946	0,08
n21	2.001,060	0,20	765	0,07
n22	1.502,690	0,15	575	0,05
n23	6.490,495	0,65	2483	0,22
n24	476,755	0,05	182	0,02
n25	4.739,225	0,47	1813	0,16
n26	353,915	0,04	135	0,01

Anexo 2. Demanda base para cada uno de los nodos.

CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO																	
Tramo	AREA TRIBUTADA (ha)			DOMESTICO Qd			TOTAL	CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)			INFILTRACION		QERRADAS		CAUDAL DE DISEÑO (L/s)		
	Propia	acumulada	%Area	en poblacion hab/h	Poblacion	L/s. ha	%Area	L/s. ha	Qmd(L/s)	F	QMH (L/s)	L/s/ha	L/s	L/s/ha	L/s	calculo	Adoptado
P1-P2	0.180	0.180	0	131	24	0.020	0	0.020	0.020	3.0	0.06	0.3	0.05	0.2	0.04	0.15	1.50
P2-P4	0.220	0.400	0	131	52	0.044	0	0.044	0.044	3.0	0.13	0.3	0.12	0.2	0.08	0.33	1.50
P3-P4	0.020	0.020	0	131	3	0.002	0	0.002	0.002	3.0	0.01	0.3	0.01	0.2	0.00	0.02	1.50
P6-P5	0.102	0.102	0	131	13	0.011	0	0.011	0.011	3.0	0.03	0.3	0.03	0.2	0.02	0.08	1.50
P5-P4	0.098	0.200	0	131	26	0.022	0	0.022	0.022	3.0	0.07	0.3	0.06	0.2	0.04	0.17	1.50
P4-P7	0.100	0.720	0	131	94	0.079	0	0.079	0.079	3.0	0.24	0.3	0.22	0.2	0.14	0.60	1.50
P7-P8	0.210	0.930	0	131	122	0.102	0	0.102	0.102	3.0	0.30	0.3	0.28	0.2	0.19	0.77	1.50
P8-P9	0.350	1.280	0	131	168	0.140	0	0.140	0.140	3.0	0.42	0.3	0.38	0.2	0.26	1.06	1.50
P9-P10	0.260	1.540	0	131	202	0.168	0	0.168	0.168	3.0	0.50	0.3	0.46	0.2	0.31	1.27	1.50
P10-P11	0.100	1.640	0	131	215	0.179	0	0.179	0.179	3.0	0.54	0.3	0.49	0.2	0.33	1.36	1.50
P11-P12	0.420	2.060	0	131	270	0.225	0	0.225	0.225	3.0	0.67	0.3	0.62	0.2	0.41	1.70	1.70
P12-P14	0.320	2.380	0	131	312	0.260	0	0.260	0.260	3.0	0.78	0.3	0.71	0.2	0.48	1.97	1.97
P14-P16	0.150	2.530	0	131	332	0.276	0	0.276	0.276	3.0	0.83	0.3	0.76	0.2	0.51	2.09	2.09
P16-P19	0.130	2.660	0	131	349	0.291	0	0.291	0.291	3.0	0.87	0.3	0.80	0.2	0.53	2.20	2.20
P20-P19	0.150	0.150	0	131	20	0.016	0	0.016	0.016	3.0	0.05	0.3	0.05	0.2	0.03	0.12	1.50
P19-P24	0.150	2.960	0	131	388	0.323	0	0.323	0.323	3.0	0.97	0.3	0.89	0.2	0.59	2.45	2.45
P23-P24	0.100	0.100	0	131	13	0.011	0	0.011	0.011	3.0	0.03	0.3	0.03	0.2	0.02	0.08	1.50
P24-P27	0.120	3.180	0	131	417	0.347	0	0.347	0.347	3.0	1.04	0.3	0.95	0.2	0.64	2.63	2.63
P27-P33	0.140	3.320	0	131	435	0.363	0	0.363	0.363	3.0	1.09	0.3	1.00	0.2	0.66	2.75	2.75
P32-P33	0.110	0.110	0	131	14	0.012	0	0.012	0.012	3.0	0.04	0.3	0.03	0.2	0.02	0.09	1.50
P33-P36	0.100	3.530	0	131	463	0.386	0	0.386	0.386	3.0	1.16	0.3	1.06	0.2	0.71	2.92	2.92
P36-P38	0.220	3.750	0	131	491	0.410	0	0.410	0.410	3.0	1.23	0.3	1.13	0.2	0.75	3.10	3.10
P38-P40	0.980	4.730	0	131	620	0.517	0	0.517	0.517	3.0	1.55	0.3	1.42	0.2	0.95	3.91	3.91
P40-P41	0.063	4.793	0	131	628	0.523	0	0.523	0.523	3.0	1.57	0.3	1.44	0.2	0.96	3.97	3.97

Anexo 3. Tabla de cálculo de alcantarillado.

Tipo		Camara	Coordenadas cámara inicial		Coordenadas cámara final		Área tributaria aguas residuales		Densidad poblacional		Número viviendas asociadas al proyecto		Área tributaria aguas lluvias		Impermeabilidad		Cota terreno		Cota batea e eta de cámara		Velocidad real supuesta	Punto mas alejado	Pendiente	Diámetro interno	Caudal residual	
Inicial	Final		Norte	Este	Norte	Este	Propia	Otra	Propia	Otra	Propia	Otra	Propia	Otra	Propia	Otra	Inicial	Final	Inicial	Final	Copet	Distancia	Im/m	Pt	DI	Q[Res]
CL	CF	CNCI	CECI	CNCF	CECF	ARB	ARO	DPP	DPO	VP	ALLP	ALLO	Var coeficientes	CTI	CTF	CEI	CEF	CEI	CEF	VRS	LT	PT	DI	Q[Res]		
1	2	1298709.97	1146710.63	1298740.89	1146751.7746	0.18								2690.68	2690.10	2688.68	2688.22							182	1.50	
2	4	1298740.89	1146751.77	1298828.54	1146799.0906	0.22								2690.10	2675.26	2688.20	2671.78							182	1.50	
3	4	1298814.13	1146796.85	1298828.54	1146799.0906	0.02								2676.84	2675.26	2676.31	2673.35							182	1.50	
6	8	1298817.16	1146884.07	1298832.6	1146758.5896	0.10								2675.52	2675.40	2674.52	2673.57							182	1.50	
5	4	1298832.6	1146758.59	1298828.54	1146799.0906	0.10								2675.40	2675.26	2673.45	2673.35							182	1.50	
4	7	1298828.54	1146799.09	1298845.13	1146812.2346	0.21								2675.26	2674.26	2670.40	2669.73							182	1.50	
7	8	1298845.13	1146812.23	1298874.54	1146817.8356	0.10								2674.26	2670.76	2669.32	2668.52							182	1.50	
8	9	1298874.54	1146817.84	1298918.69	1146826.1826	0.35								2670.76	2666.70	2668.46	2664.52							182	1.50	
9	10	1298918.69	1146826.18	1298995.32	1146848.2686	0.26								2666.70	2659.18	2664.32	2656.98							182	1.50	
10	11	1298995.32	1146848.27	1299016.19	1146847.2826	0.10								2659.18	2657.86	2656.04	2656.44							182	1.50	
11	12	1299016.19	1146847.28	1299078.44	1146863.9406	0.42								2657.86	2650.11	2655.34	2647.30							182	1.50	

Anexo 4. Procesamiento de datos para exportar a SWMM.



Anexo 5. Levantamiento topográfico



Anexo 6. Toma de datos.



Anexo 7. Inspección de pozos.



Anexo 8. Pozo de inspección.