



**CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE DATOS PARA LA GENERACIÓN DEL  
CATASTRO NECESARIO PARA UN MODELO HIDRÁULICO DE REDES  
SANITARIO Y PLUVIALES EN EL MUNICIPIO DE SOCORRO, SANTANDER  
(COLOMBIA), 2022**

Modalidad:  
**Proyecto de Investigación**

WILSON CHAPARRO MARÍN  
C.C 91.255.728

DIEGO FABIAN VILLAMIZAR HERNÁNDEZ  
C.C 1.098.728.979

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
BUCARAMANGA 6 DE DICIEMBRE DE 2022**



**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Topógrafo**

**DIRECTORA**  
CLARA INÉS TORRES VÁSQUEZ

Grupo de investigación – GRIMAT

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
BUCARAMANGA 6 DE DICIEMBRE DE 2022**

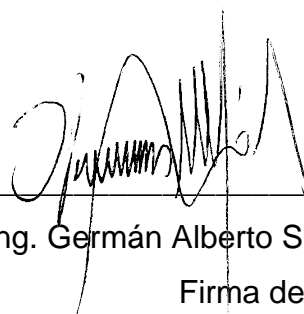
Nota de Aceptación

El proyecto de grado cumple con todos los criterios e indicadores de evaluación.

Aprobado según acta #18 del 6 de diciembre de 2022

---

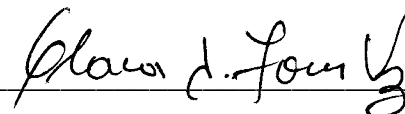
---



---

Ing. Germán Alberto Suárez Arias  
Firma del Evaluador

Scanned by CamScanner



---

M.Sc Clara Inés Torres Vásquez  
Firma del Director

## **DEDICATORIA**

A mi Dios, primeramente, a mi amada Esposa Alexandra Ramírez Ortiz, a mis hijos por ser el motor de mi vida, el apoyo para lograr lo inalcanzable, ellos me han dado las más grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

A mi madre que con sus santas oraciones guio mis momentos de dificultad, a mis sobrinas y hermanos quienes me alentaron a alcanzar mis metas.

(Chaparro M. Wilson)

Agradezco ante todo a Dios por darme la vida, a mi madre y mi padre (QEPD) por ser el motor que me impulsa a seguir creciendo diariamente como persona y profesional, a mis hermanos, a mi familia en general. Agradecer a Alexandra Ramírez y Wilson Chaparro que me brindaron su colaboración en todo momento, y llegar a donde estoy hoy en día.

(Villamizar H. Diego Fabián)

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la universidad Unidades Tecnológicas de Santander que nos dio la bienvenida al mundo académico y la oportunidad de alcanzar mis grandes logros, a nuestros maestros la ingeniera Clara Inés Torres Vásquez, al ingeniero German Alberto Suarez Arias, al magister Ricardo Lozano Botache, al arquitecto Reynaldo Álvarez León, al ingeniero Carlos Esteban Mora Chaves, Al ingeniero Jonathan Aponte Sanabria, quienes hicieron parte de este proceso de formación integral, que dejan como producto terminado este grupo de graduados.

A nuestros compañeros y amigos Ernesto Barajas y Liliana Correa quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, logrando conformar un grupo de estudio con bases sólidas y respetuosas.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>                           | <b>13</b> |
| <b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>                                | <b>14</b> |
| <b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</u></b> | <b>15</b> |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                          | 15        |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....                                       | 16        |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                           | 17        |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                                  | 17        |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                              | 17        |
| 1.4. ESTADO DEL ARTE .....                                     | 18        |
| <b><u>2. MARCO REFERENCIAL .....</u></b>                       | <b>23</b> |
| 2.1. MARCO TEÓRICO .....                                       | 23        |
| 2.1.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....                         | 23        |
| 2.1.2. CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO .....               | 25        |
| 2.1.3. BASES DE DATOS GEOGRÁFICA .....                         | 25        |
| 2.1.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....                  | 27        |
| 2.1.5. DATOS GEOGRÁFICOS .....                                 | 28        |
| 2.1.6. CAPA GEOGRÁFICA .....                                   | 28        |
| 2.1.7. TOPOLOGÍA .....                                         | 30        |
| 2.1.8. TOPOLOGÍA DE RED .....                                  | 31        |

|             |                                                                                 |           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.9.      | HIDRÁULICA.....                                                                 | 31        |
| 2.1.10.     | MODELO HIDRÁULICO .....                                                         | 31        |
| <b>2.2.</b> | <b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>                                                    | <b>32</b> |
| 2.2.1.      | GENERALIDADES .....                                                             | 32        |
| 2.2.2.      | GEODATABASE .....                                                               | 34        |
| 2.2.3.      | RED SANITARIA .....                                                             | 35        |
| <b>2.3.</b> | <b>MARCO LEGAL .....</b>                                                        | <b>36</b> |
| 2.3.1.      | RESOLUCIÓN 0501 DE 04 DE AGOSTO DE 2017 .....                                   | 36        |
| 2.3.2.      | RESOLUCIÓN 0330 DE 08 DE AGOSTO DE 2017 .....                                   | 37        |
| 2.3.3.      | DECRETO 1688 DE 2020 (DICIEMBRE 17).....                                        | 37        |
| <b>2.4.</b> | <b>MARCO AMBIENTAL .....</b>                                                    | <b>37</b> |
| <b>3.</b>   | <b><u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u></b>                                   | <b>39</b> |
| <b>4.</b>   | <b><u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>                              | <b>42</b> |
| 4.1.        | MUNICIPIO DEL SOCORRO.....                                                      | 42        |
| 4.2.        | POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO .....                                       | 43        |
| 4.3.        | RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO .....                                       | 44        |
| 4.3.1.      | GEORREFERENCIACIÓN .....                                                        | 45        |
| 4.3.2.      | OBTENCIÓN DE BASE DE DATOS CON COORDENADAS (NP, N, E,<br>C Y DESCRIPCIÓN) ..... | 47        |
| 4.3.3.      | INSPECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....                                 | 49        |
| <b>4.4.</b> | <b>ALMACENAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D Y ARCGIS.</b>                    |           |
|             | <b>53</b>                                                                       |           |
| 4.4.1.      | ALMACENAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D.....                                | 53        |
| 4.4.2.      | ALMACENAMIENTO DE DATOS EN GEODATABASE (GDB) .....                              | 59        |
| <b>5.</b>   | <b><u>RESULTADOS.....</u></b>                                                   | <b>76</b> |

|             |                                                           |            |
|-------------|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.1.</b> | <b>CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO .....</b>               | <b>76</b>  |
| 5.1.1.      | EXPORTACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE<br>76 |            |
| 5.1.2.      | IMPORTACIÓN DE LOS ARCHIVOS LANDXML .....                 | 79         |
| 5.1.3.      | ERRORES TOPOLÓGICOS.....                                  | 80         |
| <b>5.2.</b> | <b>CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO BASE .....</b>          | <b>82</b>  |
| 5.2.1.      | ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....                               | 82         |
| 5.2.2.      | CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES O SANITARIAS.....              | 83         |
| 5.2.3.      | PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERIODOS DE DISEÑO.....      | 84         |
| 5.2.4.      | PERIODOS DE DISEÑO Y POBLACIÓN ACTUAL .....               | 86         |
| 5.2.5.      | MÉTODO DE CÁLCULO DE POBLACIÓN .....                      | 86         |
| 5.2.6.      | ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO SANITARIO O RESIDUAL.      | 90         |
| 5.2.7.      | CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS O PLUVIAL .....                   | 96         |
| 5.2.8.      | ÁREAS AFERENTES. ....                                     | 96         |
| 5.2.9.      | CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....                          | 98         |
| 5.2.10.     | ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN .....                        | 98         |
| 5.2.11.     | CURVAS IDF .....                                          | 102        |
| 5.2.12.     | TORMENTA DE DISEÑO .....                                  | 105        |
| 5.2.13.     | PERIODO DE RETORNO.....                                   | 107        |
| 5.2.14.     | MÉTODO RACIONAL PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES .....         | 108        |
| 5.2.15.     | CAUDAL DE DISEÑO PLUVIAL.....                             | 110        |
| <b>5.3.</b> | <b>MODELO HIDRÁULICO SANITARIO .....</b>                  | <b>112</b> |
| 5.3.1.      | CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS SEWERGEMS.....                | 112        |
| 5.3.2.      | ASIGNACIÓN DE CAUDALES SANITARIOS .....                   | 113        |
| 5.3.3.      | CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO SANITARIO .....            | 118        |
| <b>5.4.</b> | <b>MODELO HIDRÁULICO PLUVIAL .....</b>                    | <b>122</b> |
| 5.4.1.      | ASIGNACIÓN DE CAUDALES PLUVIAL .....                      | 122        |



F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, ENTREGABLES Y COMUNICACIÓN

VERSIÓN: 1.0

|           |                                                |                   |
|-----------|------------------------------------------------|-------------------|
| 5.4.2.    | CREACIÓN MODELO HIDRÁULICO PLUVIAL.....        | 123               |
| <b>6.</b> | <b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>               | <b><u>127</u></b> |
| <b>7.</b> | <b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>            | <b><u>129</u></b> |
| <b>8.</b> | <b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b> | <b><u>130</u></b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Capas de Información geográfica.....                          | 29 |
| <b>Figura 2.</b> Modelo Ráster.....                                            | 29 |
| <b>Figura 3.</b> Modelo Vector.....                                            | 30 |
| <b>Figura 4.</b> Diseño de Investigación.....                                  | 41 |
| <b>Figura 5.</b> Ubicación del Municipio del Socorro, nivel departamental..... | 43 |
| <b>Figura 6.</b> Pirámide poblacional.....                                     | 44 |
| <b>Figura 7.</b> Información de punto de geodésico del IGAC.....               | 45 |
| <b>Figura 8.</b> GPS-S-T -129 materializado por IGAC.....                      | 46 |
| <b>Figura 9.</b> Red geodésica creada en placas de aluminio.....               | 46 |
| <b>Figura 10.</b> Ficha y punto geodésico.....                                 | 47 |
| <b>Figura 11.</b> Levantamiento topográfico.....                               | 48 |
| <b>Figura 12.</b> Asignación de ID a cada pozo.....                            | 49 |
| <b>Figura 13.</b> Toma de profundidad de pozos.....                            | 50 |
| <b>Figura 14.</b> Detalle para conocer el diámetro de tubería.....             | 50 |
| <b>Figura 15.</b> Detalle para conocer la batea del pozo.....                  | 51 |
| <b>Figura 16.</b> Estado de pozo y sus características.....                    | 51 |
| <b>Figura 17.</b> Software AutoCAD Civil 3D.....                               | 54 |
| <b>Figura 18.</b> Catálogo de estructuras y tuberías.....                      | 55 |
| <b>Figura 19.</b> Estilos de Estructuras.....                                  | 56 |
| <b>Figura 20.</b> Estilo de Tuberías.....                                      | 57 |
| <b>Figura 21.</b> Etiquetas Estructuras y Tuberías.....                        | 58 |
| <b>Figura 22.</b> Programación de etiquetas.....                               | 58 |
| <b>Figura 23.</b> Exportación de datos a Storm Sewer.....                      | 77 |
| <b>Figura 24.</b> Configuración del proyecto.....                              | 78 |
| <b>Figura 25.</b> Importación Formato LandXML.....                             | 79 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 26.</b> Características elementos de la red de alcantarillado existente. ....        | 80  |
| <b>Figura 27.</b> Reporte de errores. ....                                                     | 81  |
| <b>Figura 28.</b> Errores Topológicos. ....                                                    | 82  |
| <b>Figura 29.</b> Catastro urbano del municipio del Socorro. ....                              | 84  |
| <b>Figura 30.</b> Áreas aferentes del municipio del Socorro. ....                              | 97  |
| <b>Figura 31.</b> Estación climatológica adyacente al proyecto. ....                           | 100 |
| <b>Figura 32.</b> Regiones de Colombia para definición de parámetros a, b, c y d. ....         | 104 |
| <b>Figura 33.</b> Curvas IDF para la estación El Cucharó. ....                                 | 105 |
| <b>Figura 34.</b> Coeficiente de escorrentía para el método racional. ....                     | 109 |
| <b>Figura 35.</b> Configuración de parámetros. ....                                            | 113 |
| <b>Figura 36.</b> Unión espacial de suscriptores a pozos. ....                                 | 114 |
| <b>Figura 37.</b> Búsqueda de estructuras para la asignación del caudal sanitario. ....        | 118 |
| <b>Figura 38.</b> Asignación de la sumatoria del caudal sanitario. ....                        | 119 |
| <b>Figura 39.</b> Reporte de confiabilidad. ....                                               | 120 |
| <b>Figura 40.</b> Modelo hidráulico sanitario del sistema de alcantarillado existente<br>..... | 121 |
| <b>Figura 41.</b> Asignación de estructuras a áreas aferentes. ....                            | 122 |
| <b>Figura 42.</b> Unión espacial áreas aferentes y estructuras. ....                           | 123 |
| <b>Figura 43.</b> Asignación de caudal pluvial a estructuras. ....                             | 124 |
| <b>Figura 44.</b> Asignación de caudal pluvial al software. ....                               | 124 |
| <b>Figura 45.</b> Reporte de confiabilidad. ....                                               | 125 |
| <b>Figura 46.</b> Modelo hidráulico pluvial, del sistema de alcantarillado existente. ....     | 126 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1.</b> Información procesada obtenida en campo. ....                        | 49  |
| <b>Tabla 2.</b> Ficha para caracterizar los pozos según observación.....             | 52  |
| <b>Tabla 3.</b> Censo y proyección DANE para el municipio del Socorro.....           | 85  |
| <b>Tabla 4.</b> Método de cálculo de población.....                                  | 87  |
| <b>Tabla 5.</b> Cálculos Método Aritmético .....                                     | 88  |
| <b>Tabla 6.</b> Cálculos Método Geométrico.....                                      | 88  |
| <b>Tabla 7.</b> Cálculos Método Exponencial.....                                     | 89  |
| <b>Tabla 8.</b> Dotación neta máxima .....                                           | 91  |
| <b>Tabla 9.</b> Caudal de diseño para el municipio del Socorro, Santander.....       | 94  |
| <b>Tabla 10.</b> Caudal de diseño para las estructuras existentes del proyecto.....  | 94  |
| <b>Tabla 11.</b> Tabla de Precipitación municipio del Socorro. ....                  | 99  |
| <b>Tabla 12.</b> Tabla de Precipitación estación Cucharó municipio de Pinchote. .... | 99  |
| <b>Tabla 13.</b> Valores de precipitación máximos .....                              | 100 |
| <b>Tabla 14.</b> Parámetros de ajuste de regresión regionalizados en Colombia....    | 103 |
| <b>Tabla 15.</b> Diseño de caudal o tormenta, estación El Cucharó.....               | 106 |
| <b>Tabla 16.</b> Periodos de retorno. ....                                           | 107 |
| <b>Tabla 17.</b> Caudal de diseño para Estructuras Existentes.....                   | 110 |
| <b>Tabla 18.</b> Tabla Unión espacial, suscriptor y estructura.....                  | 115 |
| <b>Tabla 19.</b> Sumatoria de caudal sanitario.....                                  | 116 |

## RESUMEN EJECUTIVO

En el actual documento se presenta una propuesta en la que, a partir de una investigación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en el municipio del Socorro Santander, se logró identificar que en su gran mayoría está conformado por un sistema de alcantarillado combinado. El catastro de redes surge por la contaminación de las fuentes hídricas que circundan los cascos urbanos y muchos otros aspectos de riesgos para las comunidades, en los diferentes municipios. Se propone la creación de una base de datos “Geodatabase”, herramienta que permite a las empresas de servicios tener de primera mano la información de todo el sistema de redes sanitarias, pluviales y sus posibles soluciones, brindando de esta manera un servicio básico de saneamiento digno.

Este modelo hidráulico es una herramienta diseñada metodológicamente con la información obtenida en campo, del catastro de redes sanitarias y pluviales en el que se identifican los puntos con mayor dificultad de funcionamiento, la solución y actualización de la base de datos “Geodatabase”, es un plan piloto que puede ser aplicado a cualquier municipio, basados en la recolección de información catastral acertada y aplicando todos y cada uno de los ítems necesarios para conformar la base de datos.

**PALABRAS CLAVE.** Geodatabase, catastro, alcantarillado sanitario y pluvial, combinado y redes.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las poblaciones en los municipios de Colombia, se está presentando de manera exponencial, ya sea por los desplazamientos rurales o por la búsqueda de mejores oportunidades en los centros poblados, generando grandes retos en el manejo de los servicios públicos, las redes de alcantarillado sanitario y pluvial que, en gran parte de los municipios tienen obsolescencia, en toda su infraestructura, pero aún más preocupante, es que carecen de plantas de tratamiento generando contaminación en las diferentes fuentes hídricas que atraviesan los municipios y necesitan con suma urgencia una reposición y diseño de plantas de tratamiento (PTAR) para soportar la gran exigencia a la que está sometida.

El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en su gran mayoría las redes que se encuentran combinadas, se han empezado a construir de manera separada para evacuar aguas servidas domésticas y/o industriales hacia las plantas de tratamiento (PTAR) y las aguas lluvias hacia corrientes de agua, como cañadas, quebradas, ríos etc. Esto ha provocado un impacto en la prestación del servicio, contaminación de fuentes de escorrentías y, por consiguiente, en la calidad de vida de sus habitantes.

Para responder a estas necesidades y a partir de una investigación rigurosa en el sistema de alcantarillado que conforma el Municipio del Socorro se ha desarrollado una base de datos “Geodatabase” mediante la sistematización de un modelo hidráulico que permita ser parte de la solución del problema de catastro de redes pluvial y sanitaria en dicho municipio. Específicamente se trata de una herramienta diseñada metodológicamente en el que se involucra el sistema actual de redes y una respuesta a la solución en la que el usuario fácilmente identifique los puntos neurálgicos y que además tenga la solución al problema, ya solucionado el problema pueda actualizar la base de datos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los municipios que conforman nuestro territorio hay carencias o dificultades en sus catastros existentes de servicios públicos, las entidades que prestan este servicio no cuenta con personal calificado o recursos, para realizar las actualizaciones de sus catastros correspondientes, para el municipio de del Socorro por medio de Empresa De Servicio Públicos De Santander S.A. E.S.P mediante del decreto departamental N° 0284 de 2013 y como gestor del PAP-PDA le corresponde atender programas relacionados en el sector de agua potable y de saneamiento básico, como también por medio del decreto 1077 de 2015, concierne la implementación y ejecución del Plan departamental para el manejo Empresarial de los servicios de Agua y Saneamiento – PDA.

Actualmente el municipio y la empresa de aguas del socorro S.A. E.S.P. no dispone del catastro de redes de alcantarillado del municipio, como insumo básico para la formulación del plan Maestro de Alcantarillado de Casco Urbano, así como la reposición técnica y ordenada de las redes de alcantarillado

Al no poseer un catastro actualizado y la continuidad del mismo, se dificulta la identificación de las redes y los planes de reposición de alcantarillado por falta de capacidad hidráulica existente en el municipio del Socorro.

¿Cuáles son los insumos necesarios para generar un modelo hidráulico real y actual de las redes sanitarias y pluvial del municipio del Socorro, Santander, en busca de la organización y elaboración del catastro de servicios públicos?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se propone, por la necesidad de actualizar el catastro de redes existentes de alcantarillado sanitaria y pluvial en el municipio del socorro, la resolución 330 de 2017 exigen a las entidades prestadoras de servicios públicos contar que sus catastros permanezcan actualizados. Para dar cumplimiento a dicha resolución y la posible solución para el municipio ya mencionado, que no cuenta con un catastro actualizado de sus redes de alcantarillado y dar solución a la problemática de que sistema cuenta, que diámetros de tubería, el número de pozos y las reposiciones por capacidad hidráulica que se podrían realizar a futuro, por cambio de material y conocer a que áreas de prestación de servicios se pueden expandir urbanísticamente y tener control de las edificaciones actuales, el tipo de pavimento que cuenta el municipio.

Para subsanar esta falencia, se genera una base de datos (Geodatabase) que contemple las características básicas del sistema de alcantarillado existente de dicho municipio como diámetros de tubería, longitudes de tubería, sistema correspondiente del alcantarillado, diámetro de pozos, tipo de superficie, etc. De igual manera, un archivo en Civil 3D que permita generar modelos predictivos de cómo se comporta el alcantarillado y sus condiciones hidráulicas, para realizar proyectos de reposición a futuro.

Este proyecto se entrega a la empresa prestadora de servicios público “Aguas del Socorro S.A E.S.P” que contará con una base de datos “Geodatabase” con las redes existente de alcantarillado y un modelo hidráulico en civil 3D, y será de gran importancia el insumo que se entrega porque podrán seguir actualizando su catastro de alcantarillado y no perder continuidad de él.

El presente proyecto de investigación se ha desarrollado teniendo en cuenta la línea de investigación de gestión territorial del grupo GRIMAT, aplicando los conocimientos de la ingeniería en topografía y brindando un aporte a la academia y



al sector externo, generando aquí una articulación entre la academia, la investigación y el sector externo, al conocer y aportar en la solución de problemas comunes en municipios como el Socorro, Santander.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Construir una base de datos “Geodatabase” sobre redes sanitarias y pluviales, mediante la sistematización de un modelo hidráulico que permita la solución del problema catastral, de las redes de alcantarillado sanitarias y pluviales en el municipio del Socorro Santander.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Clasificar la información existente y de campo, sobre las redes sanitarias y pluviales actuales en el municipio del Socorro Santander mediante la sistematización para el procesamiento de la misma.
- Organizar la información procesada por medio de un software, generando una base de datos de las redes actuales sanitarias y pluviales del municipio del Socorro Santander.
- Validar el catastro obtenido dentro el modelo hidráulico basados en el software para dar solución a problemas que se puedan generar en las redes de alcantarillado sanitaria y pluvial del municipio del Socorro Santander.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE

- **Panta Ramírez, V. G. (2017)**, realización de la investigación “Aplicación de una metodología y actualización del catastro técnico de alcantarillado en la EPS grúa s.a Piura – 2015” en Piura, Perú. A través de este estudio permite identificar las características básicas de la red existente de alcantarillado en Piura, Perú. La metodología utilizada, la recolección de información planimétrica, creación de fichas técnicas, validación, digitalización de las fichas técnicas y la migración de la información a un sistema de información geográfica.
- **Ministerio de desarrollo económico (17 de noviembre de 2000) Resolución N°1096**. La presente documentación técnico normativa señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expide en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles.
- **Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (08 de junio de 2017), Resolución 0330**. La presente resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseños, construcción, puesta en marcha, mantenimiento y continúa la resolución: “Por lo cual se adopta el

reglamento técnico el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”

- **Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (08 de junio de 2017), Resolución 0330.** Para la formulación de los proyectos deben realizarse estudios topográficos con un nivel de detalle y precisión de acuerdo con el tipo de obras que se proyecte. Para estudios de prefactibilidad, será suficiente la utilización de fotografías satelitales con verificación generales de campo que permitan visualizar la configuración topográfica de la zona de estudio. En los estudios de factibilidad será necesario realizar líneas clave de levantamientos planimétricos y altimétricos y sus correspondientes secciones transversales en con corredor de 15m que lleven a una precisión más detallada de la situación topográfica.
- **Ministerio de desarrollo económico (17 de noviembre de 2000) Resolución N°1096.** Todo proyecto de cualquier sistema del sector de agua potable y saneamiento básico debe llevar a cabo los estudios previos.
- **Super intendencia de servicios públicos Domiciliarios (14 de diciembre de 2010) Resolución SSPD 20101300048765.** En el artículo 4.4.1.33 las redes del sistema de alcantarillado en los procesos de recolección, transporte y disposición final se deberán reportar la información continua de sus totalidades de sus redes.

- **Plan director de agua y saneamiento básico, Visión estratégica 2018-2030**, Republica de Colombia, Ministerio de Vivienda, propuesta que propone estrategias y acciones a corto, mediano y largo plazo: Promover sistemas de información intersectoriales para la toma de decisiones con base en evidencia; Fortalecimiento institucional del sector desde una perspectiva amplia que comprende: la adecuación normativa para los retos actuales y futuros, un análisis crítico del arreglo organizacional del sector y la construcción de las capacidades empresariales de los prestadores; Articular las políticas públicas y la planificación del sector de agua potable y saneamiento básico entre diferentes niveles de gobierno y con otros sectores; Concientizar de una manera holística a los usuarios del agua para que reconozcan y valoren ambiental, social y económicamente, la disponibilidad de este recurso, y le den un uso eficiente y racional, y 5. Impulsar el uso de infraestructura sostenible, adaptada a las necesidades diferenciales de los territorios e implementación de tecnologías innovadoras y eficientes.
- **Giraldo Bueno, M. J. (2021)**. “Actualización del catastro de redes de servicios públicos acueducto y alcantarillado en los Municipios de Belalcázar, San José, Palestina y los corregimientos de Guarinocito y Arauca.” La proporción de la información fue otorgada por la Empresa de Obras Sanitarias de Caldas, (EMPOCALDAS). Para la fase de actualización del catastro de redes, fue necesario las modificaciones y las creaciones requeridas para la estructuración del diccionario

de atributos y la creación de una nueva base de datos, las cuales se parametrizan con las normatividades suministradas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. La metodología empleada fue reunir planos físicos y digitales que fue proporcionados por las entidades encargadas, la georreferenciación de los planos y la actualización de la base de datos. Se plantea como objetivo general, generar una metodología para la construcción de una base de datos enmarcado dentro de un catastro de redes, con los elementos que componen una red de alcantarillado existente. Empleando una metodología que se realiza en cinco etapas, la primera es la recolección y la depuración de la información de los planos récord, la segunda etapa es la migración de la información geográfica y atributiva de las redes de alcantarillado existente a un software SIG, tercera etapa la consolidación de la información en un Shape, la cuarta etapa la construcción de la base de datos y quinta etapa la Topología y la creación de la simbología

- **Gutiérrez Quintero, C., Quintero Gutiérrez, D. P., & Salas Gil, D. E. (2010).** “Diagnostico, generación base de datos y actualización del catastro y sistema de información geográfico (SIG) de las redes de alcantarillado para las zonas de drenaje de las quebradas Manizales, Miraflores y la soledad del municipio de Dosquebradas (Risaralda)”, trabajo de investigación para el diagnóstico y la actualización de datos de los sistemas de alcantarillado del Municipio Dosquebradas, Risaralda. Con la finalidad de identificar cada uno de sus

componentes del sistema de redes de alcantarillado y la elaboración de una base de datos para la simulación de un modelo hidráulico para determinar su comportamiento a futuro.

- **Plan de desarrollo Municipal, “El Socorro, La Ciudad de las oportunidades 2020-2023”, Municipio del Socorro.** Se plantea inicialmente el documento tanto el Marco Normativo que sirve de referencia para la elaboración de la planeación del territorio y los Principios Éticos, Valores y Enfoques que sirvieron como base para establecer las Estrategias, Programas de Desarrollo, objetivos generales y específicos. Contiene los componentes de Diagnostico, Estratégico, Financiero y Seguimiento.
- **Martínez Cortes, M. F., & Cardozo Núñez, J. L.** Metodología para la estructuración de un catastro de redes de acueducto y alcantarillado en un Software SIG para el Barrio Guacamayas.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado está conformado por un sistema de redes, accesorios y pozos que permite la recolección, transporte y evacuación de aguas residuales o domésticas, comerciales, industriales pluviales. Para su correspondiente manejo en plantas de tratamiento de agua residual.

“El sistema de alcantarillado se define como un conjunto de estructuras de tuberías y obras complementarias que reciben, evacuan, disponen aguas residuales producto de las actividades humanas o de la precipitación pluvial” (Cualla, 1995)

**2.1.1.1 Clasificación.** Un sistema de alcantarillado se puede clasificar dependiendo del tipo de recolección que transporta las tuberías de la red de alcantarillado, esta clasificación es:

- Alcantarillado Sanitario: Sistema de alcantarillado que recolecta y transporta aguas residuales domésticas, comerciales e industriales a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que permite el tratamiento de dichas aguas al medio ambiente.
- Alcantarillado Pluvial: Sistema de alcantarillado que recolecta y transporta las aguas lluvias generadas por la precipitación de la zona, a un punto de vertimiento de cauces de ríos o quebradas.
- Alcantarillado Combinado: Sistema de alcantarillado que recolecta y transporta aguas residuales, industriales y lluvias, a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), o a vertimientos de cauces de ríos o quebradas.

**2.1.1.2 Funcionamiento de un sistema de alcantarillado.** Para un buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado, es necesario contar con un catastro de redes de alcantarillado en óptimas condiciones que permita identificar su tipo de alcantarillado (sanitario, pluvial y combinado), la clasificación de cada elemento que conforma el sistema de alcantarillado, la densidad poblacional y los consumos de agua potable para determinar su capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado.

**2.1.1.3 Elementos de un sistema de alcantarillado.** Los elementos que conforma un sistema de alcantarillado son los siguientes:

- **Acometidas:** Son las conexiones domesticas que transportan las aguas residuales al sistema de alcantarillado para ser tratadas.
- **Pozos:** Son estructuras verticales en concreto o mampostería, que permiten el acceso para la inspección de las tuberías conectadas, estas estructuras son instaladas en distancias no tan largas y permite el cambio de dirección del sistema. Estas estructuras deberán ser totalmente impermeables.
- **Tuberías:** Conductos de diferentes materiales como PVC, concreto, gres, bóveda, acero, polietileno, etc. Que permite el transporte de aguas residuales o pluviales a los nodos de conexión de los pozos.
- **Sumideros:** Estructuras en concreto, de forma laterales o transversales que permite la recolección de las aguas lluvias, para redirigir al sistema de alcantarillado pluvial.
- **Colectores secundarios:** Es una red que se encarga de recolectar las aguas residuales domésticas, comerciales, industriales o lluvias, para redireccionar al colector principal, interceptor o emisor.
- **Colectores principales:** Es el encargado de recibir el caudal proveniente de los colectores secundarios, para transportarlo al interceptor o emisor. Están ubicados en las partes más baja del sistema de alcantarillado.



- **Interceptor:** Son las tuberías que reciben el flujo de dos o más colectores principales, para disponerlo al emisor.
- **Emisor:** las tuberías que transportan todo el caudal de las aguas negras, al sitio para su disposición o tratamiento.

### **2.1.2. CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO**

El catastro de redes de alcantarillado es un insumo primordial de la información existente que cuenta el Municipio del Socorro, que permite la clasificación cuantitativa y cualitativa de la red existente, como su ubicación exacta, profundidad, material, pendiente, etc. Con el fin de obtener el estado actual del sistema de alcantarillado y diagnosticar problemas de capacidad hidráulica de la red.

Es de suma importancia la actualización continua del catastro de redes de alcantarillado en el Municipio del Socorro. Para evitar incertidumbres de localización de pozos, fácil reposición de las tuberías, fácil operación y mantenimiento evitando posibles riesgos a la comunidad.

### **2.1.3. BASES DE DATOS GEOGRÁFICA**

Una base de datos geográfica es la agrupación de datos geográficos organizados, que permite la realización de un análisis y la gestión del territorio por medio de aplicaciones de sistemas de información geográficas.

La base de datos geográficas tiene como objetivo de la descripción de las entidades geográficas del mundo real, para la implementación de modelos por medio de entidades cartográficas como localización, atributos y topología.

**2.1.3.1 Estructura de una base de datos.** Para la creación de una base de datos geográficos se debe tener en cuenta tres componentes que son:

- Toma de información.
- Procesamiento de la información recopilada por medio de software.
- Representación de la información por medio de una base de datos.

### 2.1.3.2 Organización de la información geográfica.

- **Datos.** Un dato es una variable cuantitativa o cualitativa que identifica un valor que se asigna, se representa a través de símbolos, números o letras.
- **Base de datos.** La base de datos está conformada por un conjunto de datos clasificados a partir por unos criterios de almacenamiento, con la finalidad de consultar de una manera simple y rápida. Los datos se pueden generar de forma automática y acumulativa por medio de programas informáticos y/o manuales. Los datos ingresados pueden ser de diversos dependiendo de la información acumulada en la base de datos.
- **Tipos de datos.** Para crear una base de datos es indispensable determinar el tipo o la categoría correspondiente de los datos a trabajar, cada dato específico se manipula de una manera diferente para obtener los resultados esperados.

#### **Numérico**

**Entero:** Tipo de dato que escoge una variable numérica que no cuenta parte decimal.

**Real:** Tipo de dato que escoge una variable numérica que cuenta parte decimal.

#### **Texto**

**Carácter:** Tipo de dato que conforma una unidad o símbolo, este tipo de carácter puede ser letra, número, mayúscula o un signo.

**Cadena:** Tipo de dato conformado por un conjunto de caracteres consecutivos.

#### **Lógico**

**Booleano:** Tipo de dato que representa dos valores verdadero o falso.

- **Tabla.** Estructura donde se almacena los registros con sus respectivas características que tiene forma de filas y columnas, cada dato debe tener un identificador único.

- **Registro.** Representa un objeto único en la base de datos, está estructurado en una tabla con unas características únicas que lo diferencia de los otros registros almacenados.
- **Campo.** Es la representación de los registros en cada columna de la tabla, que constituye un campo que almacena información de diferentes registros.

#### **2.1.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Lo sistemas de información geográfica (SIG), conjunto de procedimientos manuales o computarizados, usando para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente. (Aronoff, 1989). Los SIG son herramientas informáticas que permite almacenar, analizar, editar y compartir la información ya almacenada, los SIG son capaces de gestionar y analizar la información georreferenciadas para la solución de problemas de territorio y medio ambiente.

Un SIG se compone de:

- **Hardware:** son Equipo de cómputo utilizados para el almacenamiento, procesamiento y análisis de la información.
- **Software:** Programas de sistema de información geográfica que permite las herramientas necesarias y la visualización de los datos geográficos.
- **Datos Geográficos:** componente principal que posee características de posicionamiento geográficas o espacial, tamaño y área. Que tiene la capacidad de analizar cambios a través del tiempo.
- **Recurso humano:** personal encargado de diseñar la base de datos, recopilación de la información, almacenamiento, edición, análisis y la publicación de la información.

### **2.1.5. DATOS GEOGRÁFICOS**

Los datos geográficos son entidades espacio temporales que describen y cuantifica la distribución, el estado y los vínculos de los distintos fenómenos u objetos naturales o sociales. (IGAC, 1998).

Todo dato espacial cumple los siguientes principios

- Posición absoluta, (sistema de coordenadas  $x, y, z$ )
- Posición relativa frente a otros elementos que componen el paisaje.
- Posee figura geométrica (Punto, Polilínea y polígono)
- Describen atributos como las características del elemento o del fenómeno.

**2.1.5.1 Tipos de datos Geográficos.** Un dato geográfico es una unidad ubicada espacialmente georreferenciada, esta unidad puede ser:

- Unidad Natural: Referenciada espacialmente intrínseca al hecho observado.
- Unidad Artificial: Referenciada espacialmente extrínseca por áreas limitadas como veredas, ciudades, municipios, departamentos, etc.).

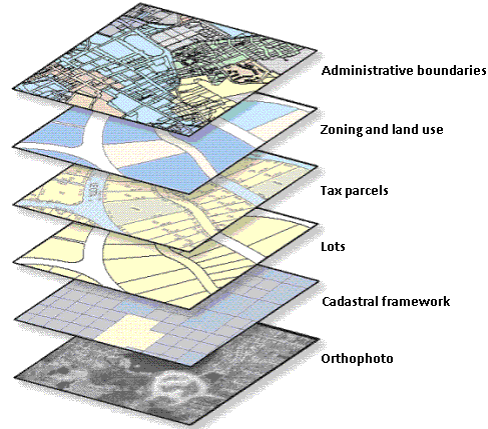
Estas unidades son delimitadas arbitrariamente por el ser humano.

### **2.1.6. CAPA GEOGRÁFICA**

Métodos de organización de la información espacial, que se puede distribuir o agrupar dependiendo de las características que posee la información, esta información se puede visualizar dependiendo de su agrupación por ejemplo vías, urbanismo, fuentes hídricas, redes de acueducto, sanitarias, comunicaciones, eléctricas o de gas, etc.

La agrupación de los datos permite una gestión en el almacenamiento de los datos espaciales, es un fundamento especial de los sistemas de información geográfica.

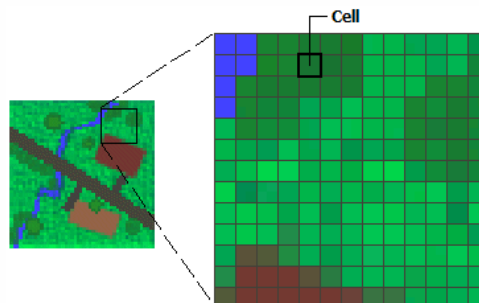
**Figura 1.** Capas de Información geográfica.



Nota: Cómo representa y modela SIG la información geográfica, ArcGIS Resource Center, s. f.

**2.1.6.1 Modelo Ráster.** Modelo de datos espaciales que define el espacio como un conjunto de celdas de igual tamaño ordenadas en filas y columnas y compuestas de bandas simples o múltiples. Cada celda contiene un valor de atributo y coordenadas de ubicación. A diferencia de una estructura de vector, que almacena coordenadas de manera explícita, las coordenadas de ráster se encuentran en el orden de la matriz. Los grupos de celdas que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de entidad geográfica. (Esri, 2022).

**Figura 2.** Modelo Ráster



Nota: Imagen Ráster. Fuente: ¿Qué son los datos ráster? ArcMap. (s/f). Arcgis.com.

**2.1.6.2 Modelo Vector.** Modelo de datos basado en coordenadas que representa las entidades geográficas como puntos, líneas y polígonos. Cada entidad de puntos se representa como un par de coordenadas simple, mientras que las entidades de línea y de polígonos se representan como listas ordenadas de vértices. Los atributos se asocian a cada entidad de vector, en contraposición al modelo de datos ráster que asocia los atributos a las celdas de la cuadrícula. (Esri, 2022).

**Figura 3.** Modelo Vector



Nota: Representación de modelos de vectores. Fuente: Esri.com.

### **2.1.7. TOPOLOGÍA**

Topología expresa las relaciones espaciales entre características de vectores (puntos, polilíneas y polígonos) conectados o adyacentes en un SIG. Los datos topológicos o basados en la topología sirven para detectar y corregir errores de digitalización. (Qgis, 2022).

La topología estudia las relaciones espaciales que tiene entre los objetos gráficos que se representa por características geográficas.

### **2.1.8. TOPOLOGÍA DE RED**

Se define como un mapa lógico o físico de una red el intercambio de datos. Es la composición de una red que incluye nodos y líneas de conexión para definir una geometría de red lógica o física.

**2.1.8.1 Topología física de una red.** Es la disposición geométrica real de puestos o estaciones de trabajo.

**2.1.8.2 Topología lógica de una red.** Se hace referencia a los caminos que puede tomar un nodo a otro.

### **2.1.9. HIDRÁULICA**

Rama de la física que estudia el comportamiento y el movimiento de los fluidos dependiendo de las fuerzas a que son sometidos, se dividen en:

- Hidrostática o estática de fluidos: estudia los fluidos en reposo.
- Hidrodinámica o Dinámica de fluidos: estudia los fluidos en movimiento.

**2.1.9.1 Fluido.** Sustancia que se deforma bajo la aplicación de tensiones, en los fluidos se encuentra sustancias en estado líquido o gaseoso.

### **2.1.10. MODELO HIDRÁULICO**

Es la construcción de un modelo digital que describen matemáticamente el comportamiento que puede presentar en cotas de inundación, estructuras hidráulicas como vertederos, redes de distribución de agua potable, redes de alcantarillado, embalses, puentes, etc.

Los modelos hidráulicos permiten predecir tipos de escenarios de funcionamiento y el comportamiento del fluido, generando datos necesarios para la planificación, diseño, implementación y operación, generando alertas tempranas y sistemas de control.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. GENERALIDADES

El marco conceptual es la recopilación, sistematización y exposición de los conceptos fundamentales para el desarrollo de una investigación, sea en el área científica o en el área humanista. Se entiende así que el marco conceptual es parte del trabajo de investigación o tesis. ([www.significsdos.com](http://www.significsdos.com), s.f)

#### 2.2.1.1 Definición de conceptos.

- **Base de datos.** El uso de la base de datos tuvo su origen a partir de las necesidades de almacenar grandes cantidades de información o datos. En especial desde la aparición de las primeras computadoras, el concepto de base de datos ha estado siempre ligado a informática.
- **Orígenes.** En 1884 Herman Hollerith creó la máquina automática de tarjetas perforadas, siendo nombrado así el primer ingeniero estadístico de la historia. En esta época, los censos se realizaban de forma manual.

En los años cincuenta se originaron las cintas magnéticas, para automatizar la información, a través de este mecanismo se empezó a automatizar la información, con la desventaja de que solo se podía hacer de forma secuencial.

- **Época de 1960.** Posteriormente en la época de los sesenta las compañías privadas empezaron a adquirir las computadoras, dando paso al uso de discos, cosa que fue un gran adelanto para la época, debido a que a partir de ese soporte se podía consultar la información directa, sin tener que saber la ubicación exacta de los datos. En esta misma época se inicia con las primeras generaciones de base de datos de red y base de datos jerárquicas, ya que era posible guardar estructuras de datos en listas y árboles.

Uno de los saltos agigantados de los años sesenta fue la alianza IBM Y American Airlines para el desarrollo de SABRA, consistió en un sistema operativo que



manejaba las reservas de vuelos, transacciones e informaciones sobre pasajeros de la compañía American Airlines. En la misma década, se llevó a cabo el desarrollo del ingenio por Charles Bachman (que formaba parte de la CODASYL) supuso la creación de un nuevo tipo de sistemas de bases de datos conocidos como modelo de red que permitió la creación de un standard en los sistemas de bases de datos gracias a la creación de nuevos lenguajes de sistemas de información.

CODASYL (Conference on Data Systems Languages) era un consorcio de industrias informáticas que tenían como objetivo la regularización de un lenguaje de programación estándar que pudiera ser utilizado en multitud de ordenadores.

- **Época de 1970.** Por lo que respecta a la década de los setenta, Edgar Frank Codd, científico informático inglés conocido por sus aportaciones a la teoría de base de datos racionales “Un modelo relacional de datos para grandes bancos de datos compartidos”. este hecho dio paso a la segunda generación de los sistemas Gestores de Base de Datos y fue entonces Lawrence J. Ellison que, a partir del trabajo de Edgar F. Codd, desarrollo el Relational Software System, lo que actualmente se conoce como Oracle Corporation, desarrollando así un sistema de gestión de base de datos.
- **Época de 1980.** Por su parte, a principios de los años ochenta comenzó el auge de la comercialización de los sistemas relacionales y SQL comenzó a ser el estándar de la industria, ya que las bases de datos relacionales con su sistema de tablas (compuestas por filas y columnas) pudieron competir con las bases jerárquicas y de red, por su sencillas en el nivel de programación
- **Época de 1990.** En la década de 1990 la investigación giro en torno a las bases de datos orientadas a objetos. Las cuales han tenido mucho éxito a la hora de gestionar datos complejos. Así se desarrollaron herramientas como Excel y Access del paquete de Microsoft Office que marcan el inicio a la base de datos orientadas a objetos.

- **Siglo XXI.** En la actualidad, las tres grandes compañías que dominan el mercado de las bases de datos son IBM, Microsoft y Oracle. Por su parte, en el campo del internet la compañía que genera gran cantidad de información es Google. Cabe destacar que Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado para sistemas operativos Windows que soporta varios lenguajes de programación tales como Visual C++, Visual#, Visual J#, ASP.NET y Visual Basic.NET, aunque se están desarrollando las extensiones necesarias para otros, cuyo objetivo es permitir crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web a cualquier entorno que soporte la plataforma .Net, creando así aplicaciones que intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles. (histinf.blogs.upv, 2011)

### **2.2.2. GEODATABASE**

Es un conjunto de datasets geográficos de distintas clases que están almacenados en una carpeta común del sistema de archivos o en un sistema de administración de base de datos relacionados (como Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM Informix o IBM DB2. “lenguajes de programación”). Las Geodatabase pueden tener muchos tamaños, poseer un número variado de usuarios y pueden pasar de ser base de datos pequeñas de un solo usuario creadas en archivos a ser base de datos más grandes, de grupos de trabajo, departamentos y empresas a las que acceden muchos usuarios.

El término Geodatabase tiene diversos significados en ArcGIS:

La Geodatabase es la estructura de datos nativos de ArcGIS y es el formato de datos primario para la edición y la administración de datos.

Es el almacenamiento físico de la información geográfica y usa, principalmente, un sistema de administración de base de datos o un sistema de archivos.

Las Geodatabase tienen un modelo de información completo para representar y administrar información geográfica. Este modelo de formación integral se

implementa como una serie de tablas que almacena clases de entidad, datasets ráster y atributos.

La lógica del software de la Geodatabase proporciona la lógica de aplicación común que se utiliza en todo ArcGIS para acceder a los datos geográficos.

Las Geodatabase tienen un modelo de transacción para administrar los flujos de trabajo de los datos SIG.

**2.2.2.1 Tipos de Geodatabase.** Podemos encontrar tres tipos de Geodatabase.

**Geodatabase de archivos:** almacenados como carpetas en un sistema de archivos. Cada dataset se aloja como un archivo que puede escalar hasta 1TB de tamaño.

**Geodatabase personales:** todos los datasets se almacena dentro de un archivo de datos de Microsoft Access con límite de tamaño de 2 GB.

**Geodatabase corporativas:** también conocidas como Geodatabase multiusuarios, que puede no tener límite de tamaño y cantidad de usuarios. (desktop.arcgis.com, s.f)

### **2.2.3. RED SANITARIA**

El sistema de alcantarillados está conformado por una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar aguas residuales, industriales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias.

Teniendo en cuenta las necesidades actuales de la ciudad y la reglamentación en materia ambiental, se ha optado por separar los sistemas de alcantarillado que en su gran mayoría están construidos combinados. Con todo lo anterior y facilidad de mantenimiento de las redes se concluyó la separación de redes sanitarias, pluviales, combinado y semi-combinado

**1.2.2.3.1 Alcantarillado sanitario.** Red de tuberías, a través de la cual se transportan de forma rápida y segura las aguas residuales de las urbes (domesticas) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertimiento.

**1.2.2.3.2 Alcantarillado pluvial.** Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales.

**1.2.2.3.3 Alcantarillado combinado.** el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse cauces naturales y por restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.

**1.2.2.3.4 Alcantarillado Semi-combinado:** es el que conduce el 100% de aguas residuales que conduce un área o un conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se considera excedencias y que serán conducidas por este sistema de manera ocasional como un alivio al sistema pluvial. (SIAPA-CAP.3,2014).

## 2.3. MARCO LEGAL

Ordenamiento técnico de los sistemas de saneamiento básico-RAS-2000 y Agua Potable

### 2.3.1. *Resolución 0501 de 04 de agosto de 2017*

Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como

las instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las Resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007. (RAS 2000)

### 2.3.2. **Resolución 0330 de 08 de agosto de 2017**

"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009". (RAS 2000)

### 2.3.3. **DECRETO 1688 DE 2020 (diciembre 17)**

Por el cual se modifican unos artículos y se adiciona una Sección al Capítulo 1, del Título 7, de la Parte 3, del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015, reglamentando parcialmente el artículo 279 de la Ley 1955 de 2019 en lo relacionado con la dotación de infraestructura de agua para consumo humano y doméstico o de saneamiento básico en zonas rurales y su entrega directa a las comunidades organizadas beneficiarias, de acuerdo con los esquemas diferenciales definidos por el Gobierno nacional. (RAS 2000)

## 2.4. **MARCO AMBIENTAL**

### Artículo 2. Objetivos del fondo municipal

Establece mecanismos de financiación dirigidos a la gestión del riesgo del riesgo con el propósito de ofrecer protección, seguridad ambiental, sanitaria, bienestar, calidad de vida y contribuir en el desarrollo sostenible y atender la población afectada por la ocurrencia de desastres o de calamidad pública.

Todas las aguas residuales de uso residencial del municipio del Socorro son descargadas a fuentes de agua como quebradas rurales y otras a quebradas que atraviesan el municipio. Razón por la cual se debe tener en cuenta la normatividad vigente en cooperación con los entes gubernamentales, empresas prestadoras de servicios y autoridades ambientales como lo “establece los parámetros y los valores

límites máximos posibles en los vertimientos a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. (Min Ambiente, 2015, p.2) según <resolución 631, 2015> que sobre el tema el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible: “el manual es una herramienta que vincula de una forma más amable y práctica, a los municipio y personas o entidades prestadoras de servicios públicos de alcantarillado y sus actividades complementarias” (Min Ambiente, 2014, p.8) - PPSALAC posibilitando la oportunidad de tener correlacionarse con las autoridades ambientales, y crear una relación que “permita seguir de manera coordinada las exigencias que se deben cumplir para el desarrollo de todos los objetivos y muestras propuestas en el documento de plan de saneamiento y manejo de vertimientos que deben presentar ante la respectiva autoridad” (Min Ambiente, 2014, p.8)

En la actualidad el municipio del Socorro cuenta con 8 vertimientos de aguas residuales, hacia las fuentes hídricas generando contaminación. Es de gran importancia para el mejoramiento del agua la construcción de Planta de Tratamiento de Aguas residuales (PTAR). Como lo plantea los autores Amórtegui Celis & Lozano Beltrán 2014. Pga.17: Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) deben “cumplir con ciertos parámetros desde el punto de vista normativo, se conocen como (límites máximos permisibles).

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación ha sido exploratorio, descriptivo y correlacional, con un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, usando un método de observación, deducción y análisis, Las técnicas empleadas fueron la recolección de información, análisis de los datos tomado en campo, el procesamiento de la información por medio herramientas CAD y SIG.

Se recolecto información existente del estado actual de la red de alcantarillado del municipio del Socorro, para su depuración y consolidación en una base de datos y modelo hidráulico, para determinar escenarios del comportamiento que presenta el sistema de alcantarillado y el manejo del mismo.

Metodológicamente que se empleo fue de tres fases para el desarrollo investigativo de este proyecto, las cuales se describen a continuación:

- Fase 1: En esta primera fase dependió de la recolección de una información existente del sistema de alcantarillado del municipio del Socorro, se basó de una toma de información en campo por equipos tecnológicos y la caracterización de las estructuras y tuberías, que conforman el sistema de alcantarillado en dicho municipio, ya con la información recopilada se procedió a la verificación, validación y depuración de ella misma.
- Fase 2: la segunda fase se compone del almacenamiento de la información recolectada en la primera fase, para el almacenamiento de dicha información fue necesario la utilización de software como Autocad Civil 3D y ArcGIS. En esta fase nos permite caracterizar el sistema predominante en el municipio del Socorro, además la caracterización cualitativa y cuantitativa de las estructuras, tuberías, puntos de entrega, el cálculo de pendiente y la asignación del material a dichas estructuras.

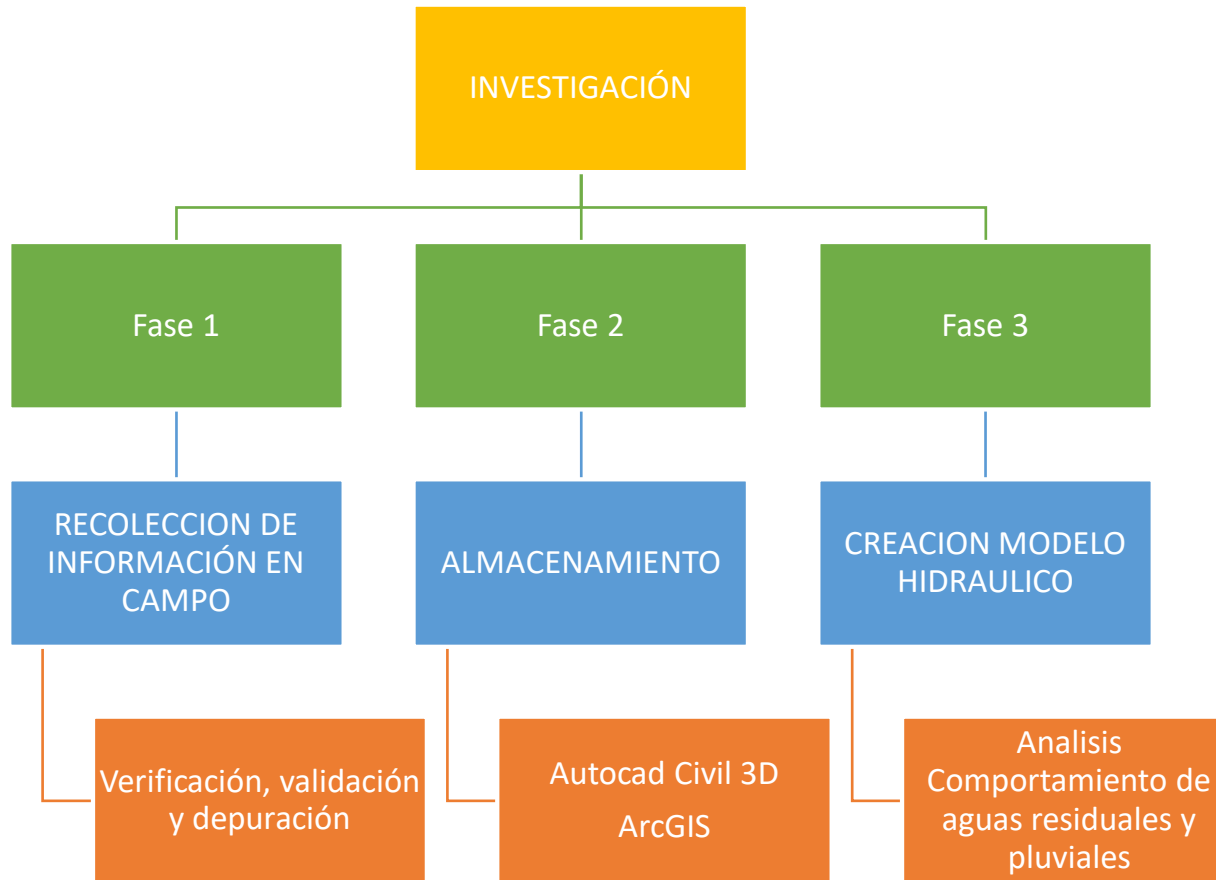
Para esto es necesario crear una base de datos (GDB) por medio del

programa ArcMap y ArcCatalog, donde va a quedar almacenado toda la información recolectada que será de gran utilidad para realizar búsquedas, cuantificar el número de estructuras o de tuberías, longitudes, material, etc.

Fase 3: la última fase corresponde en la creación de un modelo hidráulico para determinar el comportamiento de las aguas residuales y pluviales del casco urbano del municipio del Socorro.



**Figura 4.** Diseño de Investigación



Nota: Elaborada por el autor a partir del diseño de la investigación

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

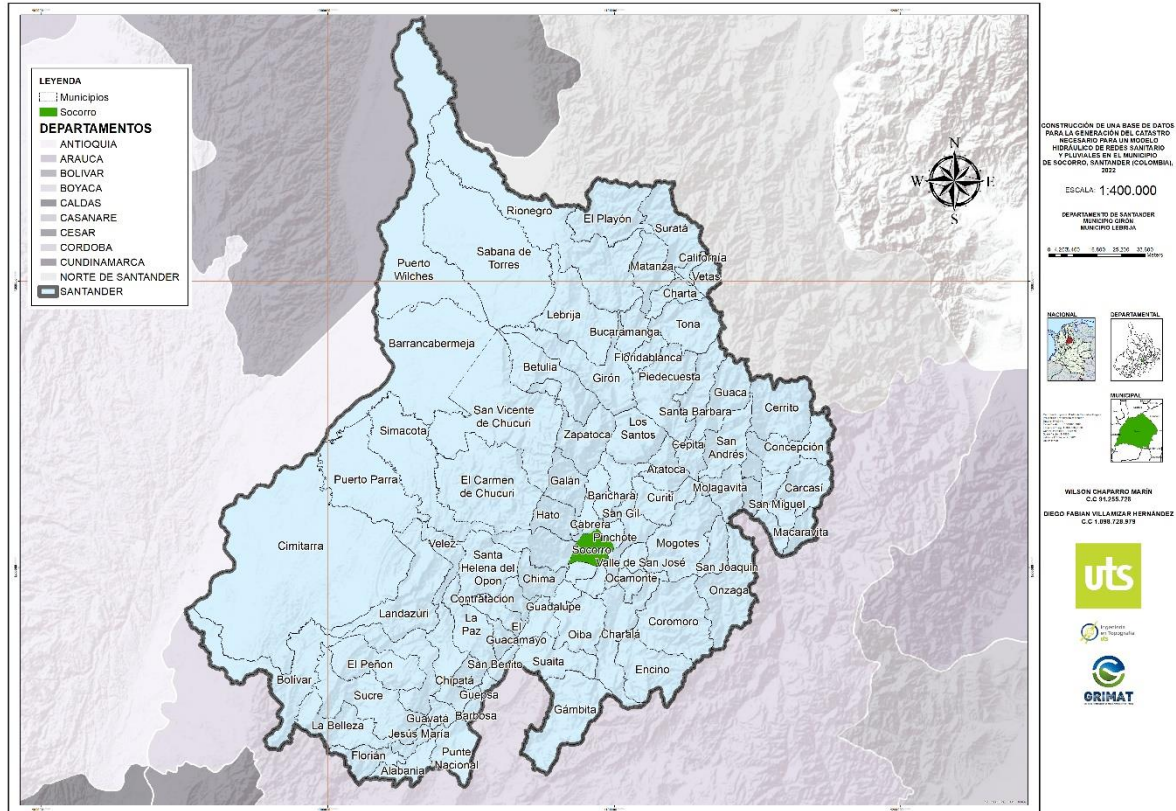
## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1. MUNICIPIO DEL SOCORRO

El Socorro es la capital de la Provincia Comunera en el departamento de Santander, tiene una gran influencia en la historia colombiana, pues en él se llevó a cabo una serie de hechos importantes encaminados a la Independencia de Colombia, como lo fue la insurrección de los Comuneros en marzo de 1781.(PDM Socorro,2019).

Limita al norte con los municipios de Pinchote y Cabrera, al oriente con el municipio de Paramo al sur con los municipios de Confines y Palmas del Socorro y al occidente con los municipios de Simacota y Palmar. El municipio posee una superficie de 13.120 hectáreas (220 en área urbana y 12.900 en área rural) La localidad se extiende sobre un plano inclinado a una altura de 1.230 metros sobre el nivel del mar, su mayor altura alcanza los 1.700 metros y la mínima los 800 metros<sup>1</sup> y cuenta con una población según censo DANE 2018 de 29.997 habitantes. El casco urbano del municipio se divide en más de 60 barrios con una población urbana de 24.238 habitantes (81,8%) y 22 veredas con una población rural de 5.759 (19.2%). La principal vía de acceso es la troncal del norte o ruta 45A que une a Bucaramanga con Bogotá y cruza por el casco urbano del municipio y las principales rutas de conexión con otras ciudades son las siguientes: (PDM Socorro,2019).

**Figura 5.** Ubicación del Municipio del Socorro, nivel departamental



Nota: Fuente Propia

#### 4.2. POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO

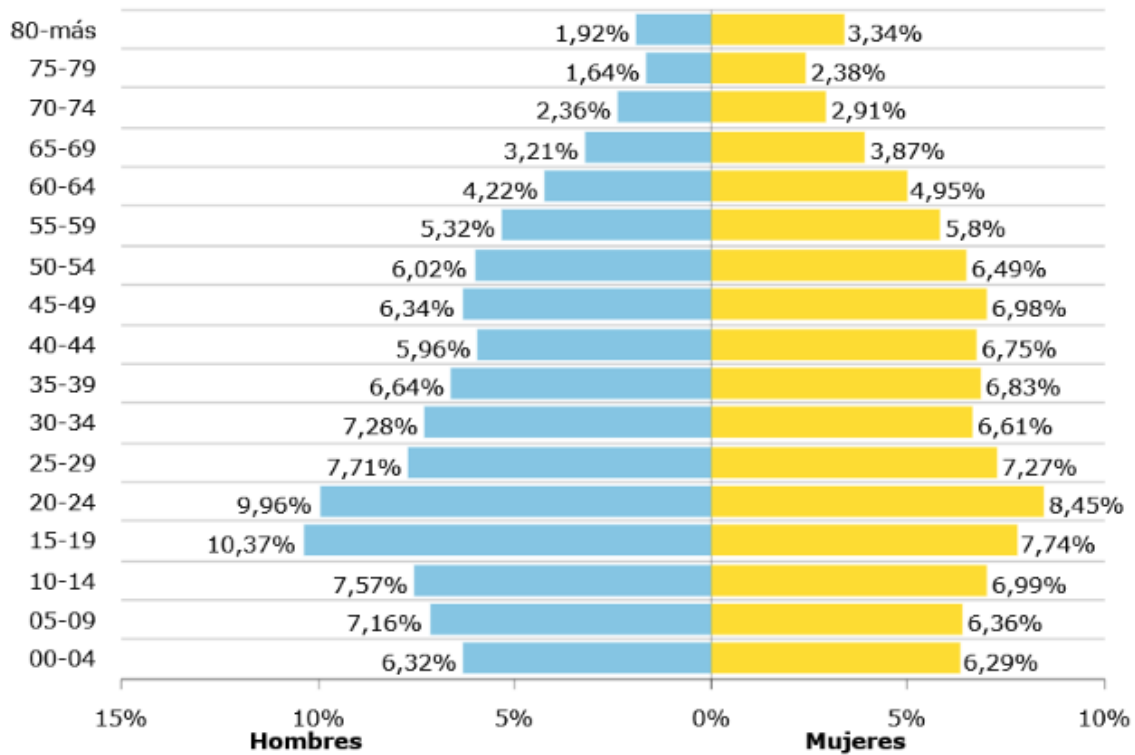
La población del municipio en el año 2005 fue de 28.738 habitantes y las proyecciones del DANE para el año 2019 eran de 31.231 habitantes, pero con los nuevos datos suministrados con el censo DANE del año 2018, el total de habitantes es de 29.997. Esta diferencia en la cantidad de habitantes se debe a la reducción en la tasa de fecundidad (1,83 hijos por mujer) de las nuevas generaciones y a la migración de población joven a las principales ciudades del país. (DANE, 2018).

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

**Figura 6.** Pirámide poblacional



Nota: Población El Socorro, Censo DANE 2018

### 4.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO

En esta primera fase se dedican todos los esfuerzos de la investigación a la obtención de la materia prima o producto en el que tendremos la información necesaria para organizar la base de datos con la cual obtendremos el producto deseado, dicha información se recolecto gracias a la empresa de servicios públicos Aguas del Socorro S.A. ESP, que ha permitido el uso de la información para obtener el producto deseado, a continuación, realizamos una cronología de la investigación y el producto obtenido en campo.

### 4.3.1. GEORREFERENCIACIÓN

Se procede a la ubicación de puntos georreferenciados geodésicamente desde mojones del IGAC, referenciados en el municipio del Socorro, con los cuales se genera la información amarrada al sistema nacional Magna Sirgas.

A partir de la ubicación de mojón IGAC, donde se localiza la base, con el equipo Rover y cumpliendo con los periodos de tiempo determinados por su distancia a la base, se genera la red geodésica, que permite los cierres poligonales y ajustes geométricos de los puntos.

Los puntos georreferenciados se construyeron en zonas estratégicas del casco urbano del Socorro, con el fin de obtener una base de datos lo suficientemente corregida y confiable.

**Figura 7.** Información de punto de geodésico del IGAC.

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| OGRGeoJSON:FID        | 4464           |
| OGRGeoJSON:PUNTO      | GPS-S-T-129    |
| OGRGeoJSON:MUNICIPIO  | SOCORRO        |
| OGRGeoJSON:DEPARTAMEN | Santander      |
| OGRGeoJSON:FECHA_CALC | 2005           |
| OGRGeoJSON:LATITUD    | 6.46365393056  |
| OGRGeoJSON:LONGITUD   | -73.2427130278 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_ELI | 1630.534       |
| OGRGeoJSON:ALTURA_NIV | 1615.1         |
| OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR | Geocól         |
| OGRGeoJSON:ONDULACION | 16.39          |
| OGRGeoJSON:X          | 1827787.43573  |
| OGRGeoJSON:Y          | -6070275.11995 |
| OGRGeoJSON:Z          | 713412.650652  |
| OGRGeoJSON:VX         | 0.0022         |
| OGRGeoJSON:VY         | 0.0023         |
| OGRGeoJSON:VZ         | 0.014          |

| DESCRIPCIÓN DE PUNTO MATERIALIZADO DE CONTROL HORIZONTAL                                                                                                                                                                                                 |                          |                                       |                              | FECHA (DDMMAAAA)                    |                                 |                                                                             |              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Departamento                                                                                                                                                                                                                                             | SANTANDER                | Municipio                             | SOCORRO                      | Vereda o barrio                     | ALTO DE LA CRUZ                 | Fisca o dirección                                                           | SAN FERNANDO | 01/11/2005 |
| Nomenclatura estandarizada                                                                                                                                                                                                                               | GPS-S-T-129              | Nombre del punto (Estampado en placa) | GPS-S-T-129                  |                                     |                                 | CROQUIS GENERAL                                                             |              |            |
| Distancias y direcciones a la señal de Azmut y objetos sobresalientes que pueden observarse desde el vértice                                                                                                                                             |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| OBJETO                                                                                                                                                                                                                                                   | AZMUT MAGNÉTICO          | DISTANCIA EN METROS                   | DIRECCIONES                  |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| 1 Puente de luz                                                                                                                                                                                                                                          | 310°                     | 16,00                                 |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| 2 Esquina oratorio                                                                                                                                                                                                                                       | 30°                      | 8,00                                  |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| 3 Esquina oratorio                                                                                                                                                                                                                                       | 45°                      | 8,00                                  |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| 4 Cerca                                                                                                                                                                                                                                                  | 360°                     | 16,00                                 |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| Acceso (Croquis general)<br>Del Socorro por carretera que va hacia El Alto de Los Chochos, hasta donde parte carretable que va a la finca San Fernando, hasta El Alto de La Cruz, en sitio que denominan, El Oratorio y allí fue materializado el punto. |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| Descripción (Croquis detallado)<br>El punto fue ubicado frente a oratorio en el Alto de La Cruz, por camino que conduce a la finca del señor Luis Gómez.                                                                                                 |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| Determinación                                                                                                                                                                                                                                            |                          |                                       | Monumentación                |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| GPS                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | Instrucción                           | Mojón                        | <input checked="" type="checkbox"/> | De concreto 30_x_30_cm. de lado |                                                                             |              |            |
| CONVENCIONAL                                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | Piedra                                | Otro                         | <input type="checkbox"/>            | Sobresale 30_cm.                |                                                                             |              |            |
| Nota: En la fecha _____ se encontró el mojón destruido _____ movido _____                                                                                                                                                                                |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| Coordenadas MAGNA SIRGAS (WGS84) aproximadas:                                                                                                                                                                                                            |                          |                                       |                              |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| a=                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                                       | 00° 48' 20" N                |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| λ=                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                                       | 72° 51' 08" W                |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| b=                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                                       | 1159 metros                  |                                     |                                 |                                                                             |              |            |
| Nombre: _____ Firma: _____                                                                                                                                                                                                                               |                          |                                       | Descripción: Andrés Fresneda |                                     |                                 | Materializado <input type="checkbox"/> Actualizado <input type="checkbox"/> |              |            |

Nota: Localización y datos de punto geodésico. Fuente: IGAC.

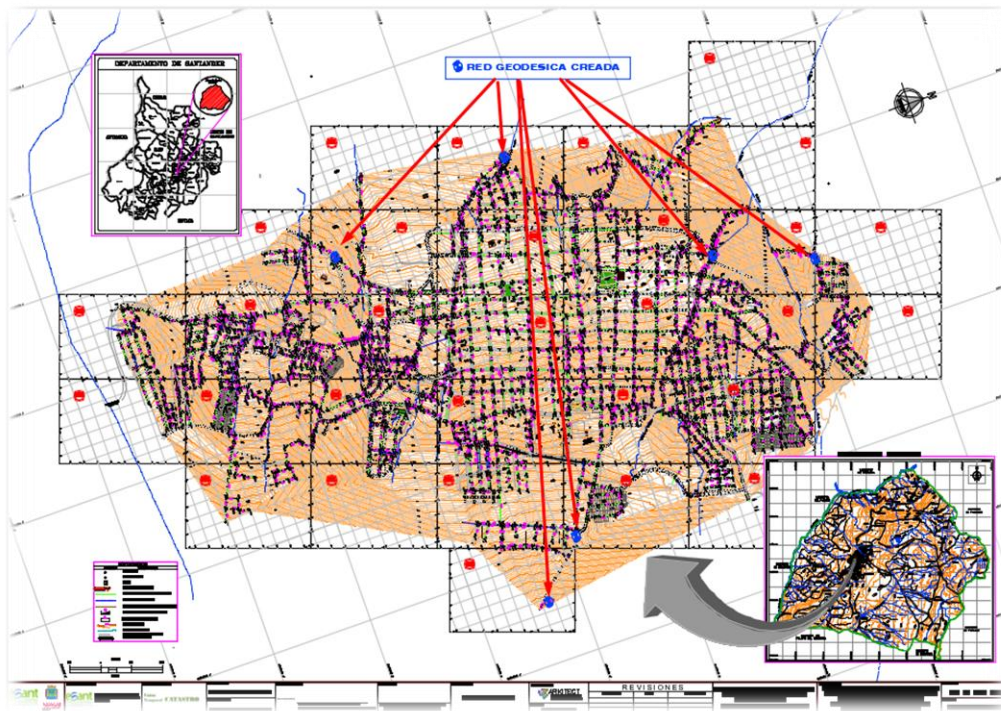


**Figura 8.** GPS-S-T -129 materializado por IGAC.



Nota: Fuente Propia

**Figura 9.** Red geodésica creada en placas de aluminio.



Nota: Fuente Propia

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

**Figura 10.** Ficha y punto geodésico.



Nota: Fuente Propia

### 4.3.2. OBTENCIÓN DE BASE DE DATOS CON COORDENADAS (NP, N, E, C Y DESCRIPCIÓN)

Con la conformación de la red geodésica, se inicia el recorrido con equipo estación total, conformando poligonales cerradas por sectores, ubicando durante el recorrido por todas las vías y zonas que hacen parte de las redes sanitaria y pluvial, pozos, sumideros, vías teniendo en cuenta el tipo de infraestructura que la conforma (pavimento rígido, pavimento flexible, en piedra o en tierra), paramentos y demás detalles necesarios para los diseños y ajustes de las redes.

Recolectada la información electrónica almacenada en el equipo Estación Total con capacidad para almacenar 25000000 puntos, los cuales se procesan con el software Topcon link, procesando un total de 24500 puntos.

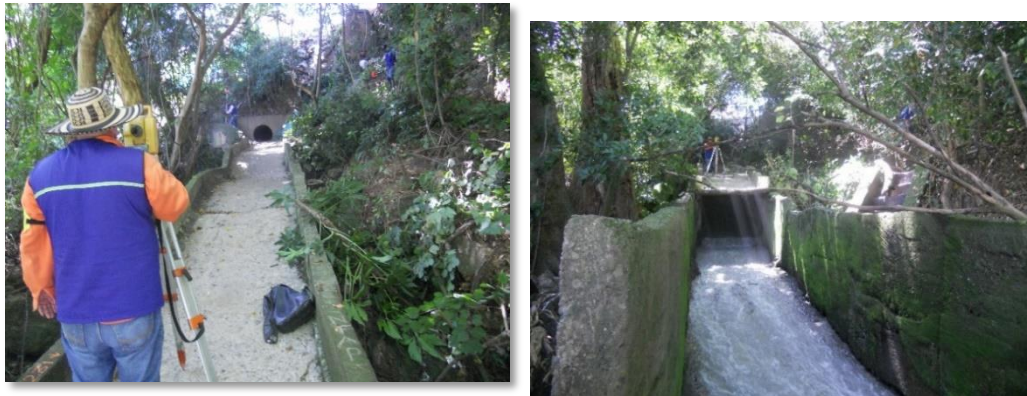


**Figura 11.** Levantamiento topográfico.



Nota: Fuente Propia

**Figura 11.** Estructuras de entrega a cañadas.



Nota: Fuente Propia



**Tabla 1.** Información procesada obtenida en campo.

| PUNTO  | COORDENADAS |             | COTA      | DESCRIPCIÓN |
|--------|-------------|-------------|-----------|-------------|
|        | NORTE       | ESTE        |           |             |
| Number | Northing    | Easting     | Elevation | Raw Desc    |
| 1      | 1206809,59  | 1091221,853 | 1349      | DEL         |
| 2      | 1206876,735 | 1091135,012 | 1338,009  | PAR         |
| 3      | 1206884,262 | 1091138,143 | 1337,913  | PAR         |
| 4      | 1206889,532 | 1091140,362 | 1337,646  | PAR         |
| 5      | 1206892,397 | 1091139,148 | 1337,508  | PAR         |
| 6      | 1206897,2   | 1091137,256 | 1337,304  | PAR         |
| 7      | 1206898,191 | 1091138,429 | 1336,924  | VÍA         |
| 8      | 1206900,499 | 1091143,614 | 1336,971  | VÍA         |

Nota: Fuente Propia

#### 4.3.3. INSPECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Terminada la toma de información a todo el municipio del Socorro, se realiza un segundo recorrido inspeccionando todos los pozos, cajas, canales y sumideros con una ficha que nos permite dar un diagnóstico de cada uno de estos elementos y de esta manera generar una tabla en Excel con la información general de la infraestructura. En la toma de información se le asignó un ID a cada estructura para poder en esta fase darle una identificación y no tener ningún problema en el orden de registro.

**Figura 12.** Asignación de ID a cada pozo



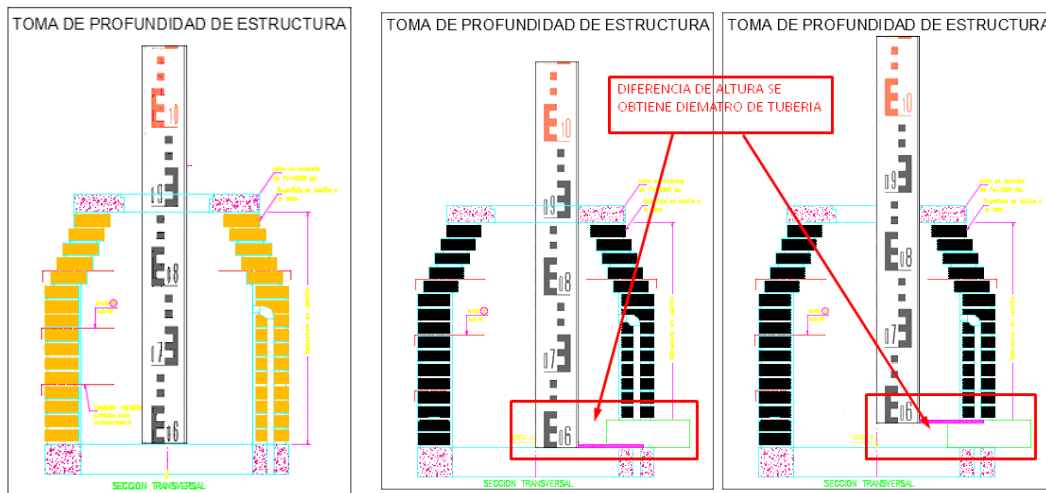
Nota: Fuente Propia

**Figura 13.** Toma de profundidad de pozos.



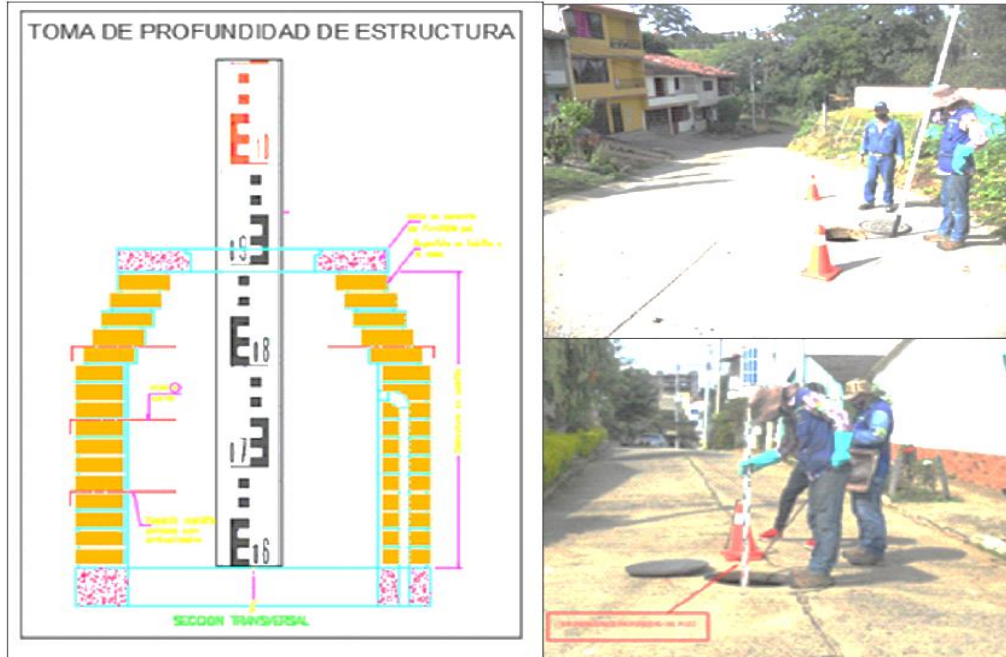
Nota: Fuente Propia

**Figura 14.** Detalle para conocer el diámetro de tubería.



Nota: Fuente Propia

**Figura 15.** Detalle para conocer la batea del pozo.



Nota: Fuente Propia

**Figura 16.** Estado de pozo y sus características.



Nota: Fuente Propia

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

**Tabla 2.** Ficha para caracterizar los pozos según observación.

| Ficha técnica<br>Cámara o Pozo de Inspección                 |                       | CATASTRO<br>Catastro de<br>Redes |                   | Ficha técnica<br>Cámara o Pozo de Inspección |                         | CATASTRO<br>Catastro de<br>Redes                                                                                                                             |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-----|--|----|-----|-------|-------|---------|-----|----|---------|
| Información General                                          |                       |                                  |                   | Localización                                 |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Municipi                                                     | Barrio                |                                  | Fecha             |                                              | dd                      |                                                                                                                                                              | mm |         | año |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| ID Pozo                                                      | Nomenclatura          | Coordenadas                      |                   | Alcantarillado                               | Tipo                    | Estado                                                                                                                                                       |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Superficie vía                                               |                       | Vial                             |                   | Vía                                          |                         | Calle                                                                                                                                                        |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| PF                                                           | PR                    | PI                               | AD                | RE                                           | TR                      | PP                                                                                                                                                           | DC |         |     |  | NA | ND  | Pe    | Ve    | AT      | BT  | ZV | Carrera |
| Tapa                                                         |                       | Campana                          | Cilindro          | Reposición / Remodelación                    |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| HF                                                           | CO                    | TP                               | PVC               | PL                                           | B                       | M                                                                                                                                                            | MA |         |     |  | CO | apa | Pasos | Friso | Cañuela | C.E |    |         |
| Sumideros                                                    |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Identificación                                               |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Tipo<br>(SL-100 / SL-200 / SL-400 / SL-600 / ST-40 / ST2-40) |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Tipo conexión (Pozo / Tramo)                                 |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Conexión hidráulica<br>(Sello / Válvula / Directa)           |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Tapa<br>(HF / CR / PVC / NO)                                 |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Reponer Tapa (SI / NO)                                       |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Colmatado (SI / NO)                                          |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Observaciones, recomendaciones                               |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| ID                                                           | Altura Llegada<br>(m) | C. Batea                         | Ø Interno<br>(mm) | Material                                     | C. Caída<br>(m/pulg/mm) | (PVC)<br>Gres (G)<br>Concreto Simple (CS)<br>Concreto Reforzado (CR)<br>Ladrillo (L)<br>Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)<br>Poliétileno de alta |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| a                                                            |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| b                                                            |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| c                                                            |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| d                                                            |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| e                                                            |                       |                                  |                   |                                              |                         |                                                                                                                                                              |    |         |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Nombre                                                       |                       |                                  |                   | Firma                                        |                         |                                                                                                                                                              |    | Empresa |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |
| Nombre                                                       |                       |                                  |                   | Firma                                        |                         |                                                                                                                                                              |    | Empresa |     |  |    |     |       |       |         |     |    |         |

Nota: Fuente Propia

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

#### **4.4. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D Y ARCGIS.**

En esta fase en la que se conoce los problemas y ventajas que presenta las redes existentes en el municipio del Socorro, de acuerdo a la información obtenida y recolectada en campo se procede a tabular dicha información, donde se generan datos tipo .xlsx, .csv o .txt, donde me permite almacenar información de cada punto organizado asignando una identificación, ubicación geoespacial (norte, este), nivel o cota, una descripción detallada de las características como lo son la dirección, estado de la estructura, tubería existente, diámetro de tubería, pendientes de tubería, tipo de tubería (asbesto, concreto, gres, pvc y canales en concreto), tipo de vía en que se encuentra (pavimento rígido o flexible, en tierra o en piedra, zona verde y caminos).

Todo esto, con el fin de procesar esas tablas mediante el software AutoCAD civil 3D generando una nube de puntos, que me permite almacenar la información recolectada en la caracterización de las estructuras existentes en el municipio del Socorro.

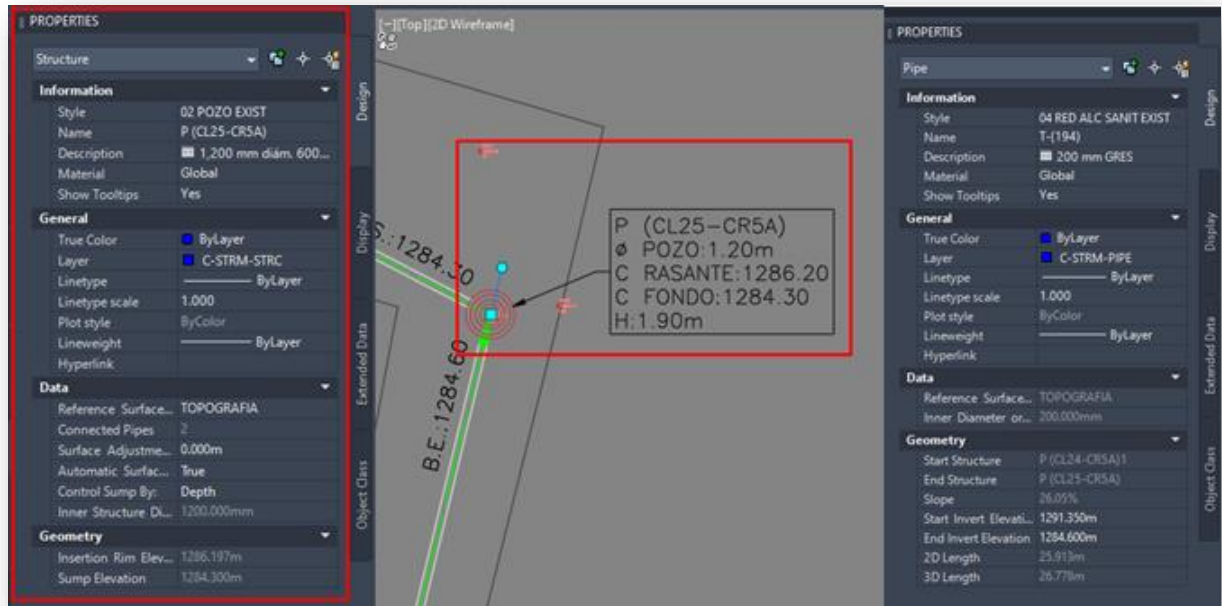
##### **4.4.1. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D**

Con la recolección de información completada en la primera fase, se procede en transcribir la información que quede almacenada para su manipulación y exportación, a software de puede analizar las condiciones de demanda del sistema de alcantarillado existente en el municipio del Socorro.

Este software AutoCAD Civil 3D nos facilita la construcción del sistema de alcantarillado existente en un modelo 3D. permitiéndonos el almacenamiento de las diferentes estructuras, clases de tuberías, cotas rasantes, cota de fondo, pendiente, longitudes y el tipo de sistema que posee el municipio del Socorro Santander.



**Figura 17.** Software AutoCAD Civil 3D.



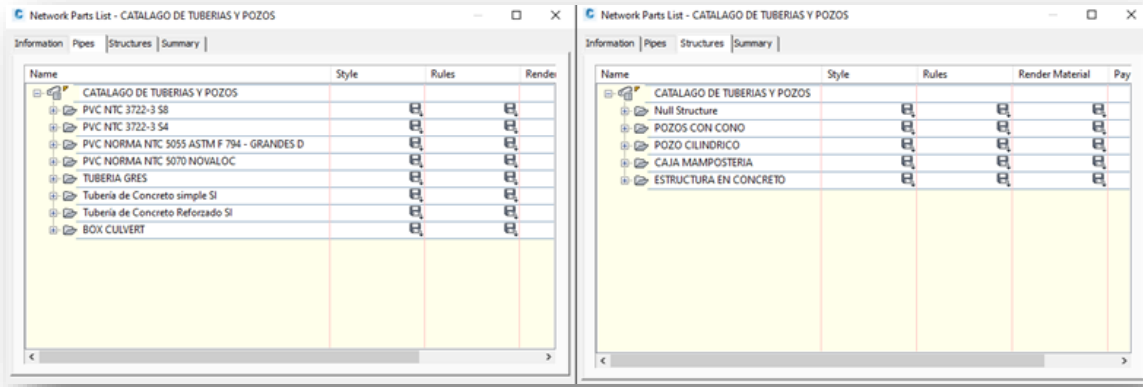
Nota: Fuente Propia

#### 4.4.1.1 Catálogo de estructuras y tuberías.

Para el almacenamiento de dicha información, se procede a crear un catálogo de estructuras y de tuberías que puede poseer el sistema de alcantarillado existente del municipio del Socorro, al crear este catálogo de objetos nos permite almacenar la información recolectada en la fase 1, como diámetro interno de los pozos existentes, cajas en mampostería.

Para la creación del catálogo de tuberías, se basó en los catálogos existentes de tuberías como PAVCO (Tuberías en PVC), Tuberías Titán (Tuberías en Concreto), Euro Sweillem (tuberías en Gres vitrificado) y Box Culvert. Este catálogo nos permite crear los diámetros internos como externo, su diámetro nominal y tipo de material correspondiente, de los catálogos mencionados anteriormente. Y poder asignarlos de una manera muy sencilla y versátil.

**Figura 18.** Catálogo de estructuras y tuberías.

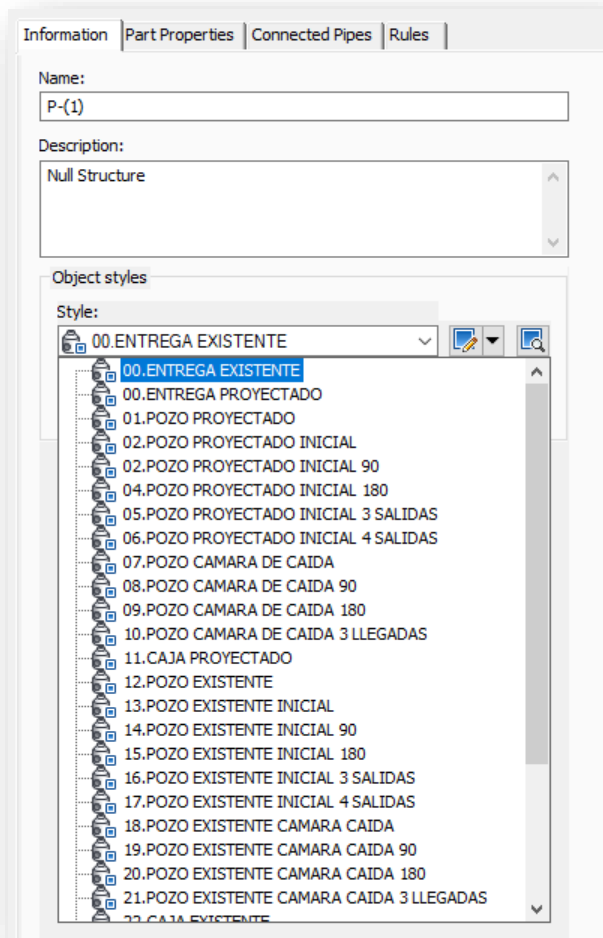


Nota: Fuente Propia

#### 4.4.1.2 Creación de estilos de estructuras y de tuberías

Para poder identificar y reconocer las diferentes características que posee los pozos y el tipo de alcantarillado que existe en el municipio del socorro, se procede a crear unos estilos y etiquetas que nos permitan visualmente identificar a cuál sistema le pertenece y que tipo de pozo corresponde.

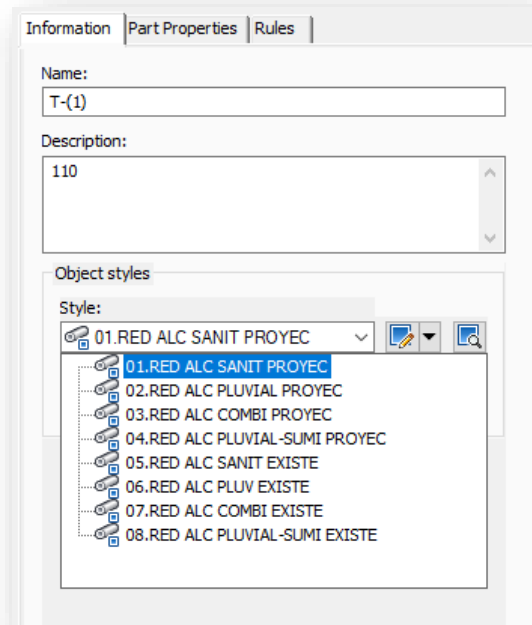
**Figura 19.** Estilos de Estructuras.



Nota: Fuente Propia



**Figura 20.** Estilo de Tuberías.

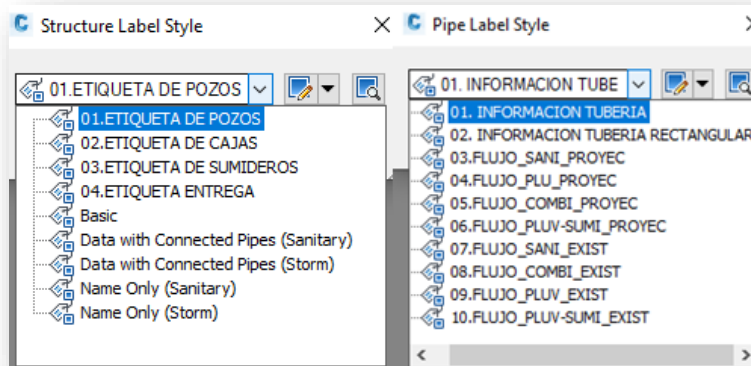


Nota: Fuente Propia

#### 4.4.1.3 Creación de etiquetas o label.

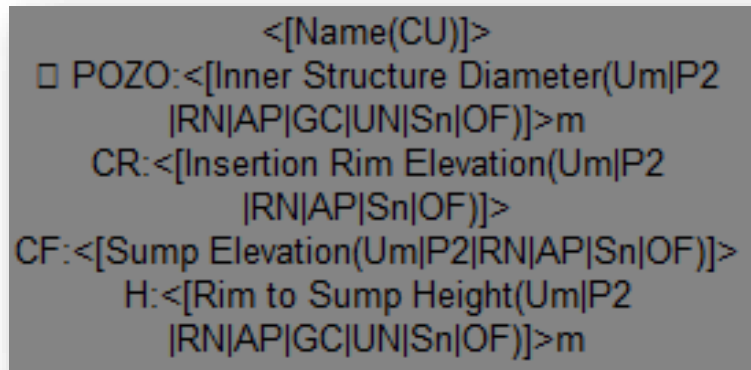
Para visualizar las estructuras y tuberías en la interfaz del AutoCAD Civil 3D, el programa nos permite crear etiquetas con la información necesaria que se desea visualizar. Este etiquetamiento se genera de manera automática y una de las ventajas que posee este software es que, si se realiza un cambio como aumento de diámetro de la estructura o el cambio de material en la tubería, lo cambia automáticamente.

**Figura 21.** Etiquetas Estructuras y Tuberías.



Nota: Fuente Propia

**Figura 22.** Programación de etiquetas.



Nota: Fuente Propia

#### **4.4.2. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN GEODATABASE (GDB)**

Se crea una Geodatabase en ArcCatalog, que contienen áreas temáticas para el uso de este proyecto Redes, Suscriptores y Temática,

##### **4.4.2.1 Sistema de coordenadas**

El sistema de coordenadas es el sistema denominado MAGNA Colombia Bogotá, los parámetros utilizados se describen a continuación:

#### **MAGNA\_Colombia\_Bogota**

WKID: 3116 Authority: EPSG

Projection: Transverse\_Mercator

False\_Easting: 1000000,0

False\_Northing: 1000000,0

Central\_Meridian: -74,07750791666666

Scale\_Factor: 1,0

Latitude\_Of\_Origin: 4,596200416666666

Linear Unit: Meter (1,0)

Geographic Coordinate System: GCS\_MAGNA

Angular Unit: Degree (0,0174532925199433)

Prime Meridian: Greenwich (0,0)

Datum: D\_MAGNA

Spheroid: GRS\_1980

Semimajor Axis: 6378137,0

Semiminor Axis: 6356752,314140356

Inverse Flattening: 298,257222101

#### 4.4.2.2 Áreas temáticas

El área temática “Redes” incluye los siguientes elementos u objetos geográficos principales, cuya espacialización deriva de la caracterización de la red de drenaje urbano realizada en campo: conductos, descargas, Estructuras de alivio, pozos, sumideros.

El área temática “Suscriptores” incluye los siguientes elementos u objetos geográficos principales, cuya espacialización deriva de la caracterización del catastro: Suscriptores.

El área temática “Áreas Aferentes” incluye los siguientes elementos u objetos geográficos principales, cuya espacialización deriva del trabajo realizado en oficina: Áreas aferentes.

#### 4.4.2.3 Catálogo de objetos

Dentro de este catálogo de objetos se presentan los objetos geográficos contenidos en la base de datos de la red de drenaje urbano del municipio de El Socorro incluida su definición y atributos

- **Conductos Definición**

| Nombre            | Conductos                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código</b>     | 010204                                                                                                                                                                                    |
| <b>Definición</b> | Conductos que conforman la red de drenaje urbano del municipio de Socorro.                                                                                                                |
| <b>Alias</b>      | Conductos                                                                                                                                                                                 |
| <b>Subtipos</b>   | Material: PVC<br>Material: Gres<br>Material: Concreto simple<br>Material: Concreto reforzado<br>Material: Ladrillo<br>Material: Fibra de vidrio<br>Material: Polietileno de alta densidad |

• **Conductos Atributos**

| NOMBRE    | ALIAS               | CÓDIGO       | DEFINICIÓN                                                                     | TIPO DE DATO | UNIDAD DE MEDIDA | DOMINIO             |
|-----------|---------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|---------------------|
| ID        | ID                  | 01020<br>401 | Identificador único del elemento dentro de la base de datos                    | Texto        | NA               |                     |
| NOMENCL   | NOMENCLATURA        | 01020<br>402 | Nomenclatura del tramo de conducto de acuerdo a las especificaciones adoptadas | Texto        | NA               |                     |
| SECTOR    | SECTOR              | 01020<br>403 | Nombre del sector                                                              | Texto        | NA               | Sector              |
| BARRIO    | BARRIO              | 01020<br>404 | Nombre del barrio                                                              | Entero largo | NA               | Barrio              |
| ID_INICIO | POZO INICIO         | 01020<br>405 | Id del pozo de inicio                                                          | Texto        | NA               |                     |
| COTA_IN   | COTA INICIO         | 01020<br>406 | Cota de inicio (salida del pozo de inicio) en msnm                             | Decimal      | msnm             |                     |
| ID_FIN    | POZO FIN            | 01020<br>407 | Id del pozo de fin                                                             | Texto        | NA               |                     |
| COTA_FIN  | COTA FIN            | 01020<br>408 | Cota de fin (entrada al pozo de fin) en msnm                                   | Decimal      | msnm             |                     |
| TIPO_ALC  | TIPO ALCANTARILLADO | 01020<br>409 | Tipo de sistema de alcantarillado                                              | Texto        | NA               | Tipo alcantarillado |
| TIPO_VIA  | TIPO VÍA            | 01020<br>410 | Tipo de vía en donde se encuentra el conducto                                  | Texto        | NA               | Tipo vía            |
| JERAR_CND | JERARQUÍA           | 01020<br>411 | Jerarquía del conducto                                                         | Texto        | NA               | C_jerarquia         |
| ELEVADA   | ELEVADA             | 01020<br>412 | Define si el conducto se encuentra elevado                                     | Texto        | NA               | Si_No               |
| PENDIENTE | PENDIENTE           | 01020<br>413 | Pendiente del conducto como longitud/desnivel                                  | Decimal      | %                |                     |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|            |                            |       |                                                               |         |      |            |
|------------|----------------------------|-------|---------------------------------------------------------------|---------|------|------------|
| LONGITUD   | LONGITUD                   | 01020 | Longitud en planta                                            | Decimal | m    |            |
|            |                            | 414   | del conducto, de<br>centroide a centroide<br>de los pozos (m) |         |      |            |
| DIAM_N     | DIÁMETRO<br>NOMINAL (pulg) | 01020 | Diámetro nominal                                              | Decimal | pulg | SUBTIPO    |
|            |                            | 415   | del conducto<br>(pulgadas)                                    |         |      |            |
| DIAM_INT   | DIÁMETRO<br>INTERNO (mm)   | 01020 | Diámetro interno                                              | Decimal | mm   | C_diam_int |
|            |                            | 416   | del conducto (mm)                                             |         |      |            |
| ANCHO      | ANCHO                      | 01020 | Para secciones                                                | Decimal | m    |            |
|            |                            | 417   | elípticas o cajón,<br>indicar ancho (m)                       |         |      |            |
| ALTURA     | ALTURA                     | 01020 | Para secciones                                                | Decimal | m    |            |
|            |                            | 418   | elípticas o cajón,<br>indicar altura (m)                      |         |      |            |
| MATERIAL   | MATERIAL                   | 01020 | Material del                                                  | Entero  | NA   | SUBTIPO_D  |
|            |                            | 419   | conducto                                                      | corto   |      | IAM_N      |
| SECCION    | SECCIÓN                    | 01020 | Sección del                                                   | Texto   | NA   | C_seccion  |
|            |                            | 420   | conducto                                                      |         |      |            |
| C_CAIDA    | COTA CAÍDA<br>(msnm)       | 01020 | Cota de la cámara                                             | Decimal | msnm |            |
|            |                            | 421   | de caída en msnm                                              |         |      |            |
| FECHA_LEV  | FECHA<br>LEVANTAMIENTO     | 01020 | Fecha de                                                      | Fecha   | NA   |            |
|            |                            | 422   | levantamiento de<br>información                               |         |      |            |
| FECHA_CRE  | FECHA<br>CREACIÓN          | 01020 | Fecha de creación                                             | Fecha   | NA   |            |
|            |                            | 423   | del registro                                                  |         |      |            |
| CREADO_PO  | CREADO POR                 | 01020 | Creador del                                                   | Texto   | NA   |            |
|            |                            | 424   | registro                                                      |         |      |            |
| FECHA_EDIC | FECHA<br>EDICIÓN           | 01020 | Fecha de edición                                              | Fecha   | NA   |            |
|            |                            | 425   | del registro                                                  |         |      |            |
| EDITADO_PO | EDITADO POR                | 01020 | Editor del registro                                           | Texto   | NA   |            |
|            |                            | 426   |                                                               |         |      |            |
| OBSERV     | OBSERVACION<br>ES          | 01020 | Campo para                                                    | Texto   | NA   |            |
|            |                            | 427   | observaciones                                                 |         |      |            |

• **Descargas**

| Nombre     | Descargas                                                                    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Código     | 010205                                                                       |
| Definición | Puntos de descarga de la red de drenaje urbano del municipio de Piedecuesta. |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, SUBSEMINARIO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Alias Descarga  
Subtipos No aplica

• Descargas Atributos

| NOMBRE             | ALIAS                      | CÓDIG<br>O   | DEFINICIÓN                                                              | TI<br>PO<br>DE<br>DATO | UNI<br>DAD DE<br>MEDIDA | DOMINIO                |
|--------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| ID                 | ID                         | 0102050<br>1 | Identificador único del elemento dentro de la base de datos             | Te<br>xto              | NA                      |                        |
| NOMENCL            | NOMENC<br>LATURA           | 0102050<br>2 | Nomenclatura de la descarga de acuerdo a las especificaciones adoptadas | Te<br>xto              | NA                      |                        |
| SECTOR             | SECTOR                     | 0102050<br>3 | Nombre del sector                                                       | Te<br>xto              | NA                      | Sector                 |
| BARRIO             | BARRIO                     | 0102050<br>4 | Nombre del barrio                                                       | En<br>tero<br>largo    | NA                      | Barrio                 |
| CRP_ENTR           | CUERPO<br>ENTREGA          | 0102050<br>5 | Nombre del cuerpo de agua al que entrega                                | Te<br>xto              | NA                      | Cuerpo agua            |
| TIPO_ALC           | TIPO<br>ALCANTARIL<br>LADO | 0102050<br>6 | Tipo de sistema de alcantarillado                                       | Te<br>xto              | NA                      | Tipo<br>alcantarillado |
| TIPO               | TIPO                       | 0102050<br>7 | Tipo de descarga                                                        | Te<br>xto              | NA                      | Tipo                   |
| COTA_ENT           | COTA<br>ENTREGA            | 0102050<br>8 | Cota de la entrega (msnm)                                               | De<br>cimal            | msn<br>m                |                        |
| OBSERV             | OBSERVA<br>CIONES          | 0102050<br>9 | Campo para observaciones                                                | Te<br>xto              | NA                      |                        |
| FECHA_LE<br>V      | FECHA<br>LEVANTAMIE<br>NTO | 0102051<br>0 | Fecha de levantamiento de información                                   | Fe<br>cha              | NA                      |                        |
| FECHA_CR<br>EACION | FECHA<br>CREACIÓN          | 0102051<br>1 | Fecha de creación del registro                                          | Fe<br>cha              | NA                      |                        |
| CREADO_P<br>OR     | CREADO<br>POR              | 0102051<br>2 | Creador del registro                                                    | Te<br>xto              | NA                      |                        |
| FECHA_EDI<br>CION  | FECHA<br>EDICIÓN           | 0102051<br>3 | Fecha de edición del registro                                           | Fe<br>cha              | NA                      |                        |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|           |              |         |                                                                                                                                  |       |    |
|-----------|--------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|
| EDITADO_P | EDITADO      | 0102051 | Editor del registro                                                                                                              | Te    | NA |
| OR        | POR          | 4       |                                                                                                                                  | xto   |    |
| ADJUNTOS  | ADJUNTO      | 0102051 | Ruta relativa de                                                                                                                 | Te    | NA |
|           | S            | 5       | ubicación del archivo para<br>creación de hipervínculo                                                                           | xto   |    |
| X         | COORDENADA X | 0102051 | Coordenada X                                                                                                                     | De    | m  |
|           | NADA X       | 6       | expresada en metros de la<br>ubicación del elemento<br>acuerdo al sistema de<br>referencia del dataset de la<br>base de datos    | cimal |    |
| Y         | COORDENADA Y | 0102051 | Coordenada Y                                                                                                                     | De    | m  |
|           | NADA Y       | 7       | expresada en metros de la<br>ubicación del elemento de<br>acuerdo al sistema de<br>referencia del dataset de la<br>base de datos | cimal |    |
| ID_CN     | ID CANAL     | 0102051 | Código identificativo                                                                                                            | Te    | NA |
|           |              | 8       | único del canal al cual está<br>asociada la descarga                                                                             | xto   |    |
| ID_PLANCH | ID           | 0102051 | Código identificativo                                                                                                            | Te    | NA |
| A         | PLANCHA      | 9       | único de la plancha<br>cartográfica de pertenencia<br>de la estructura de entrega                                                | xto   |    |

### • Estructuras De Alivio

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre     | Estructuras_alivio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Código     | 010202                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Definición | Estructuras que dividen el caudal combinado de aguas lluvias y aguas residuales y envían parte de éste a drenajes naturales o almacenamientos temporales, con el fin de disminuir el caudal conducido por los tramos de tuberías, los interceptores o los emisarios finales que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR (MVCT, 2012). |
| Alias      | Estructuras de alivio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Subtipos   | No aplica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



• Estructuras De Alivio Atributos

| NOMBRE    | ALIAS                | CÓDIGO       | DEFINICIÓN                                                                        | TIPO DE DATO | UNIDAD DE MEDIDA | DOMINIO        |
|-----------|----------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|----------------|
| ID        | ID                   | 01020<br>201 | Identificador único del elemento dentro de la base de datos                       | Texto        | NA               |                |
| NOMENCL   | NOMENCLATURA         | 01020<br>202 | Nomenclatura del pozo de acuerdo a las especificaciones adoptadas                 | Texto        | NA               |                |
| SECTOR    | SECTOR               | 01020<br>203 | Nombre del sector                                                                 | Texto        | NA               | Sector         |
| BARRIO    | BARRIO               | 01020<br>204 | Nombre del barrio                                                                 | Entero largo | NA               | Barrio         |
| TIPO      | TIPO                 | 01020<br>205 | Tipo de aliviadero                                                                | Texto        | NA               | A_tipo         |
| TIPO_VIA  | TIPO VIA             | 01020<br>206 | Tipo de vía en donde se encuentra la estructura de alivio                         | Texto        | NA               | Tipo_via       |
| TIPO_PAV  | PAVIMENTO            | 01020<br>207 | Tipo de pavimento o superficie en donde se encuentra el aliviadero                | Texto        | NA               | Tipo_pavimento |
| COND_ALIV | CONDICIÓN            | 01020<br>208 | Condición general de la estructura de alivio                                      | Texto        | NA               | P_cond         |
| COTA_RAS  | COTA RASANTE (msnm)  | 01020<br>209 | Cota de la rasante de la estructura de alivio (msnm)                              | Decimal      | msnm             |                |
| LONG_CAN  | LONGITUD CAÑUELA (m) | 01020<br>210 | Longitud de la cañuela desde la entrada del alivio hasta la mitad de la tapa (m)  | Decimal      | m                |                |
| ALT_TOTAL | ALTURA TOTAL (m)     | 01020<br>211 | Altura de la estructura de alivio medida desde la batea hasta la rasante (m)      | Decimal      | m                |                |
| ALT_CAN   | ALTURA CAÑUELA (m)   | 01020<br>212 | Altura desde el fondo de la estructura de alivio hasta el fondo de la cañuela (m) | Decimal      | m                |                |
| C_ENT_ALI | COTA ENTRADA (msnm)  | 01020<br>213 | Cota de entrada de la estructura de alivio (msnm)                                 | Decimal      | msnm             |                |

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|    |           |                                       |              |                                                                          |                 |          |                  |
|----|-----------|---------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|------------------|
| B  | C_SAL_TU  | COTA SALIDA<br>(msnm)                 | 01020<br>214 | Cota de salida del tubo<br>de la estructura de alivio<br>(msnm)          | Decimal         | msn<br>m |                  |
| C  | C_SAL_EX  | COTA SALIDA<br>EXCEDENCIA             | 01020<br>215 | Cota de salida<br>excedencia (msnm)                                      | Decimal         | msn<br>m |                  |
| V  | D_ENT_ALI | DIÁMETRO<br>ENTRADA (mm)              | 01020<br>216 | Diámetro tubería de<br>entrada (mm)                                      | Decimal         | m        |                  |
| L  | D_TUB_SA  | DIÁMETRO<br>SALIDA (mm)               | 01020<br>217 | Diámetro de la tubería<br>de salida de la estructura de<br>alivio (mm)   | Decimal         | mm       |                  |
| C  | D_TUB_EX  | DIÁMETRO<br>SALIDA<br>EXCEDENCIA (mm) | 01020<br>218 | Diámetro de la tubería<br>de alivio (mm)                                 | Decimal         | mm       |                  |
|    | COND_OP   | CONDICIONES<br>OPERATIVAS             | 01020<br>219 | Condiciones operativas<br>de la estructura de alivio                     | Texto           | NA       | P_con<br>d_op    |
|    | MAT_TAPA  | MATERIAL TAPA                         | 01020<br>220 | Material de la tapa de la<br>estructura de alivio                        | Texto           | NA       | P_tap<br>a       |
|    | MAT_ESTR  | MATERIAL<br>ESTRUCTURA                | 01020<br>221 | Material estructural de<br>la estructura de alivio                       | Texto           | NA       | P_mat            |
| A  | N_ENTRAD  | # ENTRADAS                            | 01020<br>222 | Número de llegadas                                                       | Entero<br>corto | Und      | N_lleg<br>_sal   |
|    | ESTR_ALIV | ESTADO<br>ESTRUCTURA                  | 01020<br>223 | Estado de la estructura<br>de la estructura de alivio                    | Texto           | NA       | P_estr<br>uctura |
| LO | ESCAL_MA  | ESCALERAS EN<br>MAL ESTADO?           | 01020<br>224 | Define si las escaleras<br>se encuentran en mal<br>estado o son ausentes | Texto           | NA       | P_esc<br>aleras  |
| O  | FRISO_MAL | FRISO MALO?                           | 01020<br>225 | Define si el friso se<br>encuentra en mal estado                         | Texto           | NA       | Si_No            |
|    | CAN_MALO  | CAÑUELA MALA?                         | 01020<br>226 | Define si la cañuela se<br>encuentra en mal estado                       | Texto           | NA       | Si_No            |
|    | RAICES    | RAÍCES?                               | 01020<br>227 | Presencia de raíces de<br>árboles dentro de la<br>estructura de alivio   | Texto           | NA       | Si_No            |
|    | ARBOLES   | ÁRBOLES<br>DISTANCIA                  | 01020<br>228 | Presencia de árboles en<br>superficie (distancia en m)                   | Texto           | NA       | Arbole<br>s      |
|    | OBSERV    | OBSERVACIONE<br>S                     | 01020<br>229 | Campo para<br>observaciones                                              | Texto           | NA       |                  |
| V  | FECHA_LE  | FECHA<br>LEVANTAMIENTO                | 01020<br>230 | Fecha de levantamiento<br>de información                                 | Fecha           | NA       |                  |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, TALLERES Y SEMINARIOS

VERSIÓN: 1.0

|                |                |              |                                                                                                                                   |         |    |
|----------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| FECHA_CREACION | FECHA CREACIÓN | 01020<br>231 | Fecha de creación del registro                                                                                                    | Fecha   | NA |
| CREADOR_POR    | CREADO POR     | 01020<br>232 | Creador del registro                                                                                                              | Texto   | NA |
| FECHA_EDICION  | FECHA EDICIÓN  | 01020<br>233 | Fecha de edición del registro                                                                                                     | Fecha   | NA |
| EDITOR_POR     | EDITADO POR    | 01020<br>234 | Editor del registro                                                                                                               | Texto   | NA |
| ADJUNTOS       | ADJUNTOS       | 01020<br>235 | Ruta relativa de ubicación del archivo para creación de hipervínculo                                                              | Texto   | NA |
| X              | COORDENADA X   | 01020<br>236 | Coordenada X expresada en metros de la ubicación del elemento acuerdo al sistema de referencia del dataset de la base de datos    | Decimal | m  |
| Y              | COORDENADA Y   | 01020<br>237 | Coordenada Y expresada en metros de la ubicación del elemento de acuerdo al sistema de referencia del dataset de la base de datos | Decimal | m  |
| ID_PLANCHAS    | ID PLANCHA     | 01020<br>238 | Código identificativo único de la plancha cartográfica de pertenencia de la estructura de alivio                                  | Texto   | NA |
| DIRECCION      | DIRECCIÓN      | 01020<br>239 | Dirección de la estructura de alivio                                                                                              | Texto   | NA |

• **Pozos**

|            |                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre     | Pozos                                                                                                                                                                                                                                |
| Código     | 010201                                                                                                                                                                                                                               |
| Definición | Elementos integrales del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y aguas lluvias, que permiten la conexión en un punto de dos o más tramos de tubería y la conexión del sistema de alcantarillado con la superficie, |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, TALLERES Y SEMINARIOS

VERSIÓN: 1.0

facilitando el acceso a la red de personas y equipos, para realizar labores de inspección y/o mantenimiento (MVCT, 2012).

Alias Pozos  
Subtipos No aplica

• **Pozos Atributos**

| NOMBRE    | ALIAS                      | CÓDIGO       | DEFINICIÓN                                                                    | TIPO<br>DE DATO | UNIDAD<br>DE MEDIDA | DOMI<br>NIO                 |
|-----------|----------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|
| ID        | ID                         | 0102010<br>1 | Identificador<br>único del<br>elemento dentro<br>de la base de<br>datos       | Texto           | NA                  |                             |
| NOMENCL   | NOMENCLAT<br>URA           | 0102010<br>2 | Nomenclatura<br>del pozo de<br>acuerdo a las<br>especificaciones<br>adoptadas | Texto           | NA                  |                             |
| SECTOR    | SECTOR                     | 0102010<br>3 | Nombre del<br>sector                                                          | Texto           | NA                  | Sector                      |
| BARRIO    | BARRIO                     | 0102010<br>4 | Nombre del<br>barrio                                                          | Entero<br>largo | NA                  | Barrio                      |
| ALTURA    | ALTURA (m)                 | 0102010<br>5 | Altura del<br>pozo medida<br>desde la batea<br>hasta la rasante<br>(m)        | Decim<br>al     | m                   |                             |
| DIAMETRO  | DIÁMETRO<br>(m)            | 0102010<br>6 | Diámetro del<br>pozo (m)                                                      | Decim<br>al     | m                   |                             |
| COTA_RAS  | COTA<br>RASANTE (msnm)     | 0102010<br>7 | Cota de la<br>rasante (msnm)                                                  | Decim<br>al     | msnm                |                             |
| COTA_FON  | COTA<br>FONDO (msnm)       | 0102010<br>8 | Cota de fondo<br>o de la batea<br>(msnm)                                      | Decim<br>al     | msnm                |                             |
| TIPO_ALC  | TIPO<br>ALCANTARILLAD<br>O | 0102010<br>9 | Tipo de<br>sistema de<br>alcantarillado                                       | Texto           | NA                  | Tipo_a<br>lcantarillad<br>o |
| P_INICIAL | POZO INICIAL               | 0102011<br>0 | Define si el<br>pozo es inicial                                               | Texto           | NA                  | Si_No                       |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, TALLERES Y SEMINARIOS

VERSIÓN: 1.0

|                |                                |              |                                                                                |                 |     |                    |
|----------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|--------------------|
| TIPO_VIA       | TIPO VÍA                       | 0102011<br>1 | Tipo de vía en<br>donde se<br>encuentra el pozo                                | Texto           | NA  | Tipo_v<br>ia       |
| TIPO_PAV       | PAVIMENTO                      | 0102011<br>2 | Tipo de<br>pavimento o<br>superficie en<br>donde se<br>encuentra el pozo       | Texto           | NA  | Tipo_p<br>avimento |
| COND_POZO      | CONDICIÓN                      | 0102011<br>3 | Condición<br>general del pozo                                                  | Texto           | NA  | P_con<br>d         |
| COND_OP        | CONDICIONES OPERATIVAS         | 0102011<br>4 | Condición<br>operativa del pozo                                                | Texto           | NA  | P_con<br>d_op      |
| N_CAIDA        | NUMERO<br>CAÍDAS               | 0102011<br>5 | Número de<br>cámaras de caída<br>del pozo                                      | Texto           | Und | N_0_1<br>0         |
| SECCION        | SECCIÓN                        | 0102011<br>6 | Forma de la<br>sección del pozo                                                | Texto           | NA  | P_sec<br>cion      |
| MAT_TAPA       | MATERIAL<br>TAPA               | 0102011<br>7 | Material de la<br>tapa del pozo                                                | Texto           | NA  | P_tap<br>a         |
| MAT_ESTR       | MATERIAL<br>ESTRUCTURA         | 0102011<br>8 | Material<br>estructural del<br>pozo                                            | Texto           | NA  | P_mat              |
| N_ENTRADA      | NÚMERO<br>LLEGADAS             | 0102011<br>9 | Número de<br>llegadas                                                          | Entero<br>corto | Und | N_0_1<br>0         |
| N_ACOM         | NÚMERO<br>ACOMETIDAS           | 0102012<br>0 | Número de<br>acometidas que<br>llegan al pozo                                  | Entero<br>corto | Und | N_0_1<br>0         |
| ESTR_POZO      | CONDICIÓN<br>CILINDRO          | 0102012<br>1 | Estado de la<br>estructura del<br>pozo                                         | Texto           | NA  | P_estr<br>uctura   |
| ESCAL_MAL<br>O | ESCALERAS<br>EN MAL<br>ESTADO? | 0102012<br>2 | Define si las<br>escaleras se<br>encuentran en<br>mal estado o son<br>ausentes | Texto           | NA  | P_esc<br>aleras    |
| FRISO_MALO     | FRISO<br>MALO?                 | 0102012<br>3 | Define si el<br>friso se encuentra<br>en mal estado                            | Texto           | NA  | Si_No              |
| CAN_MALO       | CAÑUELA<br>MALA?               | 0102012<br>4 | Define si la<br>cañuela se                                                     | Texto           | NA  | Si_No              |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, TALLERES Y SEMINARIOS

VERSIÓN: 1.0

|                |                     |         | encuentra en mal estado                                                                                                        |         |    |         |
|----------------|---------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|---------|
| RAICES         | RAÍCES?             | 0102012 | Presencia de raíces de árboles dentro de la estructura                                                                         | Texto   | NA | SI_No   |
|                |                     | 5       |                                                                                                                                |         |    |         |
| ARBOLES        | ÁRBOLES DISTANCIA   | 0102012 | Presencia de árboles en superficie (distancia en m)                                                                            | Texto   | NA | Arboles |
|                |                     | 6       |                                                                                                                                |         |    | s       |
| OBSERV         | OBSERVACIONES       | 0102012 | Campo para observaciones                                                                                                       | Texto   | NA |         |
|                |                     | 7       |                                                                                                                                |         |    |         |
| FECHA_LEV      | FECHA LEVANTAMIENTO | 0102012 | Fecha de levantamiento de información                                                                                          | Fecha   | NA |         |
|                |                     | 8       |                                                                                                                                |         |    |         |
| FECHA_CREACION | FECHA CREACIÓN      | 0102012 | Fecha de creación del registro                                                                                                 | Fecha   | NA |         |
|                |                     | 9       |                                                                                                                                |         |    |         |
| CREADO_POR     | CREADO POR          | 0102013 | Creador del registro                                                                                                           | Texto   | NA |         |
|                |                     | 0       |                                                                                                                                |         |    |         |
| FECHA_EDICION  | FECHA EDICIÓN       | 0102013 | Fecha de edición del registro                                                                                                  | Fecha   | NA |         |
|                |                     | 1       |                                                                                                                                |         |    |         |
| EDITADO_POR    | EDITADO POR         | 0102013 | Editor del registro                                                                                                            | Texto   | NA |         |
|                |                     | 2       |                                                                                                                                |         |    |         |
| ADJUNTOS       | ADJUNTOS            | 0102013 | Ruta relativa de ubicación del archivo para creación de hipervínculo                                                           | Texto   | NA |         |
|                |                     | 3       |                                                                                                                                |         |    |         |
| X              | COORDENADA X        | 0102013 | Coordenada X expresada en metros de la ubicación del elemento acuerdo al sistema de referencia del dataset de la base de datos | Decimal | m  |         |
|                |                     | 4       |                                                                                                                                |         |    |         |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
MONOGRAFÍA, TALLERES Y SEMINARIOS

VERSIÓN: 1.0

|            |                  |              |                                                                                                                                                              |             |    |
|------------|------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|
| Y          | COORDENAD<br>A Y | 0102013<br>5 | Coordenada Y<br>expresada en<br>metros de la<br>ubicación del<br>elemento de<br>acuerdo al<br>sistema de<br>referencia del<br>dataset de la base<br>de datos | Decim<br>al | m  |
| ID_PLANCHA | ID PLANCHA       | 0102013<br>6 | Código<br>identificativo único<br>de la plancha<br>cartográfica de<br>pertenencia del<br>pozo                                                                | Texto       | NA |
| DIRECCION  | DIRECCIÓN        | 0102013<br>7 | Dirección del<br>pozo                                                                                                                                        | Texto       | NA |

### • Sumideros

|            |                                                                                                                                                                                                                                |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre     | Sumideros                                                                                                                                                                                                                      |
| Código     | 010203                                                                                                                                                                                                                         |
| Definición | Estructuras para la captación de la escorrentía superficial que drena a través de las calles, dispuestos en forma lateral o transversal al sentido del flujo, y localizados en las vías vehiculares o peatonales (MVCT, 2012). |
| Alias      | Sumideros                                                                                                                                                                                                                      |
| Subtipos   | No aplica                                                                                                                                                                                                                      |

### • Sumideros Atributos

| NOMBRE  | ALIAS            | CÓDI<br>GO   | DEFINICIÓN                                                                     | TIPO DE<br>DATO | UNIDAD<br>DE MEDIDA | DOMI<br>NIO |
|---------|------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| ID      | ID               | 01020<br>301 | Identificador único<br>del elemento dentro<br>de la base de datos              | Texto           | NA                  |             |
| NOMENCL | NOMENCLATU<br>RA | 01020<br>302 | Nomenclatura del<br>sumidero de acuerdo<br>a las especificaciones<br>adoptadas | Texto           | NA                  |             |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

| MONOGRAFÍA: SUBSISTEMAS DE SUMIDERO |                |       |                       |         |      |        |
|-------------------------------------|----------------|-------|-----------------------|---------|------|--------|
| SECTOR                              | SECTOR         | 01020 | Nombre del sector     | Texto   | NA   | Sector |
|                                     |                | 303   |                       |         |      |        |
| BARRIO                              | BARRIO         | 01020 | Nombre del barrio     | Entero  | NA   | Barrio |
|                                     |                | 304   |                       | largo   |      |        |
| S_CAPTACIO                          | TIPO DE        | 01020 | Tipo de captación     | Texto   | NA   | S_cap  |
| N                                   | CAPTACIÓN      | 305   | del sumidero          |         |      | tacion |
| S_TIPO                              | TIPO DE        | 01020 | Tipo de sumidero      | Texto   | NA   | S_tipo |
|                                     | SUMIDERO       | 306   |                       |         |      |        |
| REJ_MAT                             | MATERIAL DE    | 01020 | Material de la        | Texto   | NA   | S_rej_ |
|                                     | LA REJILLA     | 307   | rejilla del sumidero  |         |      | mat    |
| S_POS                               | POSICIÓN CON   | 01020 | Posición del          | Texto   | NA   | S_posi |
|                                     | RESPECTO A LA  | 308   | sumidero con          |         |      | cion   |
|                                     | VIA            |       | respecto a la vía     |         |      |        |
| TIPO_VIA                            | TIPO VIA       | 01020 | Indica de que tipo    | Texto   | NA   | Tipo_v |
|                                     |                | 309   | de vía proviene la    |         |      | ia     |
|                                     |                |       | escorrentía captada   |         |      |        |
|                                     |                |       | por el sumidero       |         |      |        |
| CNX_DIAM                            | DIÁMETRO       | 01020 | Diámetro              | Decimal | mm   |        |
|                                     | CONEXIÓN (mm)  | 310   | conexión (mm)         |         |      |        |
| MAT_TAPA                            | MATERIAL       | 01020 | Material de la tapa   | Texto   | NA   | S_mat  |
|                                     | TAPA           | 311   | del sumidero          |         |      | erial  |
| REJ_EST                             | ESTADO         | 01020 | Define si la rejilla  | Texto   | NA   | S_rej_ |
|                                     | REJILLA        | 312   | del sumidero se       |         |      | estado |
|                                     |                |       | encuentra deteriorada |         |      |        |
| EST_OP                              | ESTADO         | 01020 | Estado operativo      | Texto   | NA   | S_est  |
|                                     | OPERATIVO      | 313   | del sumidero          |         |      | ado    |
| COTA_RAS                            | COTA           | 01020 | Cota de la rasante    | Decimal | msnm |        |
|                                     | RASANTE (msnm) | 314   | del sumidero (msnm)   |         |      |        |
| OBSERV                              | OBSERVACION    | 01020 | Campo para            | Texto   | NA   |        |
|                                     | ES             | 315   | observaciones         |         |      |        |
| FECHA_LEV                           | FECHA          | 01020 | Fecha de              | Fecha   | NA   |        |
|                                     | LEVANTAMIENTO  | 316   | levantamiento de      |         |      |        |
|                                     |                |       | información           |         |      |        |
| FECHA_CRE                           | FECHA          | 01020 | Fecha de creación     | Fecha   | NA   |        |
| ACION                               | CREACIÓN       | 317   | del registro          |         |      |        |
| CREADO_PO                           | CREADO POR     | 01020 | Creador del           | Texto   | NA   |        |
| R                                   |                | 318   | registro              |         |      |        |
| FECHA_EDIC                          | FECHA          | 01020 | Fecha de edición      | Fecha   | NA   |        |
| ION                                 | EDICIÓN        | 319   | del registro          |         |      |        |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:



F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,  
 Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

VERSIÓN: 1.0

|   |            |             |              |                                                                                                                                   |         |    |
|---|------------|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| R | EDITADO_PO | EDITADO POR | 01020<br>320 | Editor del registro                                                                                                               | Texto   | NA |
|   | ADJUNTOS   | ADJUNTOS    | 01020<br>321 | Ruta relativa de ubicación del archivo para creación de hipervínculo                                                              | Texto   | NA |
| X |            | COORDENADA  | 01020<br>322 | Coordenada X expresada en metros de la ubicación del elemento acuerdo al sistema de referencia del dataset de la base de datos    | Decimal | m  |
|   |            | X           |              |                                                                                                                                   |         |    |
| Y |            | COORDENADA  | 01020<br>323 | Coordenada Y expresada en metros de la ubicación del elemento de acuerdo al sistema de referencia del dataset de la base de datos | Decimal | m  |
|   |            | Y           |              |                                                                                                                                   |         |    |
|   | ID_PLANCHA | ID PLANCHA  | 01020<br>324 | Código identificativo único de la plancha caertográfica de pertenencia del sumidero                                               | Texto   | NA |
|   | DIRECCION  | DIRECCIÓN   | 01020<br>325 | Dirección del sumidero                                                                                                            | Texto   | NA |

### • Suscriptores

|            |                                                                                                                            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código     | 0103                                                                                                                       |
| Definición | Incluye la información consolidada y actualizada de suscriptores de la red de drenaje urbano del municipio de Piedecuesta. |
| Alias      | Suscriptores                                                                                                               |
| Objetos    | Suscriptores                                                                                                               |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

• **Suscriptores Atributos**

| NOMBRE           | ALIAS         | CÓDIGO | DEFINICIÓN             | TIP  | UNID   | DOMIN |
|------------------|---------------|--------|------------------------|------|--------|-------|
|                  |               | GO     |                        | O DE | AD DE  | IO    |
|                  |               |        |                        | DATO | MEDIDA |       |
| <b>COD_SUSCR</b> | CÓDIGO        | 01040  | Código suscriptor      | Text | NA     |       |
|                  | SUSCRIPTOR    | 101    |                        | o    |        |       |
| <b>BARRIO</b>    | BARRIO        | 01040  | Barrio en donde        | Text | NA     |       |
|                  |               | 102    | se ubica al suscriptor | o    |        |       |
| <b>DIRECCION</b> | DIRECCIÓN     | 01040  | Dirección en           | Text | NA     |       |
|                  |               | 103    | donde se ubica al      | o    |        |       |
|                  |               |        | suscriptor             |      |        |       |
| <b>X</b>         | COORDENAD     | 01040  | Coordenada X del       | Deci | m      |       |
|                  | A X           | 104    | suscriptor             | mal  |        |       |
| <b>Y</b>         | COORDENAD     | 01040  | Coordenada Y del       | Deci | m      |       |
|                  | A Y           | 105    | suscriptor             | mal  |        |       |
| <b>USO_LEGAL</b> | USO LEGAL     | 01040  | Uso legal              | Text | NA     |       |
|                  |               | 106    |                        | o    |        |       |
| <b>NOMBRE_S</b>  | NOMBRE        | 01040  | Nombre del             | Text | NA     |       |
|                  | SUSCRIPTOR    | 107    | suscriptor             | o    |        |       |
| <b>ALCANT</b>    | ¿TIENE        | 01040  | Indica si el           | Text | NA     |       |
|                  | ALCANTARILLAD | 108    | suscriptor tiene       | o    |        |       |
|                  | O?            |        | alcantarillado         |      |        |       |
| <b>ESTRATO</b>   | ESTRATO       | 01040  | Estrato                | Text | NA     |       |
|                  |               | 109    |                        | o    |        |       |

• **Areas Aferentes**

|            |                                                                                                                                                                                                                        |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre     | Areas_afereentes                                                                                                                                                                                                       |
| Código     | 010401                                                                                                                                                                                                                 |
| Definición | Superficie topográficamente limitada, que se drena por uno o varios recorridos de agua, de tal manera que la totalidad del flujo efluente se desagua a partir de una salida (conductos en sistemas de alcantarillado). |
| Alias      | Áreas aferentes                                                                                                                                                                                                        |
| Subtipos   | No aplica                                                                                                                                                                                                              |

• **Areas Aferentes Atributos**

| NOMBRE            | ALIAS                     | CÓDIG<br>O   | DEFINICIÓN                                                                                                 | TIPO<br>DE DATO | UNIDAD<br>DE MEDIDA | DOMI<br>NIO |
|-------------------|---------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| ID_AF             | ID ÁREA<br>AFERENTE       | 0104010<br>1 | Identificador único<br>del área aferente<br>dentro de la base de<br>datos                                  | Texto           | NA                  |             |
| AREA_AF           | ÁREA DEL<br>ÁREA AFERENTE | 0104010<br>2 | Área del área<br>aferente en m <sup>2</sup>                                                                | Decim<br>al     | NA                  |             |
| ID_POZO           | ID POZO                   | 0104010<br>3 | Identificador único<br>del pozo al cual está<br>asociada el área<br>aferente dentro de la<br>base de datos | Texto           | NA                  |             |
| NOMENCL_PO<br>ZO  | NOMENCLAT<br>URA POZO     | 0104010<br>4 | Nomenclatura del<br>pozo de acuerdo a las<br>especificaciones<br>adoptadas                                 | Texto           | NA                  |             |
| CN_POND           | NÚMERO DE<br>CURVA        | 0104010<br>5 | Número de curva<br>de escorrentía (CN)<br>del área aferente.                                               | Decim<br>al     | NA                  |             |
| PENDIENTE         | PENDIENTE<br>(%)          | 0104010<br>6 | Pendiente<br>promedio del área<br>aferente en<br>porcentaje.                                               | Decim<br>al     | %                   |             |
| FECHA<br>CREACIÓN | FECHA<br>CREACIÓN         | 0104010<br>7 | Fecha de creación<br>del registro                                                                          | Texto           | NA                  |             |
| CREADO_POR        | CREADO<br>POR             | 0104010<br>8 | Creado por                                                                                                 | Texto           | NA                  |             |
| FECHA_EDICIO<br>N | FECHA<br>EDICIÓN          | 0104010<br>9 | Fecha de edición<br>del registro                                                                           | Texto           | NA                  |             |
| EDITADO_POR       | EDITADO<br>POR            | 0104011<br>0 | Editado por                                                                                                | Texto           | NA                  |             |
| ZONA_MODEL<br>O   | ZONA DEL<br>MODELO        | 0104011<br>1 | Zona del modelo a<br>la cual pertenece el<br>área aferente                                                 | Texto           | NA                  |             |

## 5. RESULTADOS

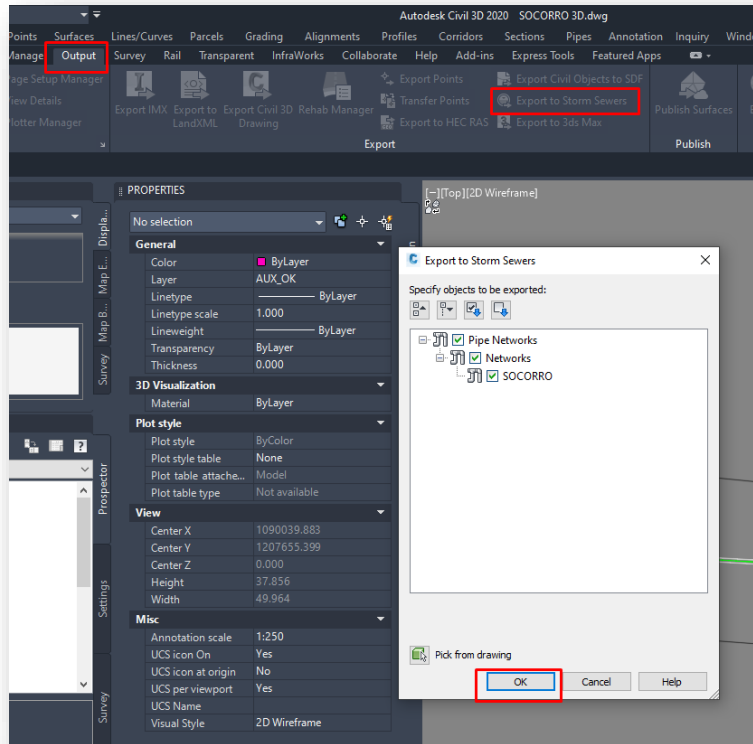
### 5.1. CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

Para esta fase de la creación del modelo hidráulico, es de vital importancia tener toda la información levantada en campo, quede almacenada en el software AutoCAD civil 3D que corresponde a la Fase 2, por el programa que se piensa utilizar, posee una compatibilidad con la interfaz que posee AutoCAD Civil 3D.

#### 5.1.1. EXPORTACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

los datos almacenados de la Fase 2, en el software AutoCAD civil 3D, tienen la capacidad de ser exportados en formato .xml o .stm, este último tipo de formato corresponde a un programa de Autodesk Storm and Sanitary Analysis.

**Figura 23.** Exportación de datos a Storm Sewer

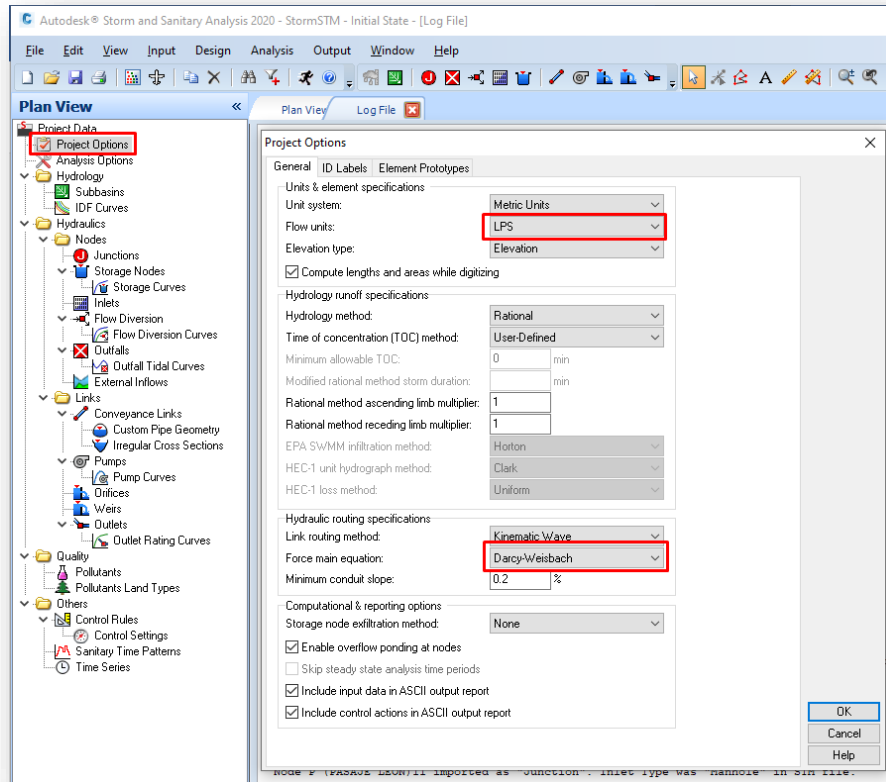


Nota: Fuente Propia

Con los datos exportados en formato .stm, se procede a ejecutar el software Autodesk Storm and Sanitary Analysis, para poder visualizar el sistema de alcantarillado existente se procede a importar dichos datos.

Al ser importados se procede a cambiar unos parámetros de las unidades a emplear y la ecuación a utilizar. Ver figura 24.

**Figura 24.** Configuración del proyecto.



Nota: Fuente Propia

Es necesarios realizar esta configuración antes de ser exportados en formato LandXML.

### 5.1.2. IMPORTACIÓN DE LOS ARCHIVOS LANDXML

Para importar los datos LandXML, se procede a utilizar el software SewerGEMS este programa se empleará para el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado existente del municipio del Socorro Santander, al importar los datos provenientes del AutoCAD Civil 3D cada estructura y tubería contiene un identificador único y las características de cada elemento que conforma el sistema de alcantarillado.

**Figura 25.** Importación Formato LandXML



Nota: Fuente Propia

**Figura 26.** Características elementos de la red de alcantarillado existente.



Nota: Fuente Propia

### 5.1.3. ERRORES TOPOLÓGICOS

Al importar los datos del AutoCAD Civil 3D, no nos percatamos que puede generar errores topológicos, como tuberías desconectadas de las estructuras o tuberías que tiene cotas bateas mayores o menores, de la cotas rasantes o fondo



de las estructuras. Estos errores pueden ser ocasionados por errores humanos al digitalizar las cotas pertinentes o los empalmes de los elementos.

El Programa SewerGEMS nos permite identificar estos errores topológicos, el software cuenta con una herramienta de validación que costa en generar un reporte de los posibles errores.

**Figura 27.** Reporte de errores.

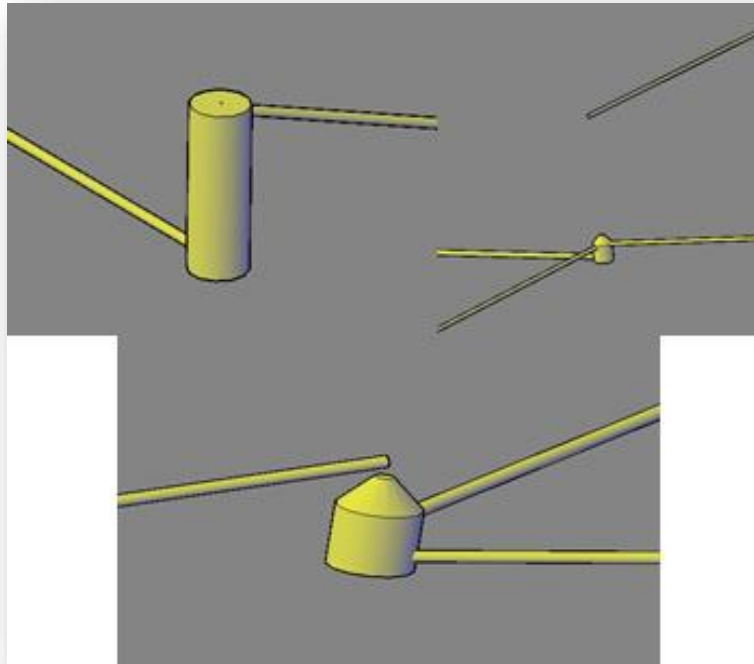
| Message Id | Scenario | Element Type | Element Id | Label    | Time (hours) | Message                                                                                                                | Source    |
|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 20283      | Base     | Conduit      | 1351       | T-(1095) | (N/A)        | Slope (0.224 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1376       | T-(324)  | (N/A)        | Slope (0.309 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1377       | T-(946)  | (N/A)        | Slope (0.293 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1379       | T-(550)  | (N/A)        | Slope (0.279 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1381       | T-(964)  | (N/A)        | Slope (0.209 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1423       | T-(687)  | (N/A)        | Slope (0.223 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1424       | T-(686)  | (N/A)        | Slope (0.242 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20351      | Base     | Conduit      | 1427       | T-(1107) | (N/A)        | Length (1.7 m) is less than (3.0 m). Check if the length value is correct.                                             | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1453       | T-(745)  | (N/A)        | Slope (0.231 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1455       | T-(1061) | (N/A)        | Slope (0.395 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1464       | T-(183)  | (N/A)        | Slope (0.347 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1465       | T-(58)   | (N/A)        | Slope (0.494 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1506       | T-(634)  | (N/A)        | Slope (0.264 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1517       | T-(256)  | (N/A)        | Slope (0.217 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1529       | T-(905)  | (N/A)        | Slope (0.213 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1530       | T-(605)  | (N/A)        | Slope (0.207 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1559       | T-(498)  | (N/A)        | Slope (0.437 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1572       | T-(517)  | (N/A)        | Slope (0.426 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1573       | T-(1022) | (N/A)        | Slope (0.201 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1577       | T-(1219) | (N/A)        | Slope (0.306 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1596       | T-(581)  | (N/A)        | Slope (0.244 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1597       | T-(453)  | (N/A)        | Slope (0.494 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1602       | T-(1190) | (N/A)        | Slope (0.212 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |
| 20283      | Base     | Conduit      | 1607       | T-(1080) | (N/A)        | Slope (0.204 ft./ft. V.H) is greater than (0.200 ft./ft. V.H). Check to see if the Start and Stop Inverts are correct. | Hydraulic |

Nota: Fuente Propia

Al crear esta tabla de reporte de errores, es importante corregir estas inconsistencias en el archivo original de AutoCAD Civil 3D para que no tengan inconsistencia entre el archivo de CAD y el modelo hidráulico.

Ya resuelto los errores topológicos se valida nuevamente la información.

**Figura 28.** Errores Topológicos.



Nota: Fuente Propia

## 5.2. CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO BASE

Para la creación del modelo hidráulico base es necesario realizar la configuración de parámetros al software.

### 5.2.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

La estimación de caudales es una variable hidráulica de mayor relevancia, es un flujo que es transportado por un conducto.

Los caudales para los sistemas de alcantarillado se dividen en tres:

- Caudal de aguas residuales o sanitarias
- Caudal de aguas lluvias o pluvial

- Caudal de aguas combinadas (Sanitarias y Pluvial)

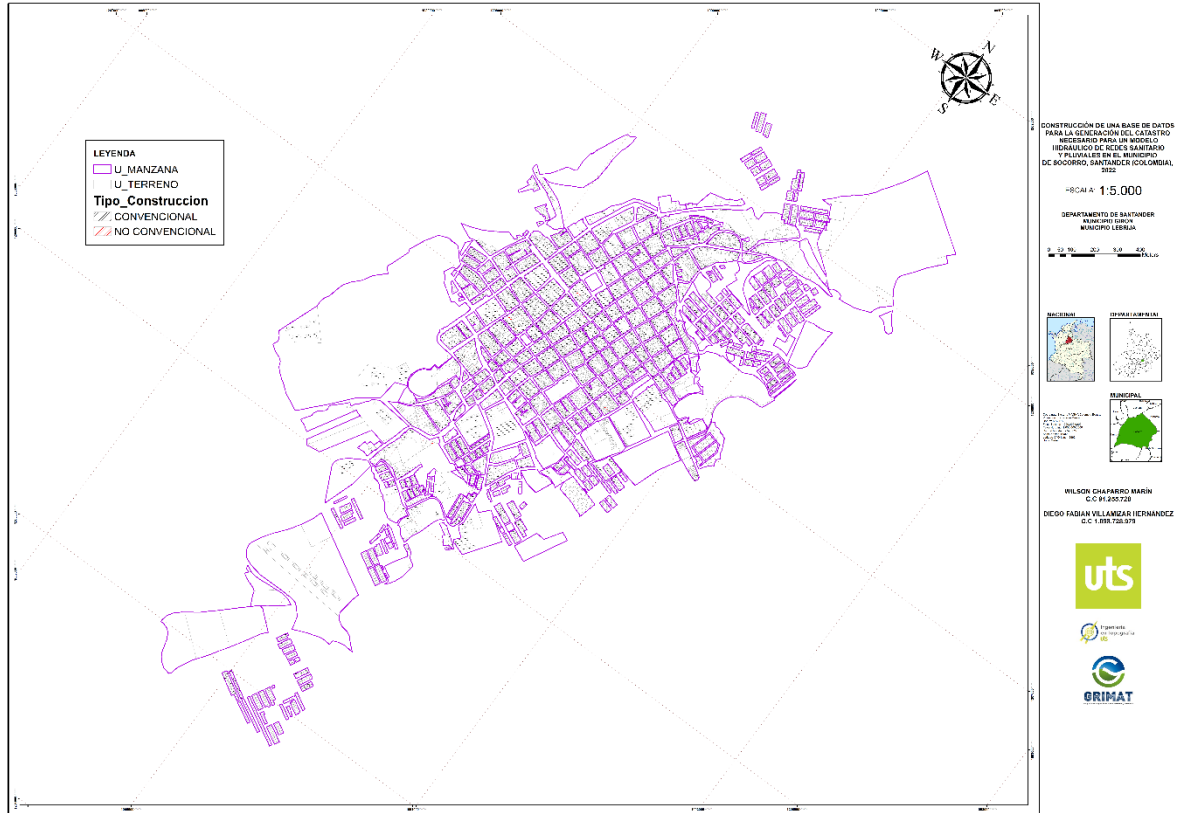
La estimación de caudales se desarrolla a continuación.

### **5.2.2. CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES O SANITARIAS**

La resolución 0330 de 2017, establece que los caudales de aguas residuales aportan a sistemas de alcantarillado con base de los consumos o mediciones del área de estudio o a su debida proyección.

Debido de información al catastro de suscriptores y las lecturas de medición del consumo de agua potable, se establece el catastro urbano del municipio del Socorro. Como información base, por el número de predios que se encuentra en el municipio. A continuación, se muestra en la figura 29 el catastro urbano del municipio del Socorro.

**Figura 29.** Catastro urbano del municipio del Socorro.



Nota: Fuente IGAC.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera un total de 6469 polígonos asumiendo como suscriptores, cuya área total equivale a 1502082.52m<sup>2</sup> (150.21 ha). La proyección de la población futura se lleva a cabo por recomendación de la 0330 de 2017, con los registros de crecimientos del municipio del DANE.

### **5.2.3. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERIODOS DE DISEÑO**

Para la proyección de la población constituye en la estimación de la demanda a futuro, fundamental en el área de estudio, en este caso es el municipio del Socorro.

A continuación, se muestra los registros por el Departamento administrativo Nacional de Estadística DANE.

**Tabla 3.** Censo y proyección DANE para el municipio del Socorro

| <b>Socorro</b> | <b>Cabecera</b> |
|----------------|-----------------|
| <b>1985</b>    | 16662           |
| <b>1986</b>    | 16346           |
| <b>1987</b>    | 16239           |
| <b>1988</b>    | 16244           |
| <b>1989</b>    | 16290           |
| <b>1990</b>    | 16443           |
| <b>1991</b>    | 16640           |
| <b>1992</b>    | 16894           |
| <b>1993</b>    | 17165           |
| <b>1994</b>    | 17721           |
| <b>1995</b>    | 18297           |
| <b>1996</b>    | 18857           |
| <b>1997</b>    | 19388           |
| <b>1998</b>    | 19937           |
| <b>1999</b>    | 20428           |
| <b>2000</b>    | 20963           |
| <b>2001</b>    | 21496           |
| <b>2002</b>    | 22037           |
| <b>2003</b>    | 22596           |
| <b>2004</b>    | 23174           |
| <b>2005</b>    | 23782           |
| <b>2006</b>    | 23810           |
| <b>2007</b>    | 23943           |
| <b>2008</b>    | 24108           |
| <b>2009</b>    | 24287           |
| <b>2010</b>    | 24485           |
| <b>2011</b>    | 24728           |
| <b>2012</b>    | 25011           |
| <b>2013</b>    | 25198           |
| <b>2014</b>    | 25374           |
| <b>2015</b>    | 25490           |
| <b>2016</b>    | 25649           |
| <b>2017</b>    | 25834           |
| <b>2018</b>    | 26232           |

|             |              |
|-------------|--------------|
| <b>2019</b> | 27041        |
| <b>2020</b> | 27736        |
| <b>2021</b> | 28134        |
| <b>2022</b> | <b>28430</b> |
| <b>2023</b> | 28713        |
| <b>2024</b> | 29008        |
| <b>2025</b> | 29282        |
| <b>2026</b> | 29557        |
| <b>2027</b> | 29835        |
| <b>2028</b> | 30088        |
| <b>2029</b> | 30324        |
| <b>2030</b> | 30553        |
| <b>2031</b> | 30759        |
| <b>2032</b> | 30957        |
| <b>2033</b> | 31160        |
| <b>2034</b> | 31337        |
| <b>2035</b> | 31485        |

Nota: Tomada del DANE

#### **5.2.4. PERIODOS DE DISEÑO Y POBLACIÓN ACTUAL**

Teniendo en cuenta la resolución 0330 del 8 de junio de 2017, Artículo 40. Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta un periodo de diseño de 25 años.

Para la proyección de la población, debido a la carencia de censos en el sector de interés se asume una densidad poblacional actual del año 2022 con un número de habitantes 28430 en 150.21 ha, ver tabla 3.

#### **5.2.5. MÉTODO DE CÁLCULO DE POBLACIÓN**

Para el cálculo de población, se debe tener en cuenta la proyección de las personas que habitan en el área de interés, todo depende del nivel de complejidad del sistema como lo enseña la tabla 4, de acuerdo con el RAS título B. Cabe de resaltar en la resolución 0330 del 8 de junio del 2017, abolió el nivel de complejidad, por lo cual se calcula la población utilizando los siguientes modelos matemáticos:

Aritmético, geométrico, exponencial y método gráfico, seleccionando el modelo que se ajuste más al comportamiento histórico de la población, los datos se deberán ser ajustados por la población flotante y la población migratoria.

**Tabla 4.** Método de cálculo de población

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

| MÉTODO POR EMPLEAR               | BAJO       | MEDIO       | MEDIO ALTO | ALTO |
|----------------------------------|------------|-------------|------------|------|
| Aritmético, exponencial          | geométrico | y           | X          | X    |
| Aritmético, exponencial, otros   |            | geométrico, |            | X    |
| por (demográficos)               |            | componentes |            | X    |
| detallar por detallar densidades | zonas      | y           |            | X    |
| método grafico                   |            | X           | X          |      |

Nota: Tomada del RAS título B

- **Método Aritmético**

La ecuación para la población proyectada es la siguiente.

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} x (Tf - Tuc)$$

Donde:

Pf = Población Correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (Habitantes).

Puc = Población último censo.

Pci = Población censo inicial.

Tuc = Año último censo.

Tci = Año censo inicial.

Tf = año de proyección.

**Tabla 5.** Cálculos Método Aritmético

| <b>Método Aritmético</b> |                |
|--------------------------|----------------|
| <b>Puc</b>               | 28430          |
| <b>Pci</b>               | 26232          |
| <b>Tuc</b>               | 2022           |
| <b>Tci</b>               | 2018           |
| <b>Tf</b>                | 2047           |
| <b>Pf</b>                | <b>42167.5</b> |

Población final Método Aritmético es de 42167.5 habitantes.

- **Método Geométrico**

El método geométrico consta de las siguientes ecuaciones.

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Donde:

Pf = Población final.

Puc = Población último censo.

Pci = Población censo inicial.

Tf = Año final.

Tuc = Año último censo.

r = tasa de crecimiento anual.

r se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left( \frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$$

Donde:

Pci = Población censo inicial.

Tci = Año censo inicial.

**Tabla 6.** Cálculos Método Geométrico

| <b>Método Geométrico</b> |       |
|--------------------------|-------|
| Puc                      | 28430 |
| Pci                      | 26232 |



|     |              |
|-----|--------------|
| Tuc | 2022         |
| Tci | 2018         |
| Tf  | 2047         |
| r   | 0.0203199    |
| Pf  | <b>47010</b> |

Población final Método Geométrico es de 47010 habitantes.

- **Método Exponencial**

El método exponencial consta de las siguientes ecuaciones.

$$Pf = Pci \times e^{k \times (Tf - Tci)}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población, la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

Pcp= Población censo posterior.

Pca = Población censo anterior.

Tcp= Año al censo posterior.

Tca= Año censo anterior.

Ln = Logaritmo natural.

**Tabla 7.** Cálculos Método Exponencial

| <b>Método Exponencial</b> |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Puc                       | 28430           |
| Pci                       | 26232           |
| Tuc                       | 2022            |
| Tci                       | 2018            |
| Tf                        | 2047            |
| K                         | 0.0201162       |
| Pf                        | <b>47009.54</b> |

Población final Método Geométrico es de 47010 habitantes.

Con los cálculos obtenidos se concluye que el método a utilizar en la proyección poblacional es el método geométrico, debido a que este contiene el mayor número

de 47010 habitantes para una población futura de 25 años. Se debe optar un

porcentaje del 2% para la población flotante. A consideración de lo anterior la población final es de 47951 habitantes.

Considerando dicha población el área de los predios o suscriptores del proyecto es de 1502082.52m<sup>2</sup> (150.21 Ha), se tiene una densidad poblacional aproximada de 31923.01 Hab/Km<sup>2</sup>

### **5.2.6. ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO SANITARIO O RESIDUAL**

Para la estimación del caudal de diseño sanitario o residual, se entiende que el consumo de agua es superior al de descarga o residual, bien sea por evaporación, almacenamiento o consumo humano. Por lo tanto, es necesario implementar un coeficiente de retorno.

El coeficiente de retorno se estima a partir de la información existente de la localidad o por la entidad prestadora del servicio. Por carencias de información la resolución 0330 de 2017 permite la adaptación de un valor de 0.85.

El caudal de aguas sanitarias o residuales, es necesario considerar los caudales por conexiones erradas y de infiltración, dichos caudales mencionados anteriormente se deberán estimarse a partir de una información existente. En caso que no se posea información la resolución 0330 de 2017 permite un valor máximo de 0.2 Lps/Hab para conexiones erradas y de 0.1 a 0.3 Lps/Hab para infiltración.

Mencionado anteriormente para la estimación del caudal de aguas residuales o sanitarias, se estima a partir de la siguiente expresión.

- **Caudal medio de aguas residuales**

El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) es la suma de los aportes de aguas domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

$$QMD = QD + QI + QC + QIN$$

El caudal medio diario (QMD) debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales, de operación del sistema. En los casos donde las contribuciones industriales, comerciales e institucionales sean marginales con respecto a las domésticas, pueden ser estimadas como un porcentaje de los aportes domésticos.

Para el desarrollo del presente proyecto, solo se tiene en cuenta las descargas domésticas.

$$QD = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400}$$

Donde:

QD = Caudal doméstico (LPS)

C = Consumo neto diario (L/hab\*día)

P = Población

R = Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno (R), debe ser estimado a partir del análisis de la información existente en el área del proyecto, de no contar datos se toma el valor 0.85 de la resolución 0330 del 2017.

- **Dotación neta Máxima**

la Dotación neta máxima calculada no deberá superar los valores establecidos en la tabla establecida en el numeral 9 de la resolución 0330 de 2017, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar donde se encuentre el sistema. Ver tabla 8.

**Tabla 8.** Dotación neta máxima

| Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida | Dotación Neta Máxima (L/hab/Día) |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| >2000 msnm                                                 | 120                              |
| 1000 - 2000 msnm                                           | 130                              |
| <1000 msnm                                                 | 140                              |

Nota: Basada en la Resolución 0330 de 2017

Para el municipio del Socorro Santander, la dotación neta equivalente es de 130 litros\*Hab/día

- **Conexiones Erradas (QCE)**

se debe tener en consideración los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, proveniente de malas conexiones internas de los bajantes de los tejados o sifones de los patios. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y depositar al sistema correspondiente para evacuar las aguas lluvias.

Los aportes de conexiones erradas se deberán estimarse a partir de la información existente en el área del proyecto, en caso de no contar con la información pertinente se deberá utilizar el valor máximo de 0.2 L/s por Habitante

- **Infiltración (QINF)**

Las infiltraciones que puede recibir el sistema de alcantarillado de aguas residuales por parte de aguas superficiales principalmente como aguas freáticas, filtraciones de las redes de agua potable a través de las fisuras de los colectores, juntas de la tubería, la unión de los colectores con pozos de inspección y demás estructuras que puede conformar el sistema de alcantarillado, que no son completamente impermeables. Antes la ausencia de la información, se optará un factor entre 0.1 y 0.3 L/s por Habitante, de acuerdo de las características de elevación, suelos, nivel freático y precipitación del área de estudio.

- **Caudal Máximo Horario**

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de alcantarillado sanitario para su recolección y evacuación de las aguas residuales. El Caudal máximo horario se calcula a partir del caudal final medio horario, mediante el uso del factor mayoración F que se encuentra en el título D del capítulo 3.3.5.1 del RAS.

Harmon y Babbit, válidas para poblaciones de 1000 a 1000000 habitantes, y la de Flores, en las cuales se estima F en función del número de habitantes.

$$F = \frac{14}{(4 + P^{0.5})} \text{ Harmon}$$

$$F = \frac{5}{P^{0.2}} \text{ Babbitt}$$

$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}} \text{ Flores}$$

El factor de mayoración también puede ser dado en términos del caudal medio diario como en las fórmulas de Los Angeles o la de Tchobanoglous.

$$F = \frac{3.53}{QMD^{0.0914}} \text{ Los Angeles}$$

$$F = \frac{3.70}{QMD^{0.0733}} \text{ Tchobanoglous}$$

La fórmula de Los Ángeles es válida para el rango de 2,8 a 28300 L/s, mientras que la de Tchobanoglous lo es para el rango de 4 a 5000 L/s. Esta última relación es adecuada cuando la contribución de aguas residuales de procedencia comercial, industrial e institucional no representa más del 25% del caudal total de aguas residuales.

En general el valor de F debe ser mayor o igual a 1.4.

- **Caudal de Diseño**

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene mediante la suma del caudal máximo horario del día máximo, QMH, con los aportes por infiltraciones y conexiones erradas del sistema de alcantarillado.

$$QDT = QMHF + QINF + QCE$$

Donde:

QDT = Caudal de diseño para cada tramo de la red (m<sup>3</sup>/s).

QMHF = Caudal máximo horario final (m<sup>3</sup>/s).

QINF = Caudal por infiltración (m<sup>3</sup>/s).

QCE = Caudal por conexiones erradas (m<sup>3</sup>/s).

Este caudal es el correspondiente a las contribuciones acumuladas que llegan al tramo hasta el pozo de inspección inferior.

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 L/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

**Tabla 9.** Caudal de diseño para el municipio del Socorro, Santander.

| Densidad (hab/km <sup>2</sup> ) | Área (km <sup>2</sup> ) | Dotación (L*Hab/día) | QD (LPS) | R    | QMD (LPS) | QCE (LPS) | QINF (LPS) | QMH (LPS) | F Tchobanoglous | QDT (LPS) |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------|----------|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|-----------|
| 31923.01                        | 1.50                    | 130                  | 61.33    | 0.85 | 61.33     | 30.04     | 15.02      | 167.808   | 2.7363          | 212.871   |

Partiendo del valor del caudal de diseño para la totalidad del sistema se divide por el área de drenaje sanitario (212.871 LPS/150.21Ha = 1.417 LPS/Hab), para la evaluación del sistema de alcantarillado existente para el año 2047.

**Tabla 10.** Caudal de diseño para las estructuras existentes del proyecto.

| ID | ÁREA m <sup>2</sup> | ÁREA ha | Q LPS/Ha | Q SAN LPS |
|----|---------------------|---------|----------|-----------|
| 1  | 275.587             | 0.028   | 1.417    | 0.039     |
| 2  | 78.053              | 0.008   | 1.417    | 0.011     |
| 3  | 107.224             | 0.011   | 1.417    | 0.015     |
| 4  | 71.923              | 0.007   | 1.417    | 0.010     |
| 5  | 43.325              | 0.004   | 1.417    | 0.006     |
| 6  | 115.343             | 0.012   | 1.417    | 0.016     |
| 7  | 71.541              | 0.007   | 1.417    | 0.010     |
| 8  | 290.516             | 0.029   | 1.417    | 0.041     |
| 9  | 106.590             | 0.011   | 1.417    | 0.015     |
| 10 | 77.833              | 0.008   | 1.417    | 0.011     |
| 11 | 263.583             | 0.026   | 1.417    | 0.037     |
| 12 | 198.608             | 0.020   | 1.417    | 0.028     |
| 13 | 71.892              | 0.007   | 1.417    | 0.010     |
| 14 | 70.842              | 0.007   | 1.417    | 0.010     |
| 15 | 95.499              | 0.010   | 1.417    | 0.014     |
| 16 | 102.460             | 0.010   | 1.417    | 0.015     |
| 17 | 85.369              | 0.009   | 1.417    | 0.012     |
| 18 | 76.423              | 0.008   | 1.417    | 0.011     |
| 19 | 69.607              | 0.007   | 1.417    | 0.010     |
| 20 | 216.317             | 0.022   | 1.417    | 0.031     |

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

MONOGRAFÍA: ENTRENAMIENTO MOTOR

|    |          |       |       |       |
|----|----------|-------|-------|-------|
| 21 | 289.048  | 0.029 | 1.417 | 0.041 |
| 22 | 77.276   | 0.008 | 1.417 | 0.011 |
| 23 | 151.447  | 0.015 | 1.417 | 0.021 |
| 24 | 123.598  | 0.012 | 1.417 | 0.018 |
| 25 | 114.114  | 0.011 | 1.417 | 0.016 |
| 26 | 529.645  | 0.053 | 1.417 | 0.075 |
| 27 | 76.311   | 0.008 | 1.417 | 0.011 |
| 28 | 104.463  | 0.010 | 1.417 | 0.015 |
| 29 | 70.459   | 0.007 | 1.417 | 0.010 |
| 30 | 246.141  | 0.025 | 1.417 | 0.035 |
| 31 | 300.164  | 0.030 | 1.417 | 0.043 |
| 32 | 102.114  | 0.010 | 1.417 | 0.014 |
| 33 | 139.821  | 0.014 | 1.417 | 0.020 |
| 34 | 1952.988 | 0.195 | 1.417 | 0.277 |
| 35 | 106.529  | 0.011 | 1.417 | 0.015 |
| 36 | 137.992  | 0.014 | 1.417 | 0.020 |
| 37 | 298.344  | 0.030 | 1.417 | 0.042 |
| 38 | 274.283  | 0.027 | 1.417 | 0.039 |
| 39 | 164.743  | 0.016 | 1.417 | 0.023 |
| 40 | 123.182  | 0.012 | 1.417 | 0.017 |
| 41 | 111.382  | 0.011 | 1.417 | 0.016 |
| 42 | 111.220  | 0.011 | 1.417 | 0.016 |
| 43 | 144.864  | 0.014 | 1.417 | 0.021 |
| 44 | 140.936  | 0.014 | 1.417 | 0.020 |
| 45 | 143.038  | 0.014 | 1.417 | 0.020 |
| 46 | 216.687  | 0.022 | 1.417 | 0.031 |
| 47 | 71.447   | 0.007 | 1.417 | 0.010 |
| 48 | 143.310  | 0.014 | 1.417 | 0.020 |
| 49 | 73.059   | 0.007 | 1.417 | 0.010 |
| 50 | 75.264   | 0.008 | 1.417 | 0.011 |

Nota: Fuente Propia, no se agregan todos los datos de los caudales de diseño.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

### **5.2.7. CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS O PLUVIAL**

El caudal de aguas lluvias o pluvial se estima a partir del análisis que se realiza en las estructuras y conductos (tuberías) que conforma el sistema de alcantarillado, se desarrollan por modelos de lluvias, escorrentías con base al método racional.

El método para su estimación dependerá de la magnitud de las áreas aferentes del área donde se va a realizar el proyecto, según la resolución 0330 de 2017 permite el uso del método racional para superficies aferentes inferiores o iguales a 80 hectáreas o 0.8 Km<sup>2</sup>, para áreas superiores la estimación del caudal se desarrollará mediante la metodología del hidrograma unitario.

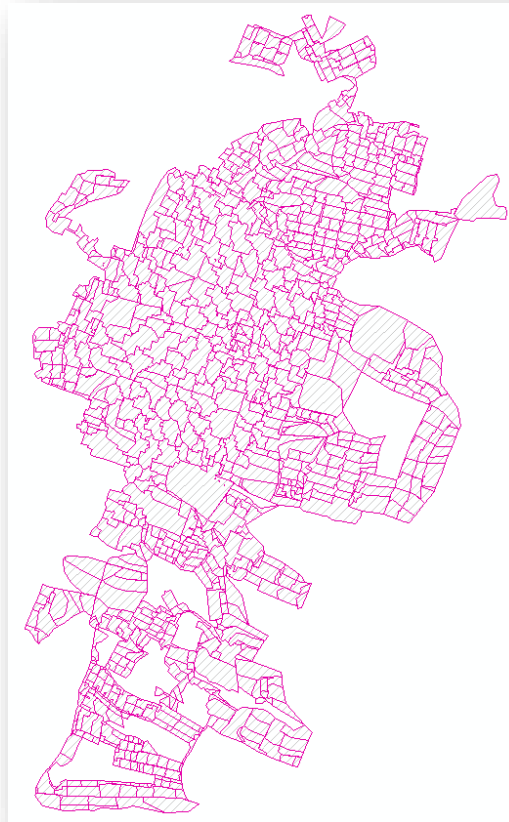
### **5.2.8. ÁREAS AFERENTES.**

Las áreas aferentes es el estado físico natural para la operación hidrológica, esta área se define como la superficie topográficamente limitada por donde drena uno o varios recorridos de agua, de tal manera que la totalidad del flujo se drena a una salida, para el municipio del socorro correspondería a los conductos (tuberías) existentes.

El límite de las áreas aferentes corresponde de una línea imaginaria, que divide las precipitaciones de las áreas aferentes adyacentes y orientar la escorrentía a un sistema de drenaje o alcantarillado.



**Figura 30.** Áreas aferentes del municipio del Socorro.



Nota: Elaborado por el autor

Las características de mayor relevancia de las áreas aferentes para la estimación de caudales son:

- Superficie: corresponde al área plana de una proyección horizontal que incluye la divisoria topográfica.
- Longitud y pendiente de un conducto: es el parámetro que se define mediante la longitud horizontal del conducto y la diferencia entre las cotas mayor y menor que se encuentra en dicha longitud.

- Tiempo de concentración: esta variable se refiere el tiempo necesario para el comienzo de la precipitación, aportar la totalidad del área aferente hasta el punto de salida de la misma área.

El tiempo de concentración se estima mediante ecuaciones empíricas, en su mayoría se alimenta de las variables de longitud y pendientes del drenaje (conducto) de las áreas aferentes.

Partiendo de las recomendaciones de INVIAS (2011), se establece un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos para este proyecto.

### **5.2.9. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

La naturaleza es una parte indispensable para el desarrollo de modelos matemáticos que permiten un grado de confiabilidad determinado el grado del rango, hace inferencias del comportamiento de una variable determinada. Para el caso de la precipitación se propone la creación de curvas que relacione la intensidad, la frecuencia de ocurrencia y el tiempo de duración de un evento de precipitación, configurando las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia).

### **5.2.10. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN**

Los análisis de las series de datos de las estaciones climatológicas adyacentes al área de interés del proyecto, deben elaborarse de manera que se obtenga una estimación con una incertidumbre menor al comportamiento de la lluvia de la zona. En el presente proyecto corresponde a la precipitación, cuya información se debe ser analizada y procesada para obtener resultados satisfactorios.

Para el municipio del socorro cuenta con tres estaciones aledañas que no cumple con el requerimiento mínimo de continuidad en las estaciones. Ver tabla 11.

**Tabla 11.** Tabla de Precipitación municipio del Socorro.

| Código   | Nombre                  | Fecha Inicio | Fecha fin  | Cantidad probable |
|----------|-------------------------|--------------|------------|-------------------|
| 24015370 | Hacienda<br>majavita UL | 2010-05-20   | 2013-04-30 | 1076              |
| 24020250 | Plazuela LA             | 1992-02-01   | 1994-12-31 | 1064              |
| 24010780 | Socorro                 | -            | -          | No tiene<br>datos |

Nota: Elaborada por el autor, basado en datos del IDEAM.

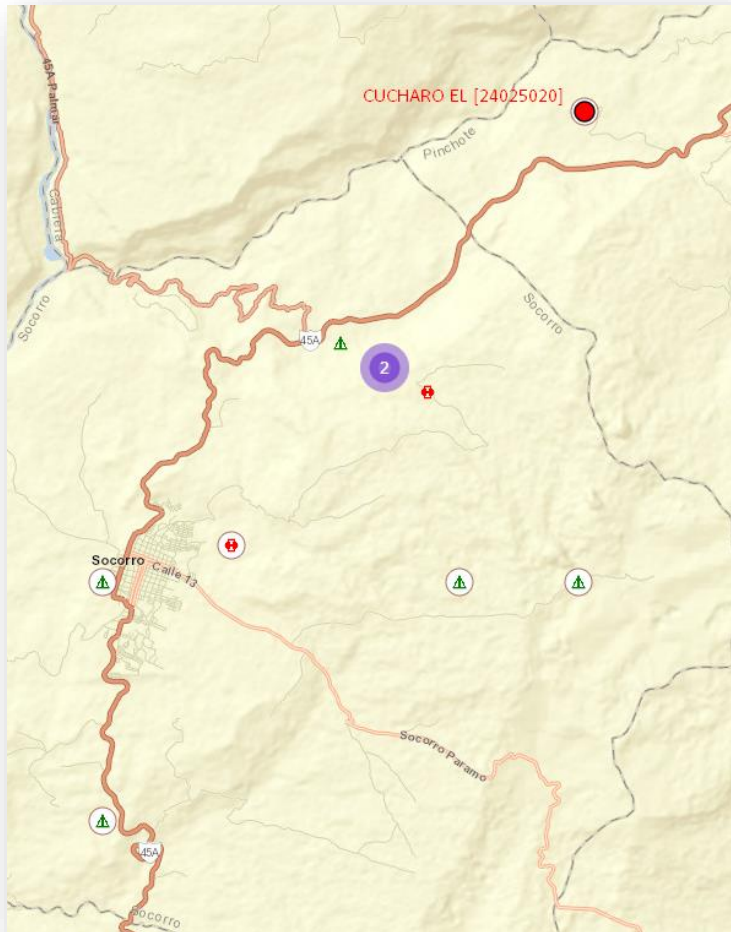
Para darle continuidad, se recurre a estaciones de precipitación más cercanas al área del proyecto y que cumplan con una continuidad de años, la estación que cumple estas características está ubicado en el municipio de Pinchote, ver tabla 12.

**Tabla 12.** Tabla de Precipitación estación Cucharó municipio de Pinchote.

| Código   | Nombre     | Fecha Inicio | Fecha fin  | Cantidad probable |
|----------|------------|--------------|------------|-------------------|
| 24025020 | CUCHARO EL | 1953-11-15   | 2021-12-31 | 10958             |

Nota: Elaborada por el autor, basado en datos del IDEAM.

**Figura 31.** Estación climatológica adyacente al proyecto.



Nota: Mapa de las estaciones, tomada del IDEAM.

Se estima los valores de precipitación máximos en años, en periodos de 24 horas.

Ver tabla 13.

**Tabla 13.** Valores de precipitación máximos

| CUCHARO |                  |
|---------|------------------|
| Años    | Pmax en 24 horas |
| 1992    | 90.5             |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|      |       |
|------|-------|
| 1993 | 67.6  |
| 1994 | 51.8  |
| 1995 | 62.6  |
| 1996 | 44    |
| 1997 | 71    |
| 1998 | 89    |
| 1999 | 61.5  |
| 2000 | 52.5  |
| 2001 | 51.6  |
| 2002 | 80    |
| 2003 | 58.8  |
| 2004 | 55.7  |
| 2005 | 57.8  |
| 2006 | 74.7  |
| 2007 | 88.4  |
| 2008 | 55.6  |
| 2009 | 57.1  |
| 2010 | 86    |
| 2011 | 68    |
| 2012 | 49    |
| 2013 | 66.5  |
| 2014 | 54.7  |
| 2015 | 79.8  |
| 2016 | 86.7  |
| 2017 | 78.6  |
| 2018 | 61    |
| 2019 | 103.5 |
| 2020 | 72.5  |
| 2021 | 38.7  |

Nota: Fuente Propia

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

### 5.2.11. CURVAS IDF

Las curvas IDF, son graficas que exponen las lluvias mediante la intensidad de la precipitación, como ordenadas de la duración de la lluvia y la probabilidad (periodo de retorno).

Para este proyecto del alcantarillado existente del municipio del Socorro, se crearon curvas IDF sintéticas mediante la metodología propuesta por Vargas & Díaz – Granados, 1998. Correlacionando las precipitaciones máximas en periodos de 24 horas, con el promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación, con unos ajustes en los parámetros de regresión adaptados para cada una de las regiones del país. Ver imagen xx.

La formulación general para la obtención de la intensidad media  $I$  en mm/hr se da en las siguientes expresiones:

$$(1) I = a \frac{T^b}{t^c} M^d$$

$$(2) I = a \frac{T^b}{t^c} M^d N^e$$

$$(3) I = a \frac{T^b}{t^c} M^d N^e P T^f$$

Dónde:

$I$  = Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

$T$  = Período de retorno en años.

$M$  = Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel minutal.

$t$  = Duración de la tormenta en horas.

$N$  = Promedio de número de días con lluvia al año (días).

$PT$  = Precipitación media anual (mm).

$a, b, c, d, e, f$  = Parámetros de ajuste de regresión, regionalizados.

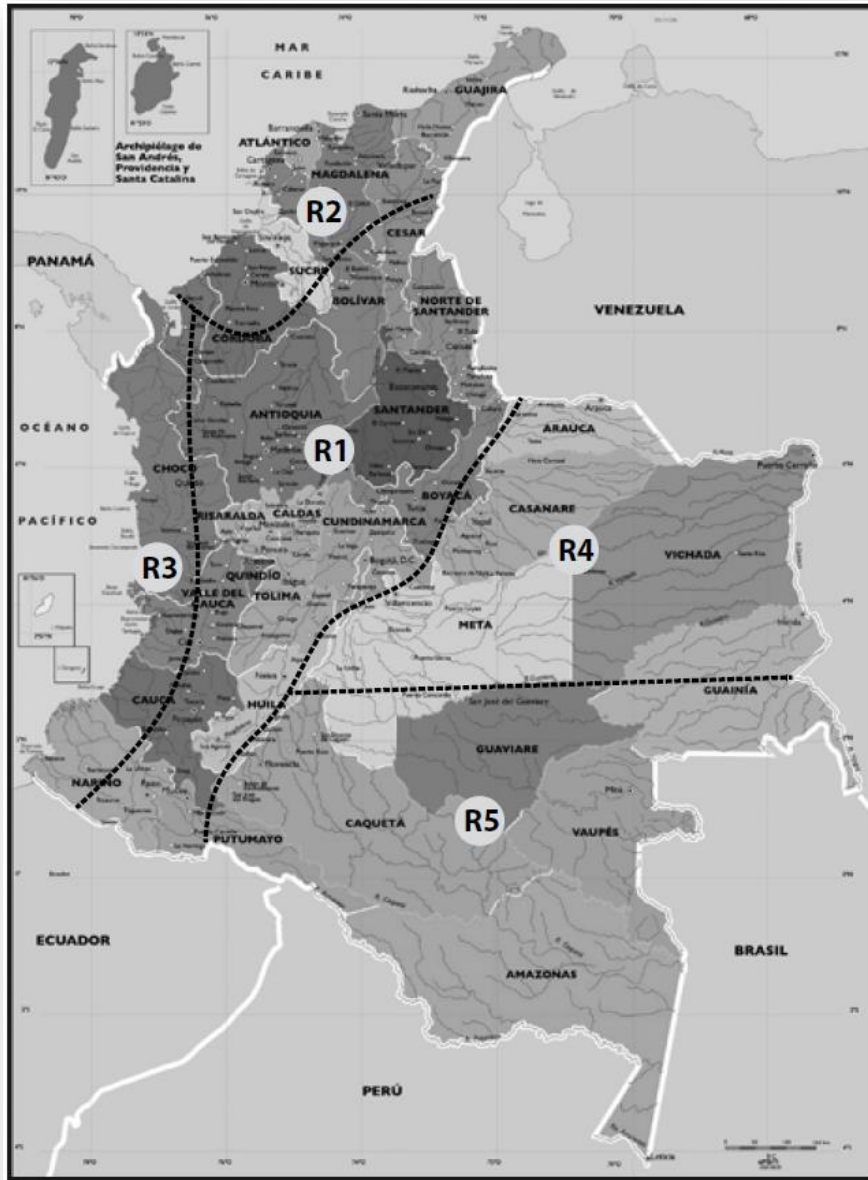
Los valores de los parámetros para las diferentes regiones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Parámetros de ajuste de regresión regionalizados en Colombia.

| Región                | Ecuación | a              | b    | c    | d     | e     | f    |
|-----------------------|----------|----------------|------|------|-------|-------|------|
| <b>Andina (R1)</b>    | 1        | 0.94           | 0.18 | 0.66 | 0.83  |       |      |
|                       | 2        | 1.22           | 0.19 | 0.66 | 0.83  | -0.05 |      |
|                       | 3        | 1.61           | 0.19 | 0.65 | 0.75  | -0.15 | 0.08 |
| <b>Caribe (R2)</b>    | 1        | 24.85          | 0.22 | 0.5  | 0.1   |       |      |
|                       | 2        | 16.66          | 0.21 | 0.5  | 0.03  | 0.15  |      |
|                       | 3        | 8.51           | 0.21 | 0.5  | -0.01 | -0.08 | 0.28 |
| <b>Pacífico (R3)</b>  | 1        | 13.92          | 0.19 | 0.58 | 0.2   |       |      |
|                       | 2        | 3.02           | 0.19 | 0.58 | 0.04  | 0.44  |      |
|                       | 3        | 2.31           | 0.19 | 0.58 | -0.2  | 0.12  | 0.4  |
| <b>Orinoquia (R4)</b> | 1        | 5.53           | 0.17 | 0.63 | 0.42  |       |      |
|                       | 2        | 75.03<br>1.3E- | 0.17 | 0.63 | 0.12  | -0.23 |      |
|                       | 3        | 26             | 0.19 | 0.58 | 1.19  | -1.46 | 8.28 |

Nota: Tabla basada de Vargas, R. & Díaz – Granados (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad duración-frecuencia para Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

**Figura 32.** Regiones de Colombia para definición de parámetros a, b, c y d.



Nota: Mapa regiones de Colombia, tomada de INVIAS (2015). Guía de diseño de pavimento con placa-huella.

ELABORADO POR:  
 Oficina de Investigaciones

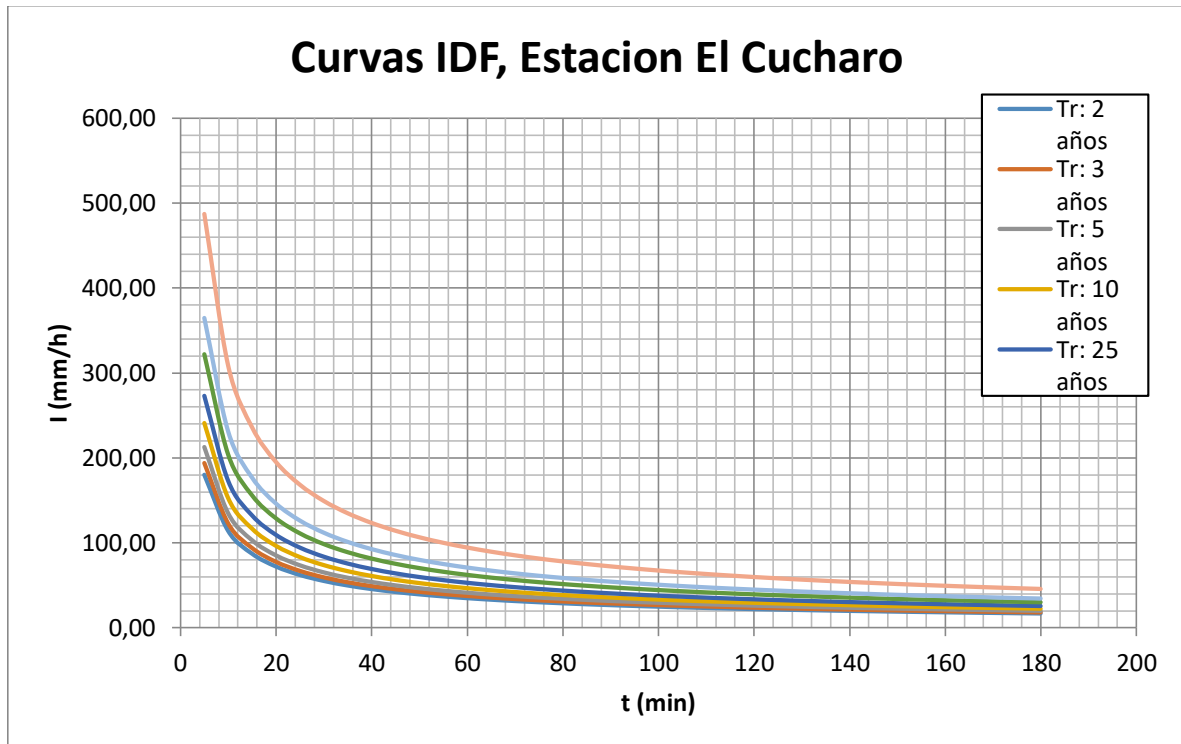
REVISADO POR:  
 soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
 FECHA APROBACIÓN:



Con base para crear las curvas IDF a partir de la ecuación número 1 de la metodología presentada, se obtiene el siguiente grafico de la estación El Cucharo del municipio de Pinchote.

**Figura 33.** Curvas IDF para la estación El Cucharo



Nota: Elaborado por el autor

### 5.2.12. **TORMENTA DE DISEÑO**

La base de la teoría para la deducción de las curvas IDF (intensidad – duración – frecuencia) para calcular el caudal de diseño o la tormenta es el siguiente:

- Con los datos de las curvas IDF, de la estación más cercana del municipio, se debe calcular las curvas de masas de los aguaceros puntuales con una duración entre 0 y 180 minutos, es decir que los periodos de retorno seleccionados, en inviértalos de tiempo son congruentes con la duración de la lluvia.

**Tabla 15.** Diseño de caudal o tormenta, estación El Cucharo

| Duración<br>(min) | intensidad    |            |               |                |                |                |                 |                 |
|-------------------|---------------|------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                   | Tr=2<br>años. | Tr=3 años. | Tr=5<br>años. | Tr=10<br>años. | Tr=20<br>años. | Tr=50<br>años. | Tr=100<br>años. | Tr=500<br>años. |
|                   | mm/hora       | mm/hora    | mm/hora       | mm/hora        | mm/hora        | mm/hora        | mm/hora         | mm/hora         |
| 5                 | 180.36        | 194.02     | 212.70        | 240.97         | 272.99         | 321.94         | 364.72          | 487.28          |
| 10                | 114.15        | 122.79     | 134.62        | 152.50         | 172.77         | 203.75         | 230.82          | 308.39          |
| 15                | 87.35         | 93.96      | 103.01        | 116.70         | 132.20         | 155.91         | 176.63          | 235.98          |
| 20                | 72.24         | 77.71      | 85.20         | 96.52          | 109.34         | 128.95         | 146.08          | 195.17          |
| 25                | 62.35         | 67.07      | 73.53         | 83.30          | 94.37          | 111.29         | 126.08          | 168.44          |
| 30                | 55.28         | 59.47      | 65.19         | 73.86          | 83.67          | 98.67          | 111.78          | 149.35          |
| 35                | 49.93         | 53.71      | 58.89         | 66.71          | 75.58          | 89.13          | 100.97          | 134.90          |
| 40                | 45.72         | 49.18      | 53.92         | 61.08          | 69.20          | 81.61          | 92.45           | 123.52          |
| 45                | 42.30         | 45.50      | 49.89         | 56.51          | 64.02          | 75.50          | 85.54           | 114.28          |
| 50                | 39.46         | 42.45      | 46.53         | 52.72          | 59.72          | 70.43          | 79.79           | 106.60          |
| 55                | 37.05         | 39.86      | 43.70         | 49.50          | 56.08          | 66.14          | 74.93           | 100.11          |
| 60                | 34.99         | 37.63      | 41.26         | 46.74          | 52.95          | 62.45          | 70.75           | 94.52           |
| 65                | 33.19         | 35.70      | 39.14         | 44.34          | 50.23          | 59.23          | 67.11           | 89.65           |
| 70                | 31.60         | 33.99      | 37.27         | 42.22          | 47.83          | 56.41          | 63.90           | 85.38           |
| 75                | 30.19         | 32.48      | 35.61         | 40.34          | 45.70          | 53.90          | 61.06           | 81.57           |
| 80                | 28.94         | 31.13      | 34.12         | 38.66          | 43.80          | 51.65          | 58.51           | 78.17           |
| 85                | 27.80         | 29.91      | 32.79         | 37.14          | 42.08          | 49.62          | 56.22           | 75.11           |
| 90                | 26.77         | 28.80      | 31.57         | 35.77          | 40.52          | 47.79          | 54.14           | 72.33           |
| 95                | 25.83         | 27.79      | 30.46         | 34.51          | 39.10          | 46.11          | 52.24           | 69.79           |
| 100               | 24.97         | 26.86      | 29.45         | 33.36          | 37.80          | 44.58          | 50.50           | 67.47           |
| 105               | 24.18         | 26.01      | 28.52         | 32.31          | 36.60          | 43.16          | 48.90           | 65.33           |
| 110               | 23.45         | 25.23      | 27.66         | 31.33          | 35.49          | 41.86          | 47.42           | 63.35           |
| 115               | 22.77         | 24.50      | 26.86         | 30.42          | 34.47          | 40.65          | 46.05           | 61.52           |
| 120               | 22.14         | 23.82      | 26.11         | 29.58          | 33.51          | 39.52          | 44.77           | 59.82           |
| 125               | 21.55         | 23.18      | 25.42         | 28.80          | 32.62          | 38.47          | 43.58           | 58.23           |
| 130               | 21.00         | 22.59      | 24.77         | 28.06          | 31.79          | 37.49          | 42.47           | 56.74           |
| 135               | 20.49         | 22.04      | 24.16         | 27.37          | 31.01          | 36.57          | 41.42           | 55.34           |
| 140               | 20.00         | 21.51      | 23.59         | 26.72          | 30.27          | 35.70          | 40.44           | 54.03           |
| 145               | 19.54         | 21.02      | 23.05         | 26.11          | 29.58          | 34.88          | 39.52           | 52.80           |
| 150               | 19.11         | 20.56      | 22.54         | 25.53          | 28.92          | 34.11          | 38.64           | 51.63           |

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|     |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 155 | 18.70 | 20.12 | 22.05 | 24.98 | 28.30 | 33.38 | 37.81 | 50.52 |
| 160 | 18.31 | 19.70 | 21.60 | 24.47 | 27.72 | 32.69 | 37.03 | 49.47 |
| 165 | 17.94 | 19.30 | 21.16 | 23.97 | 27.16 | 32.03 | 36.29 | 48.48 |
| 170 | 17.59 | 18.93 | 20.75 | 23.51 | 26.63 | 31.41 | 35.58 | 47.53 |
| 175 | 17.26 | 18.57 | 20.36 | 23.06 | 26.13 | 30.81 | 34.90 | 46.63 |
| 180 | 16.94 | 18.23 | 19.98 | 22.64 | 25.64 | 30.24 | 34.26 | 45.77 |

Nota: Elaborado por el autor

Con las intensidades de la estación El Cucharó utilizada, iniciando en el tiempo de 5 minutos hasta 180 minutos, se encuentra la precipitación en intervalos de 5 minutos para un tiempo de retorno:  $T_r=10, 25, 50, 100$  y 500 años.

### 5.2.13. PERIODO DE RETORNO

A partir de la resolución 0330 de 2017 el periodo de retorno, para la estimación de caudales debe determinar en la tabla 11 del documento, se puede apreciar en la tabla

**Tabla 16.** Periodos de retorno.

| Características del área de drenaje                                                                        | Periodo de retorno (años) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha                              | 3                         |
| Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha                | 5                         |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha                                             | 5                         |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha                                            | 10                        |
| Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 ha                                                        | 50                        |
| Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha                                     | 100                       |
| Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha | 100                       |

Nota: Elaborada por el autor, basado en la Resolución 0330 de 2017.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

Para el municipio del Socorro por contar con un área de 150.21 hectáreas, se toma un periodo de retorno de 10 años.

#### **5.2.14. MÉTODO RACIONAL PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES**

Según la resolución 0330 de 2018, permite emplear este método racional para áreas aferentes menores o iguales de 80 hectáreas o 0.8 Km<sup>2</sup>

Este método corresponde a uno de los más conocidos para la aplicación de la estimación de caudales externos en superficies pequeñas, este dicho método se basa en el concepto de la intensidad de lluvia (i), comienza en un instante y continua indefinidamente, la tasa de escorrentía aumenta hasta el tiempo de concentración

La siguiente ecuación presenta el método racional:

$$Q = kCI_{tr}A$$

Dónde:

Q = Caudal pico (m<sup>3</sup>/s) para un periodo de retorno T años

K = 0.278 (factor de conversión para garantizar unidades de Km<sup>2</sup>)

C = Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno T años

I<sub>tr</sub> = Intensidad promedio de la lluvia (mm/h) para una duración de lluvia (T<sub>c</sub> horas) y un periodo de retorno T años

A = Área de la superficie aferente (Km<sup>2</sup>)

Para el coeficiente de escorrentía está definido por Chow, et al (1988), como "la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta", y es función del período de retorno y de factores como la pendiente de la cuenca, las características del terreno, del almacenamiento y otras características de detención.

**Figura 34.** Coeficiente de escorrentía para el método racional

**Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional**

| Característica de la superficie                                      | Periodo de retorno (años) |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                      | 2                         | 5    | 10   | 25   | 50   | 100  | 500  |
| <b>Áreas desarrolladas</b>                                           |                           |      |      |      |      |      |      |
| Asfáltico                                                            | 0.73                      | 0.77 | 0.81 | 0.86 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| Concreto/techo                                                       | 0.75                      | 0.80 | 0.83 | 0.88 | 0.92 | 0.97 | 1.00 |
| <b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>                        |                           |      |      |      |      |      |      |
| <i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>    |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.32                      | 0.34 | 0.37 | 0.40 | 0.44 | 0.47 | 0.58 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.37                      | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.61 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.40                      | 0.43 | 0.45 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.62 |
| <i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)</i> |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.25                      | 0.28 | 0.30 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.33                      | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.37                      | 0.40 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.60 |
| <i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</i>    |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.21                      | 0.23 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.49 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.29                      | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.56 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.34                      | 0.37 | 0.40 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.58 |
| <b>Áreas no desarrolladas</b>                                        |                           |      |      |      |      |      |      |
| <b>Área de cultivos</b>                                              |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.31                      | 0.34 | 0.36 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.57 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.35                      | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.60 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.39                      | 0.42 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.54 | 0.61 |
| <b>Pastizales</b>                                                    |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.25                      | 0.28 | 0.30 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.33                      | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.37                      | 0.40 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.60 |
| <b>Bosques</b>                                                       |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%                                                          | 0.22                      | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.48 |
| Promedio, 2-7%                                                       | 0.31                      | 0.34 | 0.36 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.56 |
| Pendiente, superior a 7%                                             | 0.35                      | 0.39 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.58 |

Nota: Chow Ven Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York, USA: McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.

### 5.2.15. CAUDAL DE DISEÑO PLUVIAL

Partiendo de lo expuesto anteriormente, se calcula el caudal de diseño para el alcantarillado existente del municipio del Socorro, empleando cada área aferente asignada a la estructura donde va a recoger la escorrentía de la lluvia.

Para un periodo de retorno de 10 años con un coeficiente de escorrentía de 0.83, se toma este valor porque la mayoría de la superficie del municipio del Socorro es de concreto y techo.

A continuación, se muestra el caudal para cada estructura existente del municipio.

**Tabla 17.** Caudal de diseño para Estructuras Existentes

| Estructura     | Área m <sup>2</sup> | C    | I (mm/hr) | Q(lps) |
|----------------|---------------------|------|-----------|--------|
| P (CL21B-CR5)  | 206.83              | 0.83 | 116.70    | 5.569  |
| P (CL21B-CR5)1 | 1157.87             | 0.83 | 116.70    | 31.178 |
| P (CL21B-CR6)  | 1570.03             | 0.83 | 116.70    | 42.276 |
| P (CL22-CR5)   | 169.99              | 0.83 | 116.70    | 4.577  |
| P (CL22-CR6)   | 2648.21             | 0.83 | 116.70    | 71.308 |
| P (CL23-CR5)   | 165.62              | 0.83 | 116.70    | 4.460  |
| P (CL23-CR6)   | 2592.51             | 0.83 | 116.70    | 69.808 |
| P (CL24-CR5)   | 133.67              | 0.83 | 116.70    | 3.599  |
| P (CL24-CR5A)  | 959.87              | 0.83 | 116.70    | 25.846 |
| P (CL24-CR5A)1 | 1480.58             | 0.83 | 116.70    | 39.867 |
| P (CL25-CR5A)  | 872.87              | 0.83 | 116.70    | 23.504 |
| P (CL24-CR5B)  | 545.58              | 0.83 | 116.70    | 14.691 |
| P (CL24-CR5B)1 | 751.87              | 0.83 | 116.70    | 20.246 |
| P (CL25-CR5B)1 | 1853.12             | 0.83 | 116.70    | 49.898 |
| P (CL21A-CR7)  | 2067.55             | 0.83 | 116.70    | 55.673 |
| P (CL21B-CR7)  | 2201.96             | 0.83 | 116.70    | 59.292 |
| P (CL22-CR7)   | 2047.59             | 0.83 | 116.70    | 55.135 |

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,

VERSIÓN: 1.0

|                |         |      |        |        |
|----------------|---------|------|--------|--------|
| P (CL22-CR6)1  | 517.91  | 0.83 | 116.70 | 13.946 |
| P (CL24-CR6)   | 495.46  | 0.83 | 116.70 | 13.341 |
| P (CL23-CR6)1  | 574.70  | 0.83 | 116.70 | 15.475 |
| P (CL24-CR6)1) | 130.22  | 0.83 | 116.70 | 3.506  |
| P (CL24-CR6)2  | 454.18  | 0.83 | 116.70 | 12.229 |
| P (CL24-CR6)3  | 1794.51 | 0.83 | 116.70 | 48.320 |
| P (CL25-CR5B)  | 723.91  | 0.83 | 116.70 | 19.493 |
| P (CR13)2      | 1601.62 | 0.83 | 116.70 | 43.126 |
| P (CL24-CR6A)  | 1174.15 | 0.83 | 116.70 | 31.616 |
| P (CR13-CR6A)1 | 2327.97 | 0.83 | 116.70 | 62.685 |
| P (CR13-CR6A)  | 650.37  | 0.83 | 116.70 | 17.512 |
| P (CL21-CR7)   | 1001.48 | 0.83 | 116.70 | 26.966 |
| P (CL21-CR8A)  | 590.13  | 0.83 | 116.70 | 15.890 |
| P (CL21A-CR8)  | 3088.93 | 0.83 | 116.70 | 83.175 |
| P (CL21B-CR8)  | 3189.84 | 0.83 | 116.70 | 85.892 |
| P (CL22-CR7)1  | 1405.26 | 0.83 | 116.70 | 37.839 |
| P (CL23-CR7)   | 1924.75 | 0.83 | 116.70 | 51.827 |
| P (CL23-CR7)1  | 929.76  | 0.83 | 116.70 | 25.035 |
| P (CL24-CR7)   | 574.05  | 0.83 | 116.70 | 15.457 |
| P (CL24-CR7A)1 | 602.34  | 0.83 | 116.70 | 16.219 |
| P (CL24-CR8)   | 1242.68 | 0.83 | 116.70 | 33.461 |
| P (CL24-CR7A)2 | 1095.86 | 0.83 | 116.70 | 29.508 |
| P (CR13-CR7)   | 1348.09 | 0.83 | 116.70 | 36.300 |
| P (CL22-CR8)   | 1632.38 | 0.83 | 116.70 | 43.955 |
| P (CL23-CR8)   | 1737.92 | 0.83 | 116.70 | 46.796 |
| P (CL24-CR8)3  | 907.67  | 0.83 | 116.70 | 24.441 |
| P (CL24-CR8)1  | 463.01  | 0.83 | 116.70 | 12.467 |
| P (CL24-CR8)2  | 541.34  | 0.83 | 116.70 | 14.576 |
| P (PNI)1       | 1538.76 | 0.83 | 116.70 | 41.434 |
| P (CR13-CR8)1  | 2497.66 | 0.83 | 116.70 | 67.254 |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

|                |         |      |        |        |
|----------------|---------|------|--------|--------|
| P (CR13-CR8)   | 322.75  | 0.83 | 116.70 | 8.691  |
| P (CL21B-CR9A) | 697.61  | 0.83 | 116.70 | 18.784 |
| P (CL22-CR9A)  | 1373.84 | 0.83 | 116.70 | 36.993 |

Nota: Elaborada por el autor, no se agregan todos los datos de los caudales de diseño.

### 5.3. MODELO HIDRÁULICO SANITARIO

#### 5.3.1. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS SEWERGEMS

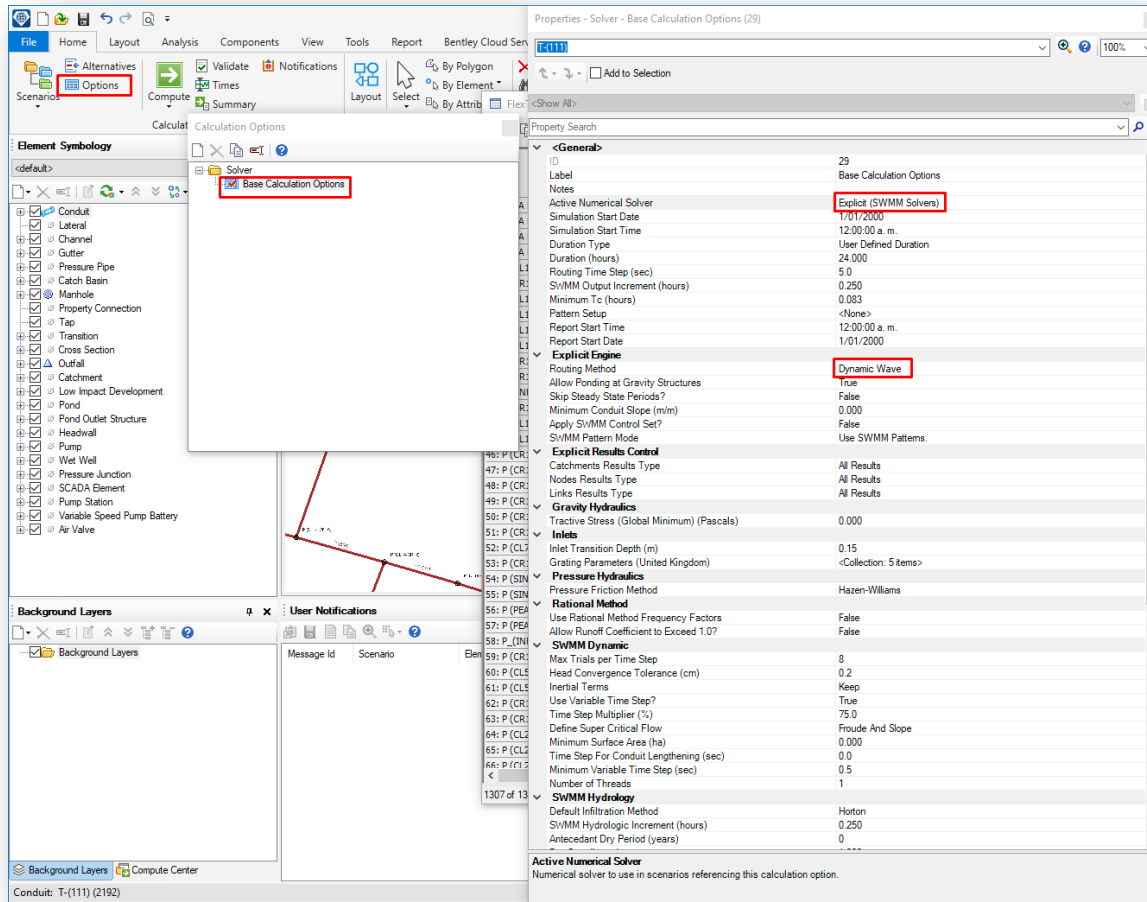
Para la configuración del programa, es necesario que queden subsanados todos los errores topológicos que poseía el modelo desde la importación del AutoCAD CIVIL 3D. El modelo Hidráulico puede poseer pendientes negativas al utilizar los métodos que posee el software de SewerGEMS, que impide el avance en la interfaz y generando problemas para el modelamiento hidráulico.

El método a emplear es de honda dinámica, con este método permite generar el modelo hidráulico con pendientes negativas para ambos escenarios (sanitario y pluvial). Por ser un alcantarillado existente, en su fase de construcción pudo haber errores humanos en su ejecución de la obra generando estos conflictos.

A continuación, se muestra la configuración de los parámetros internos del programa. Ver figura 35.



**Figura 35.** Configuración de parámetros.



Nota: Elaborada por el autor.

### 5.3.2. ASIGNACIÓN DE CAUDALES SANITARIOS

Para la creación del modelo hidráulico sanitario se debe asignar el caudal sanitario de cada suscriptor creado por medio del catastro predial del municipio del Socorro, esta asignación de caudales se realiza por medio del Software ArcGIS.

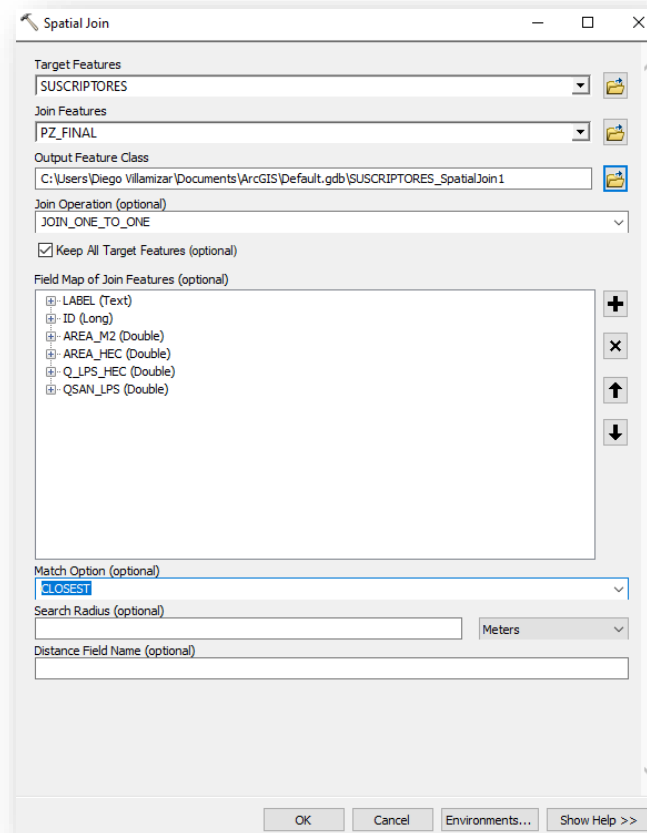
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

Esta asignación de caudal se realiza por medio de una herramienta que posee el software, la función es realizar una unión espacial de suscriptor a pozos, la forma de asignar el caudal lo realiza por el pozo más cercano. Ver figura 36.

**Figura 36.** Unión espacial de suscriptores a pozos



Nota: Elaborada por el autor.

Al crea esta unión espacial el programa nos crea una nueva entidad con dicha unión. Ver tabla 18.

**Tabla 18.** Tabla Unión espacial, suscriptor y estructura

| LABEL                | Área m <sup>2</sup> | Área hect | Q LPS Hect | Q SAN LPS |
|----------------------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| P (CL6B-CR8A)2       | 275.587             | 0.028     | 1.417      | 0.039     |
| P (CL7-SUR-CR9A)     | 78.053              | 0.008     | 1.417      | 0.011     |
| P (CL13-CR12)4       | 107.224             | 0.011     | 1.417      | 0.015     |
| P (CL3-CR9)2         | 71.923              | 0.007     | 1.417      | 0.010     |
| P (CL13-CR19)3       | 43.325              | 0.004     | 1.417      | 0.006     |
| P (CL11-CR8)2        | 115.343             | 0.012     | 1.417      | 0.016     |
| P (CL3-SUR-CR10)9    | 71.541              | 0.007     | 1.417      | 0.010     |
| P (CR16-CL10A)1      | 290.516             | 0.029     | 1.417      | 0.041     |
| P (CL5A-ESTE)1       | 106.590             | 0.011     | 1.417      | 0.015     |
| P (CL21B-CR7)        | 77.833              | 0.008     | 1.417      | 0.011     |
| P (CL15-CR15-1)      | 263.583             | 0.026     | 1.417      | 0.037     |
| P (CL17-CR9)1        | 198.608             | 0.020     | 1.417      | 0.028     |
| P (CL18A-CR8)1       | 71.892              | 0.007     | 1.417      | 0.010     |
| P (PEATONAL2B-CR11)1 | 70.842              | 0.007     | 1.417      | 0.010     |
| P (CL19-CR15)2       | 95.499              | 0.010     | 1.417      | 0.014     |
| P (CL20-CR9)         | 102.460             | 0.010     | 1.417      | 0.015     |
| P (PNI)8             | 85.369              | 0.009     | 1.417      | 0.012     |
| P (CL22-CR7)         | 76.423              | 0.008     | 1.417      | 0.011     |
| P (CL12-CR15)        | 69.607              | 0.007     | 1.417      | 0.010     |
| P (CL9)4             | 216.317             | 0.022     | 1.417      | 0.031     |
| P (CL13-CR18)2       | 289.048             | 0.029     | 1.417      | 0.041     |
| P (CR13-CR6A)1       | 77.276              | 0.008     | 1.417      | 0.011     |
| P (CR19-CL10)1       | 151.447             | 0.015     | 1.417      | 0.021     |
| P (CL16-CR8)         | 123.598             | 0.012     | 1.417      | 0.018     |
| P (CL5)4             | 114.114             | 0.011     | 1.417      | 0.016     |

|                        |               |              |              |              |
|------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| P (CL12-CR14)          | 529.645       | 0.053        | 1.417        | 0.075        |
| P (CL8-SUR-CR7)        | 76.311        | 0.008        | 1.417        | 0.011        |
| P (CL5A-ESTE-<br>CR6)2 | 104.463       | 0.010        | 1.417        | 0.015        |
| <u>P (CL12A-CR10)</u>  | <u>70.459</u> | <u>0.007</u> | <u>1.417</u> | <u>0.010</u> |

Nota: Elaborada por el autor, no se agregan todos los datos de los caudales de diseño.

Al obtener esta tabla con los resultados de los caudales sanitarios asignados a las estructuras más cercanas. Se procede a consolidar dicha información y agrupar las estructuras que contenga el mismo identificador, en este caso corresponde al nombre de la estructura. Con el fin de realizar la sumaria de los caudales de cada suscriptor que están asignados a dicha estructura, para poder ingresarlos al programa de modelamiento hidráulico. Ver tabla 19.

**Tabla 19.** Sumatoria de caudal sanitario.

| Estructura<br>(pozo)  | Suma de caudal<br>sanitario LPS |
|-----------------------|---------------------------------|
| P (C7-CR14)2          | 0.227                           |
| P (C7-CR14)3          | 0.326                           |
| P (C7-CR14)4          | 0.112                           |
| P (C7-CR14)5          | 0.115                           |
| P (C7-CR14)6          | 0.108                           |
| P (C7-CR14)7          | 0.130                           |
| P (CAJA)1             | 0.121                           |
| P (CAJA)2             | 0.274                           |
| P (CAMINO CULEBRERO)  | 0.267                           |
| P (CAMINO CULEBRERO)1 | 0.125                           |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| P (CAMINO CULEBRERO)3     | 0.233 |
| P (CAMINO CULEBRERO-CR8)  | 0.007 |
| P (CAMINO CULEBRERO-CR8)1 | 0.012 |
| P (CAMINO CULEBRERO-CR8)3 | 0.048 |
| P (CL 8)                  | 0.250 |
| P (CL10A)                 | 0.113 |
| P (CL10A)1                | 0.258 |
| P (CL10A-CR17)            | 0.196 |
| P (CL10A-CR8)             | 0.129 |
| P (CL10A-CR9)             | 0.115 |
| P (CL10A-CR9)1            | 0.089 |
| P (CL10A-CR9)2            | 0.288 |
| P (CL10-CR10)             | 0.136 |
| P (CL10-CR20A)            | 0.157 |
| P (CL10-CR8)              | 0.126 |
| P (CL10-CR9)              | 0.121 |
| P (CL10ESUR)1             | 0.485 |
| P (CL10ESUR)2             | 0.890 |

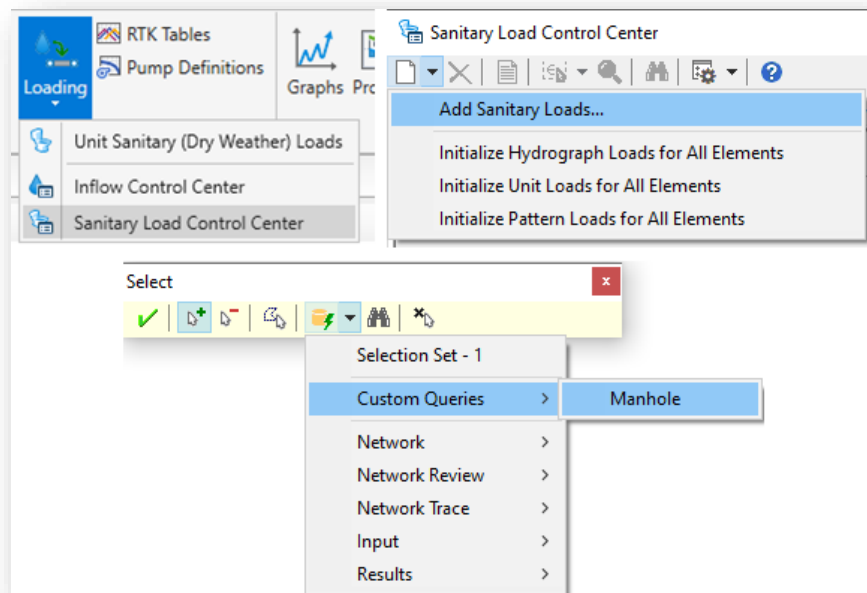
Nota: Elaborada por el autor, no se agregan todos los datos de los caudales de diseño.

### 5.3.3. CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO SANITARIO

La creación del modelo hidráulico sanitario del municipio del Socorro, se realizará por medio del programa SewerGEMS con el fin de observar y analizar, el comportamiento de la red existente de alcantarillado sanitario que precede en dicho municipio. Con la sumatoria de los caudales sanitarios a partir de las estructuras existentes (pozos).

Para la asignación de los caudales en el programa, se debe realizar una búsqueda por el campo del label de la estructura. Ver figura 37.

**Figura 37.** Búsqueda de estructuras para la asignación del caudal sanitario.



Nota: Elaborada por el autor.

Las estructuras que fueron identificadas por medio de la búsqueda del label, se asigna la sumatoria del caudal sanitario como se muestra en la figura 38.

**Figura 38.** Asignación de la sumatoria del caudal sanitario.

|    | ID | Label           | Load Definition       | Pattern | Base Flow (L/s) | Unit Sanitary Load | Loading Unit Count | Hyc     |
|----|----|-----------------|-----------------------|---------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|
| 1  | 30 | P (LA LIBERT... | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.29            |                    | 0.000              | <Collec |
| 2  | 34 | P (CL11-CR18)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.31            |                    | 0.000              | <Collec |
| 3  | 35 | P (CR18-CL1...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.24            |                    | 0.000              | <Collec |
| 4  | 36 | P (CL12-CR18)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.07            |                    | 0.000              | <Collec |
| 5  | 37 | P (CL12-CR2...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.19            |                    | 0.000              | <Collec |
| 6  | 38 | P (CL12-CR17)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.20            |                    | 0.000              | <Collec |
| 7  | 39 | P (CL13-CR17)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.09            |                    | 0.000              | <Collec |
| 8  | 40 | P (CR17)1       | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.09            | 0.02               | 0.000              | <Collec |
| 9  | 41 | P (CR17)2       | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.06            |                    | 0.000              | <Collec |
| 10 | 43 | P (CR17-PAS...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.18            |                    | 0.000              | <Collec |
| 11 | 44 | P (CL18-CR1...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.16            |                    | 0.000              | <Collec |
| 12 | 45 | P (CL19-CR17)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.55            |                    | 0.000              | <Collec |
| 13 | 46 | P (CR15-CL8)    | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.27            |                    | 0.000              | <Collec |
| 14 | 47 | P (CR15-CL9)    | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.49            |                    | 0.000              | <Collec |
| 15 | 48 | P (CR13-CL4)1   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            |                    | 0.000              | <Collec |
| 16 | 50 | P (CR15-CL3)    | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.19            |                    | 0.000              | <Collec |
| 17 | 51 | P (CR15-CL2)1   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.26            |                    | 0.000              | <Collec |
| 18 | 52 | P (CL7-CR11A)   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.09            |                    | 0.000              | <Collec |
| 19 | 53 | P (CR12-CL7)    | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.14            |                    | 0.000              | <Collec |
| 20 | 56 | P (PEATONA...   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.07            |                    | 0.000              | <Collec |
| 21 | 57 | P (PEATONA...   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.10            |                    | 0.000              | <Collec |
| 22 | 59 | P (CR11)5       | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.06            |                    | 0.000              | <Collec |
| 23 | 60 | P (CL5-CR10)3   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.06            |                    | 0.000              | <Collec |
| 24 | 61 | P (CL5-CR10)2   | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.05            |                    | 0.000              | <Collec |
| 25 | 62 | P (CR15-CL2...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.12            |                    | 0.000              | <Collec |
| 26 | 63 | P (CR15-CL2...  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.24            |                    | 0.000              | <Collec |
| 27 | 64 | P (CL28-CR8)    | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.34            |                    | 0.000              | <Collec |

Nota: Elaborada por el autor.

El ejecutar la herramienta del modelamiento hidráulico sanitario del programa, el software proporciona el porcentaje de confiabilidad del modelo sobre las condiciones o caudales que le asignamos, este porcentaje de confiabilidad es del 100%. Ver figura 39.

**Figura 39.** Reporte de confiabilidad

| Run Metrics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;General&gt;</li> <li>Label: Base</li> <li>&lt;Routing Quantity&gt;</li> <li>Flow Continuity Error (%): 0.0</li> <li>&lt;Runoff Quantity&gt;</li> <li>Runoff Continuity Error (%): 0.0</li> <li>&lt;System Stats&gt;</li> <li>Average Iterations Per Step: 2.000648021698</li> <li>Not Converging (%): 0.0</li> </ul> |  |
| <b>Label</b><br>Descriptive label for this element.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |

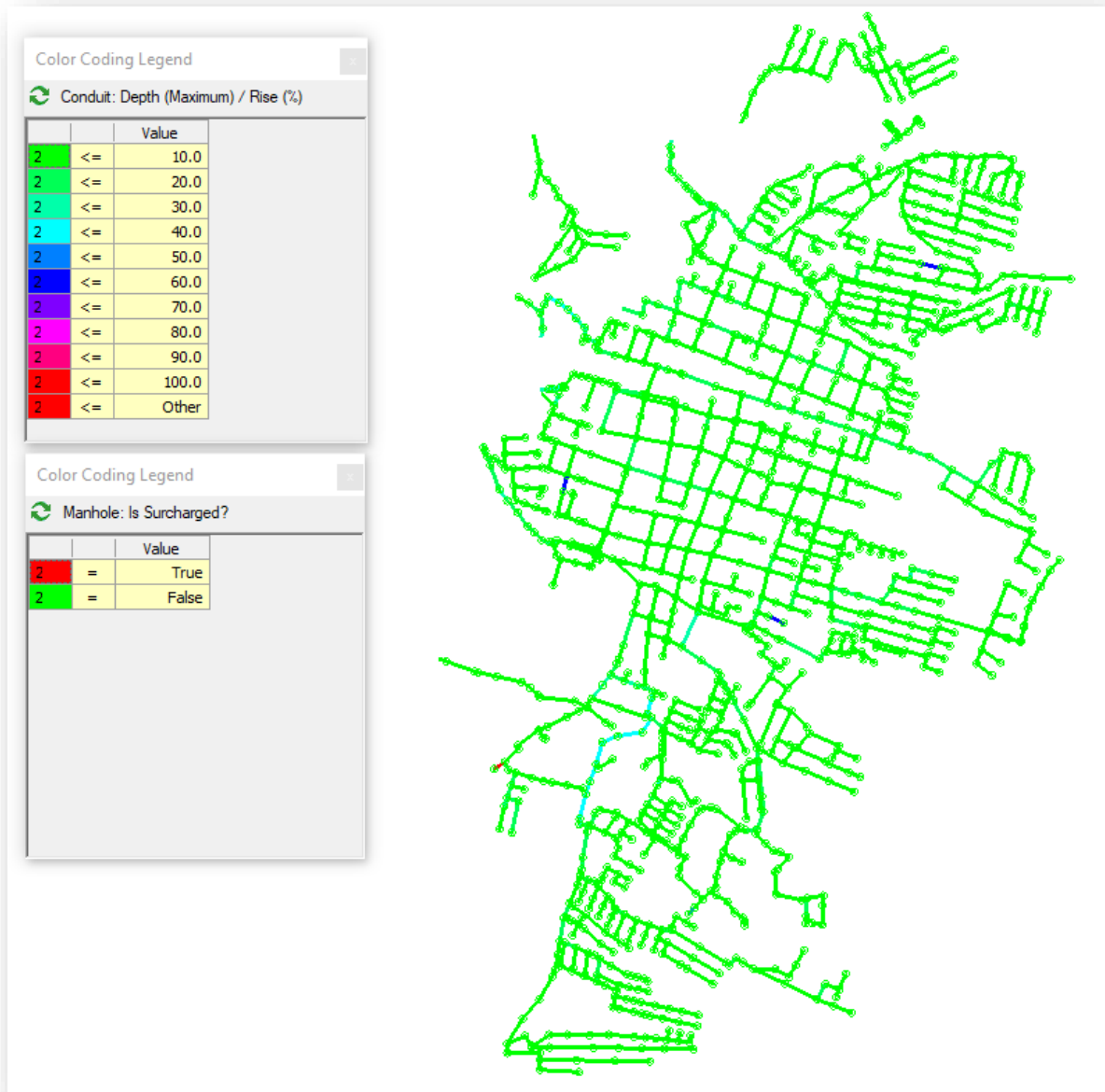
Nota: Elaborada por el autor.

La construcción del sistema de alcantarillado existente del municipio del Socorro, se desarrolla con base de un levantamiento topográfico de la red actual que preside en el municipio. El cual se consigan todas las variables necesarias para su adecuada representación en el modelo hidráulico.

Con base en lo presentado se crea el modelo hidráulico sanitario para el municipio del Socorro, ver figura 40.



**Figura 40.** Modelo hidráulico sanitario del sistema de alcantarillado existente



Nota: Elaborada por el autor.

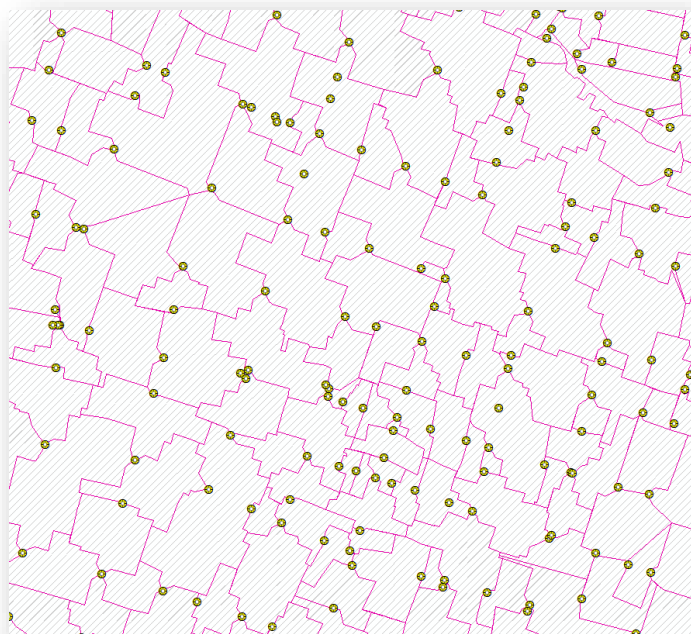
## 5.4. MODELO HIDRÁULICO PLUVIAL

### 5.4.1. ASIGNACIÓN DE CAUDALES PLUVIAL

Con la creación de las áreas aferentes y la estimación del caudal pluvial para las estructuras existentes en el municipio del socorro, se emplea herramientas geográficas para la asignación de los caudales.

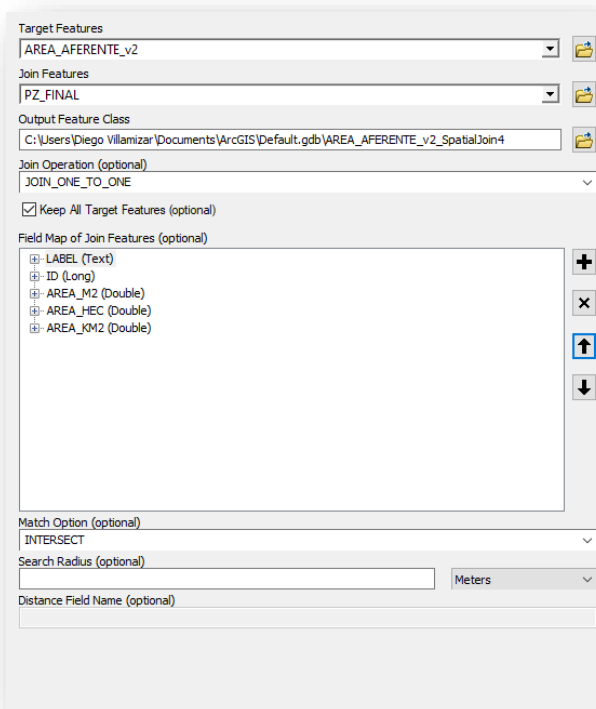
Por medio del ArcGIS y la implantación de la herramienta unión espacial, se realiza dicha unión entre las áreas aferentes y las estructuras existentes en dicho municipio, con el fin de asignar a que área aferente le pertenece dicha estructura. Ver figura 41 y 42.

**Figura 41.** Asignación de estructuras a áreas aferentes



Nota: Elaborada por el autor.

**Figura 42.** Unión espacial áreas aferentes y estructuras



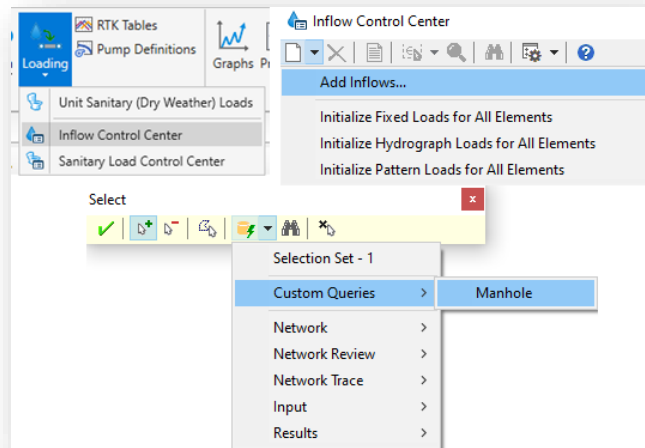
Nota: Elaborada por el autor.

Con la ejecución de la herramienta unión espacial, podemos visualizar cada área aferente contiene una estructura (pozo) asignada a dicha área, permitiendo asignar el caudal pluvial encontrado. Ver tabla 17.

#### **5.4.2. CREACIÓN MODELO HIDRÁULICO PLUVIAL**

Para la creación del modelo hidráulico pluvial se debe asignar los caudales pluviales de la tabla 17. Al software SewerGEMS, por medio de una búsqueda del campo label, con el fin de analizar que comportamiento genera con un periodo de retorno de 10 años con una intensidad de lluvia de 15 minutos. Ver figura 43 y 44.

**Figura 43.** Asignación de caudal pluvial a estructuras.



Nota: Elaborada por el autor.

**Figura 44.** Asignación de caudal pluvial al software

| Inflow Control Center                                                                        |    |                 |                |                  |                   |                |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| Manhole Catch Basin Cross Section Outfall Wet Well Catchment Pond Pressure Junction Headwall |    |                 |                |                  |                   |                |                       |
|                                                                                              | ID | Label           | Inflow Type    | Fixed Load (L/s) | Base Inflow (L/s) | Inflow Pattern | Hydrograph Load       |
| 1                                                                                            | 34 | P (CL11-CR18)   | Pattern Inflow | 0.00             | 23.70             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 2                                                                                            | 35 | P (CR18-CL1...) | Pattern Inflow | 0.00             | 89.81             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 3                                                                                            | 36 | P (CL12-CR18)   | Pattern Inflow | 0.00             | 25.17             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 4                                                                                            | 37 | P (CL12-CR2...) | Pattern Inflow | 0.00             | 99.50             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 5                                                                                            | 38 | P (CL12-CR17)   | Pattern Inflow | 0.00             | 99.53             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 6                                                                                            | 39 | P (CL13-CR17)   | Pattern Inflow | 0.00             | 286.63            | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 7                                                                                            | 40 | P (CR17)1       | Pattern Inflow | 0.00             | 2.14              | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 8                                                                                            | 41 | P (CR17)2       | Pattern Inflow | 0.00             | 162.72            | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 9                                                                                            | 43 | P (CR17-PAS...) | Pattern Inflow | 0.00             | 28.31             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 10                                                                                           | 44 | P (CL18-CR1...) | Pattern Inflow | 0.00             | 12.90             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 11                                                                                           | 46 | P (CR15-CL8)    | Pattern Inflow | 0.00             | 80.44             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 12                                                                                           | 47 | P (CR15-CL9)    | Pattern Inflow | 0.00             | 111.14            | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 13                                                                                           | 52 | P (CL7-CR11A)   | Pattern Inflow | 0.00             | 69.80             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 14                                                                                           | 53 | P (CR12-CL7)    | Pattern Inflow | 0.00             | 57.36             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 15                                                                                           | 58 | P_(INF)4        | Pattern Inflow | 0.00             | 160.29            | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 16                                                                                           | 64 | P (CL28-CR8)    | Pattern Inflow | 0.00             | 93.94             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 17                                                                                           | 65 | P (CL28A-CR8)   | Pattern Inflow | 0.00             | 32.51             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 18                                                                                           | 66 | P (CL28-CR1...) | Pattern Inflow | 0.00             | 12.76             | Fixed          | <Collection: 0 items> |
| 19                                                                                           | 67 | P (CL28-CR16)   | Pattern Inflow | 0.00             | 89.17             | Fixed          | <Collection: 0 items> |

Nota: Elaborada por el autor.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

Con los caudales ingresados al software, se ejecuta la herramienta del modelamiento hidráulico para analizar que comportamiento tiene con las variables empeladas para este modelo hidráulico, a continuación, se puede observar el grado de confiabilidad del modelo hidráulico pluvial para el municipio del Socorro Santander. El grado de confiabilidad del modelo hidráulico pluvial es del 97.1%. Ver figura 45.

**Figura 45.** Reporte de confiabilidad

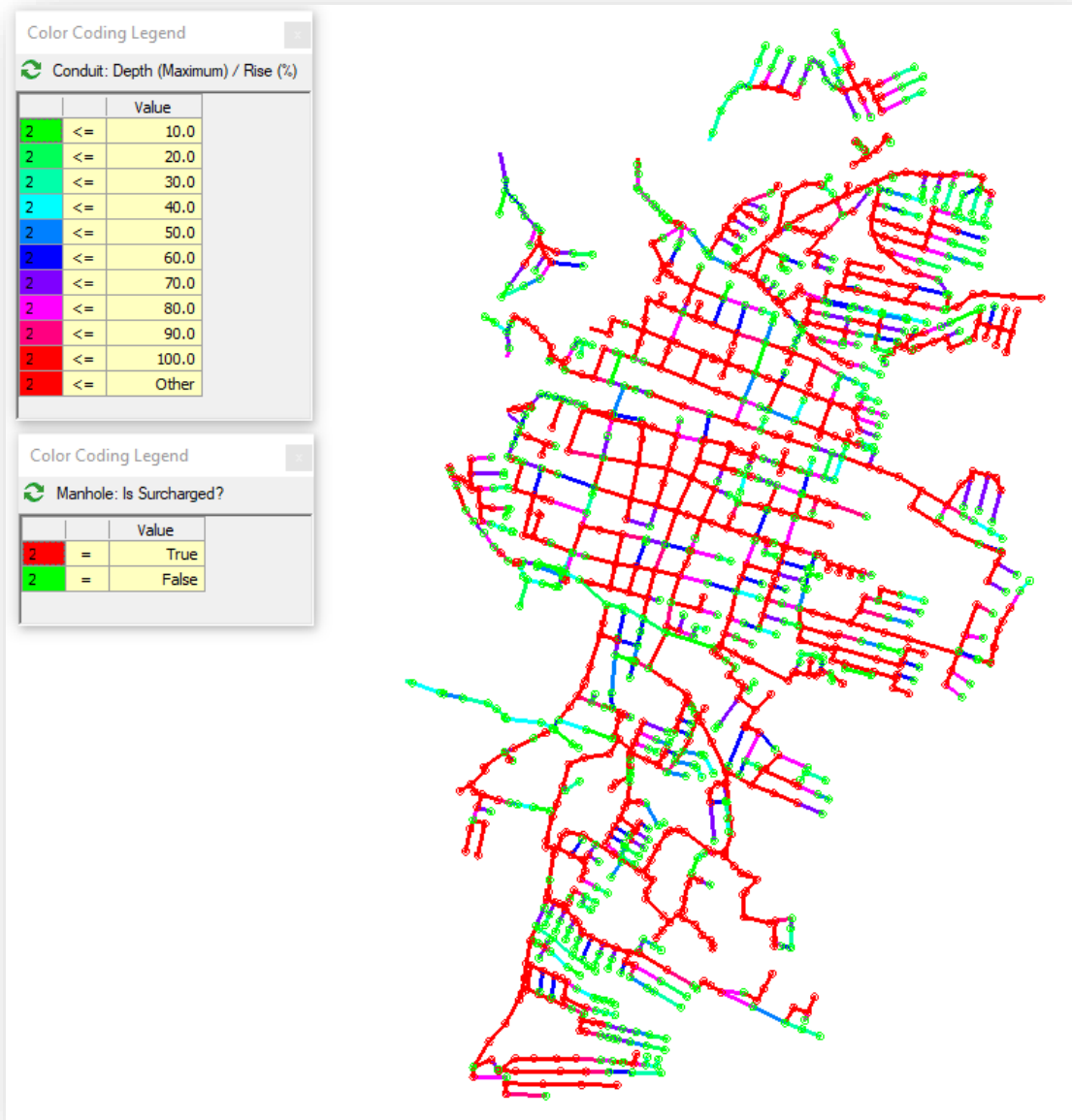
| <General>                   |                  |
|-----------------------------|------------------|
| Label                       | Base             |
| Routing Quantity            |                  |
| Flow Continuity Error (%)   | 0.1              |
| Runoff Quantity             |                  |
| Runoff Continuity Error (%) | 0.0              |
| System Stats                |                  |
| Average Iterations Per Step | 10.1268587112427 |
| Not Converging (%)          | 2.9              |

**Label**  
Descriptive label for this element.

Nota: Elaborada por el autor.

La construcción de este modelo hidráulico pluvial nos permite analizar que comportamiento tiene la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado existente que posee el municipio del Socorro. Ver figura 46.

**Figura 46.** Modelo hidráulico pluvial, del sistema de alcantarillado existente



Nota: Elaborada por el autor.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

## 6. CONCLUSIONES

Se logra a partir de una información recolectada de un levantamiento topográfico y una caracterización física, del estado actual del sistema de alcantarillado del municipio del Socorro. La interacción, almacenamiento y la manipulación de los datos nos permite la creación de modelo hidráulicos, para el análisis del comportamiento que posee el sistema de alcantarillado del dicho municipio.

Por lo cual con la información almacenada y debidamente procesada por el programa AutoCAD Civil 3D, nos permitió tener un modelo en 3D del sistema de alcantarillado actual del municipio del Socorro y una exportación de dicho modelo del sistema, para su creación de una base de datos y modelos hidráulicos.

Para lograr la validación, fue necesario realizar una verificación topológica de las redes existentes del municipio del Socorro, con el fin de evitar inconvenientes o errores en la creación de los modelos hidráulicos de dicho municipio.

Para establecer una posibles soluciones al inconveniente que posee el municipio del Socorro, se realizó una proyección de caudal de diseño sanitario para el año 2047 con una población futura de 47951 habitantes, Por medio de la creación del modelo hidráulico sanitario a partir de la RAS y de la resolución 0330 de 2017, se pudo evidenciar que el sistema actual funciona en unas condiciones aceptables, porque no presenta ningún problema de obstrucción hidráulica, por sobrecapacidad del caudal que transporta los conductos. En esa proyección a futuro se pudo analizar que las tuberías que están transportando las aguas residuales o sanitarias, están oscilando en rangos del 10 % hasta el 30% de llenado de la tubería.

El sistema de alcantarillado del municipio del socorro, no funciona solamente con aguas residuales o sanitarias, al sistema actual le ingresan un caudal externo por las precipitaciones que presenta el municipio, se optó la idea de crear adicionalmente un modelo hidráulico con un nuevo parámetro que son las precipitaciones de lluvia. Al crear este nuevo modelo se encontró una dificultad que,

en el municipio del Socorro Santander, no están funcionando las estaciones pluviométricas del IDEAM, que son las encargadas de medir la cantidad y la intensidad de la precipitación, al evidenciar este problema se toma la decisión de recurrir a estaciones pluviométricas más cercanas al municipio de interés. La estación más cercana y que estuviera recolectado información, fue la estación El Cucharo del municipio de Pinchote que contaba con registro históricos de precipitación.

Al contar con este parámetro nuevo de dicha estación pluviométrica, se crea el modelo hidráulico pluvial, obteniendo resultados importantes de las nuevas condiciones de precipitación, evidenciando que los colectores principales que están transportando el caudal pluvial, no soportan dicho caudal ocasionando que el sistema de alcantarillado colapse, una de las causas principales es el diámetro de la tubería que transporta las aguas lluvias no es el indicado para la capacidad hidráulica y del transporte hacia los lugares de descarga de la precipitación, ocasionando un desbordamiento del caudal por la cotas rasantes de las estructuras (pozos).



## 7. RECOMENDACIONES

- Con la realización de este proyecto de grado, es que el municipio el Socorro y la empresa de servicios públicos Aguas del Socorro S.A. E.S.P le den continuidad, en la alimentación de información al archivo de AutoCAD Civil 3D, por medio de este software y del archivo se puede generar modelos hidráulicos.
- La creación de la base de datos en formato GDB del sistema de alcantarillado, permitirá a aguas del Socorro S.A. E.S.P a realizar consultas espaciales, cuantificar, caracterizar, etc. De una manera más prácticas y fácil. De igual manera es un insumo que se deberá ser retroalimentado cuando se construyan nuevas redes de alcantarillado para tener un control sobre el área de prestación de servicios y las futuras expansiones urbanas del municipio.
- La creación de los modelos hidráulicos sanitarios y pluvial son insumos de vital importancia, para optimizar, proponer y diseñar obras a corto, mediano y largo plazo. Para mejorar el servicio prestado por aguas del Socorro S.A. E.S.P y no tener problemas a futuro por capacidad hidráulica.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Datos Vectoriales. (s/f). Qgis.org. Recuperado el 22 de octubre de 2022, de  
[https://docs.qgis.org/2.8/es/docs/gentle\\_gis\\_introduction/vector\\_data.html](https://docs.qgis.org/2.8/es/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html)

¿Qué son los datos ráster?—ArcMap. (s/f). Arcgis.com. Recuperado el 22 de  
octubre de 2022, de [https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-  
data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm)

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS |  
Minvivienda. (s. f.). Ministerio de vivienda.  
[https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-  
basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-  
potable-y-saneamiento-basico-ras](https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras)

SISTEMA UNICO DE INFORMACION DE SERVICIOS PUBLICOS

COMICILIARIOS. Resolución SSPD 20101300048765.

[http://www.sui.gov.co/web/normatividad/acueducto/resolucion-sspd-  
20101300048765](http://www.sui.gov.co/web/normatividad/acueducto/resolucion-sspd-20101300048765)

EL CONGRESO DE COLOMBIA (2011). normas orgánicas sobre ordenamiento territorial.

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1454\\_2011.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1454_2011.html).

Resolución 0501 - 2017. (s/f). Gov.co. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0501-2017>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico – RAS. Título B.

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>

Decreto 1688 -2020. (s/f). Gov.co. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de <https://www.minvivienda.gov.co/normativa/decreto-1688-2020>

Alzate, J., Restrepo, D. A., & Lerma, E. J. (2007). Levantamientos Topográficos Para La Actualización Del Catastro De Las Redes De Alcantarillado De La Ciudad De Armenia.

Gutiérrez Quintero, C., Quintero Gutiérrez, D. P., & Salas Gil, D. E. (2010). Diagnóstico, generación base de datos y actualización del catastro y sistema de información geográfico (SIG) de las redes de alcantarillado para

las zonas de drenaje de las quebradas Manizales, Miraflores y La Soledad del municipio de Dosquebradas (Risaralda).

Colmenares Delgado, J. V. (2015). Soporte a las actividades de actualización de catastro de redes de alcantarillado para la empresa EMPAS SAESP.

Dussán Cardona, Y., Espitia Lozano, F. J., Ramírez García, J. G., & Carrillo Castro, O. E. (2006). Levantamiento topográfico para la actualización de los datos de la red de alcantarillado de la ciudad de Armenia.

Dato - Qué es, concepto, ejemplos y tipos de datos. (s. f.-b). Concepto.

<https://concepto.de/dato/>

Seguir, A. (s/f). *03. los datos geograficos*. Slideshare.net. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de <https://es.slideshare.net/AlvaroPuentesMolina/03-los-datos-geograficos>

(S/f). Ingeoexpert.com. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de

<https://ingeoexpert.com/articulo/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-y-como-funcionan/>

Rouse, M. (2021, abril 7). Topología de red. ComputerWeekly.es; TechTarget.

<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Topologia-de-red>

Desarrollo de Modelos Hidráulicos. (2019, marzo 7). Cersa.

<https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/desarrollo-de-modelos-hidr%C3%A1ulicos>

GESTIONMAX. (s/f). HIDRAULICA – Definición - Significado. Motorgiga.com.

Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de

<https://diccionario.motorgiga.com/hidraulica>

Chow Ven Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York, USA: McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.

INVIAS. (2011). Manual de drenaje para carreteras.

INVIAS. (2015). Guia de diseño de pavimentos con placa-huella.

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2016). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS. Título D - Sistemas de alcantarillado. Colombia.

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (Junio de 2017). Resolución 0330 de 2017. Colombia.

Vargas, R., & Díaz-Granados, M. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de  
intensidad-duración-frecuencia para Colombia. Bogotá, Colombia:  
Universidad de los Andes.