

**Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Elaboración de Catastro de Redes de
Acueducto y Alcantarillado Municipio Chitagá Departamento Norte de Santander**

Diana Elizabeth Ortiz Carvajal

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2021

**Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Elaboración de Catastro de Redes de
Acueducto y Alcantarillado Municipio Chitagá Departamento Norte de Santander**

Diana Elizabeth Ortiz Carvajal

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Diego Iván Sánchez Tapiero

Ingeniero Civil

Codirector

Janer Rafael Cantillo Romero

Geólogo

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2021

Nota de Proyecto de Grado

(Va escaneada y con la información completa. Se diligencia al momento de hacer la sustentación)

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación va dedicado principalmente a Dios, a mis padres Carlos Alfonso Ortiz Suarez y Amira Carvajal Vera por su apoyo infinito durante esta etapa en mi vida que con su culminación abre las puertas para nuevas metas, son mi mayor motivación y mi ejemplo a seguir, a mis hermanas Daniela Ximena, Karla Salome e Ingrid Yaqueline junto con mi sobrina Dania Mariana son mi vida y todo cuanto me propongo es por ellas.

Comparto el aprendizaje de este proceso tan gratificante en el que he invertido buena parte de mis ideas y sobre todo una gran parte de mi corazón, porque tengo la certeza de que solo aquellas luchas que cuestan grandes esfuerzos son las que valen la pena.

Agradecimientos

Durante la realización de esta Tesis han sido muchas las personas que me han ayudado. Sirva esta nota de agradecimiento a todas ellas.

A mi tutor, el Ing. Diego Sánchez por sus comentarios, sugerencias, correcciones y guía en los momentos de consulta y soporte en este trabajo de investigación.

A la Universidad de Pamplona y docentes del programa de ingeniería civil por ser parte de mi formación como profesional y como persona, pero sobre todo por hacerme amar esta hermosa profesión.

Al Geólogo Janer Cantillo por su valiosa ayuda, al administrador de sistemas y futuro Ingeniero Ambiental Alderson Hernando Cuaran Mogollón funcionario de la Secretaria De Planeación Del Municipio por su gran colaboración en la recolección de información existente, a la Ing. Liliana Mogollón Secretaria De Servicios Públicos del Municipio De Chitagá y al Fontanero Junior Bocanegra por su ayuda durante el trabajo de campo.

A mis padres y hermanas por creer en mí y siempre esperar mi mayor esfuerzo en cada paso hacia la culminación de mis estudios, les estaré eternamente agradecidos.

A mis compañeros: Lina María Sierra Guerrero y José Albeiro García Cáceres por sus palabras de aliento y grandes aportes.

A Dios por mantenerme firme y no permitir desfallecer a pesar de las adversidades a lo largo de mi carrera como Ingeniera Civil. Porque merezco lo que sueño.

A todos ellos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de Contenido	6
Introducción	24
Delimitación del problema	25
Justificación	27
CAPITULO I.....	28
1. OBJETIVOS.....	28
<i>1.1 Objetivo General</i>	28
<i>1.2 Objetivos específicos</i>	28
CAPITULO II	30
2. ESTADO DEL ARTE.....	30
<i>2.1. Investigaciones Internacionales</i>	30
<i>2.2. Investigaciones Nacionales</i>	31
<i>2.3. Investigaciones Regionales</i>	33
CAPÍTULO III.....	35
3. MARCO TEÓRICO.....	35
<i>3.1. Breve Reseña Histórica de los SIG</i>	35
<i>3.2. Sistemas de Información Geográfica SIG</i>	37

3.2.1. Ventajas del uso de los SIG.....	39
3.3. <i>Sistema Gestor De Datos Georreferenciados, Sistemas de Información Geográfica y Programas de Diseño Asistido por Ordenador</i>	40
3.4. <i>Modelo de datos</i>	41
3.4.1. Modelo Ráster	41
3.4.2 Modelo Vectorial.....	42
3.5- <i>Sistemas de Gestión de Bases de Datos</i>	44
3.6. <i>Estructura Relacional</i>	44
3.7 <i>GeoDataBase</i>	45
3.8 <i>Consultas</i>	45
3.9. <i>QUANTUM GIS (QGIS)</i>	45
3.10. <i>Normativa</i>	46
3.10.1. Reglamento Técnico De Agua Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS.....	46
3.10.2. Resolución 0330 del 08 de junio de 2017	47
3.11. <i>Sistema de Acueducto y Alcantarillado</i>	47
3.11.1. Sistema De Acueducto.....	47
3.11.2. Sistema De Alcantarillado.....	48
3.12. <i>Catastro de redes</i>	50
3.13. <i>Python</i>	51
3.14. <i>EPA SWMM</i>	52

3.15. EPANET.....	52
CAPITULO III.....	54
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	54
CAPÍTULO IV.....	56
4. DESCRPCION DE LOS SISTEMAS EXISTENTES	56
4.1. Descripción del Sistema de Acueducto Existente	56
4.2. Descripción Sistema de Alcantarillado existente.....	57
CAPITULO V	58
5. METODOLOGÍA	58
5.1. Recopilación Bibliográfica	59
5.1.1. Diagnóstico inicial del manejo de la información	59
5.1.2. Planos Bases para las Visitas de Campo	60
5.2. Recolección Información en Campo	61
5.2.1. Planeación	61
5.2.2 Catastro de Redes.....	71
5.3. Actualización de planos AUTOCAD.....	72
5.4. Diccionarios de Datos.....	72
5.4.1. Sistema de Alcantarillado.....	73
5.4.2. Sistema de Acueducto.....	79

5.5. Bases de Datos	81
5.5.1 DB Browser SQLite.....	81
5.6 Implementación del SIG.....	81
5.7 Consultas Rápidas en las Bases de Datos Geo-Referenciadas.....	82
5.8 Simulación de las redes de Alcantarillado y Acueducto del Municipio de Chitagá	82
5.8.1 Simulación de la red de Alcantarillado en SWMMM.....	82
5.8.2. Simulación de la red de acueducto en EPANET.....	86
5.9 Interfaz DEOC.....	87
CAPÍTULO VI.....	88
6. RESULTADOS.....	88
6.1. Recopilación Bibliográfica	88
6.1.1. Plano AutoCAD del año 2012.....	88
6.1.2. Plano Físico Sistema de Acueducto año 2016.....	88
6.1.3. Plano Digital del Sistema de Alcantarillado del Municipio de Chitagá año 2017.	89
6.1.4. Formatos Catastro	89
6.1.5. Registro Fotográfico.....	90
6.2. Recolección de Información en Campo	90
6.2.1. Sistema de Alcantarillado.....	90
6.2.2. Sistema de Acueducto.....	94
6.3. Actualización Planos AutoCAD	96
6.4. Diccionarios de Datos.....	97

6.4.1. Sistema de Alcantarillado.....	97
6.4.2. Sistema de Acueducto.....	98
6.5. <i>Bases de Datos</i>	99
6.5.1. Sistema de Alcantarillado.....	99
6.5.2. Sistema de Acueducto.....	101
6.5.3. DB Browser SQLite.....	103
6.6. <i>Implementación del SIG</i>	104
6.6.1. Sistema de Alcantarillado.....	105
6.6.2. Sistema de Acueducto.....	108
6.7. <i>Consultas Rápidas en las Bases de Datos Geo-Referenciadas</i>	112
6.8. <i>Simulación de las redes de Alcantarillado y Acueducto</i>	116
6.8.1. Simulación red de Alcantarillado Sanitario en SWMM.....	116
6.8.2. Simulación red de Alcantarillado Combinado en SWMM	119
6.8.3. Simulación red de Acueducto en EPANET.....	123
6.9 <i>Interfaz DEOC</i>	126
CAPITULO VII.....	131
7. CONCLUSIONES	131
CAPITULO VIII.....	133
8. RECOMENDACIONES.....	133
9. BIBLIOGRAFÍA.....	135

ANEXOS..... 140

Lista de Tablas

Tabla 1 Diccionario de Datos Pozos de Inspección	97
Tabla 2. Diccionario de Datos Tuberías Sistema de Acueducto.....	98
Tabla 3. Código Python Creación Base de Datos Pozos de Inspección Sistema de Alcantarillado	99
Tabla 4. Código Python Creación Base de Datos Tuberías Sistema de Acueducto.....	101
Tabla 5. Diccionario de Datos Tuberías Alcantarillado	145
Tabla 6. Diccionario de Datos Descargas	146
Tabla 7. Diccionario de Datos MH	147
Tabla 8. Diccionario de Datos Válvulas Sistema Acueducto.....	147
Tabla 9. Diccionario de Datos Hidrantes	148
Tabla 10. Código Python Creación Base de Datos Tuberías Sistema de Alcantarillado	148
Tabla 11. Código Python Creación Base de Datos Descargas Sistema de Alcantarillado.....	150
Tabla 12. Código Python Creación Base de Datos MH Sistema de Alcantarillado.....	152
Tabla 13.	154
Tabla 14.	156

Lista de Ilustraciones

<i>Ilustración 1.</i> Representación de la realidad en un SIG mediante capas de información temática.	38
<i>Ilustración 2.</i> Componentes de un SIG	39
<i>Ilustración 3.</i> Esquema de una representación ráster de la información contenida en un mapa. Fuente: citada en (Solano, 2002, pág. 27).....	42
<i>Ilustración 4.</i> Representación esquemática en un modelo vectorial de la información contenida en un mapa. Fuente: citada en (Solano, 2002, pág. 28)	43
<i>Ilustración 5.</i> Funcionamiento básico de un Sistema de Acueducto.....	48
<i>Ilustración 6.</i> Localización General en Colombia y en Norte de Santander del Municipio de Chitagá.....	54
<i>Ilustración 7.</i> Localización del municipio de Chitagá- Norte de Santander.....	55
<i>Ilustración 8.</i> Esquema Básico del Sistema de Acueducto del Municipio de Chitagá.	57
<i>Ilustración 9.</i> Fases Metodología de Investigación.....	58
<i>Ilustración 10.</i> Ficha Técnica Catastro Pozos de Inspección.....	61
<i>Ilustración 11.</i> Ficha Técnica Catastro Válvulas	62
<i>Ilustración 12.</i> Ficha Técnica Catastro Hidrantes.....	62
<i>Ilustración 13.</i> Formato en la Calculadora Texas	63
<i>Ilustración 14</i> Encabezado de la Ficha Técnica Catastro de Pozos.	63
<i>Ilustración 15.</i> Centro Ficha Catastro Pozos.....	64
<i>Ilustración 16.</i> Información Recolectada del Pozo.....	64
<i>Ilustración 17.</i> Encabezado Ficha Técnica Válvulas	67
<i>Ilustración 18.</i> Área de Fotos Ficha Técnica Válvulas	68

<i>Ilustración 19.</i> Aspectos Diligenciados Ficha Catastro Válvulas.....	68
<i>Ilustración 20.</i> Encabezado Ficha Técnica Catastro Hidrantes.....	70
<i>Ilustración 21.</i> Área de Fotos Ficha Técnica Catastro Hidrantes.	70
<i>Ilustración 22.</i> Aspectos Diligenciados Ficha Catastro Hidrantes.....	71
<i>Ilustración 23</i> Encabezado Hoja Electrónica Calculo Caudal de Diseño	83
<i>Ilustración 24.</i> Hoja Electrónica Exportar Red a SWMM.....	84
<i>Ilustración 25.</i> Plano AutoCAD Sistema de Acueducto año 2012.....	88
<i>Ilustración 26.</i> Plano Físico del Acueducto Municipal.....	88
<i>Ilustración 27.</i> Plano Digital del Sistema de Alcantarillado del Municipio de Chitagá año 2017	89
<i>Ilustración 28.</i> Ejemplo Ficha Técnica P-001 del año 2016.....	89
<i>Ilustración 29.</i> Ruta Registro Fotográfico Año 2016.....	90
<i>Ilustración 30.</i> Recolección de Información en Campo.....	92
<i>Ilustración 31.</i> Interior del Pozo P-003	92
<i>Ilustración 32.</i> Pozo tipo Caja P-001	92
<i>Ilustración 33.</i> Tapa en Acero P-014	93
<i>Ilustración 34.</i> Pozo por Debajo de la Rasante P-017.....	93
<i>Ilustración 35.</i> Ficha Técnica Catastro Pozos P-043.	93
<i>Ilustración 36.</i> Recolección Datos en Campo Válvulas e Hidrantes	94
<i>Ilustración 37.</i> Apertura Tapa V-002	95
<i>Ilustración 38.</i> Diámetro Tapa V-002	95
<i>Ilustración 39.</i> V-006	95
<i>Ilustración 40.</i> Válvula Sellada V-011.....	95

<i>Ilustración 41.</i> Plano Actualizado Sistema de Alcantarillado.....	96
<i>Ilustración 42.</i> Plano Actualizado Sistema de Acueducto.....	96
<i>Ilustración 43.</i> Estructura y Base de Datos Pozos de Inspección Sistema de Alcantarillado	103
<i>Ilustración 44.</i> Estructura y Base de Datos Tuberías Sistema de Acueducto	104
<i>Ilustración 45.</i> Capas en SIG QGIS Sistema de Alcantarillado.....	105
<i>Ilustración 46.</i> Tabla de Atributos de Objetos Pozos SIG QGIS Sistema de Alcantarillado	105
<i>Ilustración 47.</i> Tabla de Atributos Objetos SIG QGIS Tuberías Sistema de Alcantarillado.	106
<i>Ilustración 48.</i> Tabla de Atributos Objetos Descargas SIG QGIS Sistema de Alcantarillado	106
<i>Ilustración 49.</i> Tabla de Atributos Objetos MH SIG QGIS Sistema de Alcantarillado.	106
<i>Ilustración 50.</i> Administrador BBDD Sistema de Alcantarillado SIG QGIS.....	107
<i>Ilustración 51.</i> Sistema de Alcantarillado Municipio de Chitagá SIG QGIS.....	107
<i>Ilustración 52.</i> Plano SIG QGIS Sistema de Alcantarillado	108
<i>Ilustración 53.</i> Capas en SIG QGIS Sistema de Acueducto.....	108
<i>Ilustración 54.</i> Tabla de Atributos Objetos Tuberías SIG QGIS Sistema de Acueducto.....	109
<i>Ilustración 55.</i> Tabla de Atributos Objetos Válvulas SIG QGIS Sistema de Acueducto.....	109
<i>Ilustración 56.</i> Tabla de Atributos Objetos Hidrantes SIG QGIS Sistema de Acueducto.....	109
<i>Ilustración 57.</i> Administrador BBDD Sistema de Acueducto SIG QGIS.	110
<i>Ilustración 58.</i> Sistema de Acueducto Municipio de Chitagá SIG QGIS.....	110
<i>Ilustración 59.</i> Plano SIG QGIS Sistema de Acueducto.....	111
<i>Ilustración 60.</i> Funcionalidades Básicas del SIG.....	112
<i>Ilustración 61.</i> Ventana de Consulta Administrador BBDD QGIS Lenguaje SQL.....	113
<i>Ilustración 62.</i> Consulta 1 Pozo Tipo Caja TIPO_POZO=3.....	113

<i>Ilustración 63.</i> Consulta 2 Pozos Perdidos o Tapados ESTADO_FISICO=2	114
<i>Ilustración 64.</i> Consulta 3 Tuberías de Diámetro 6 Plg	114
<i>Ilustración 65.</i> Consulta 4 Suma Longitud de Tuberías Diámetro 8 Plg	115
<i>Ilustración 66.</i> Consulta 5 Válvulas Estado Desconocido Fuente: Propia.....	115
<i>Ilustración 67.</i> Hoja Electrónica Cálculo Caudal de Diseño.	116
<i>Ilustración 68.</i> Hidráulica de Tuberías.....	116
<i>Ilustración 69.</i> Plano Red Alcantarillado Sanitario en el Software SWMM.....	117
<i>Ilustración 70.</i> Características Tuberías (P-017 A P-023)	117
<i>Ilustración 71.</i> Características de los Nudos (P-001).....	117
<i>Ilustración 72.</i> Mapa Sistema Alcantarillado Aportes Totales de Aguas Residuales.....	118
<i>Ilustración 73.</i> Perfil de Lámina de Agua Nudos 30-O9	118
<i>Ilustración 74.</i> Plano Alcantarillado Combinado Software SWMM.....	119
<i>Ilustración 75.</i> Curvas IDF Estación Pluviométrica Chitaga Fuente: IDEAM.....	119
<i>Ilustración 76.</i> Calculo Precipitación Hietograma de Frecuencia.....	120
<i>Ilustración 77.</i> Hietograma de Frecuencia Tr 10 Años Chitagá	120
<i>Ilustración 78.</i> Serie de Volumen del Pluviómetro Establecido	121
<i>Ilustración 79.</i> Propiedades Subcuencas (SC-29).....	121
<i>Ilustración 80.</i> Numero de Curva para las Subcuencas	121
<i>Ilustración 81.</i> Caudal Sistema de Alcantarillado Combinado.....	122
<i>Ilustración 82.</i> Perfil Lámina de Agua Sistema de Alcantarillado Combinado (Nudo 29-48)	122
<i>Ilustración 83.</i> Red Acueducto Software EPANET.....	123
<i>Ilustración 84.</i> Embalse PTAP.....	123

<i>Ilustración 85.</i> Calculo Demanda Base.....	124
<i>Ilustración 86.</i> Propiedades Tuberías.....	124
<i>Ilustración 87.</i> Propiedades Nudos	124
<i>Ilustración 88.</i> Mapa de Contorno de Presiones en el Sistema de Acueducto.....	125
<i>Ilustración 89</i> Zona Válvulas Reductoras Presión	126
<i>Ilustración 90</i> Interfaz DEOC Pozos de Inspección	127
<i>Ilustración 91</i> Elementos Interfaz DEOC	127
<i>Ilustración 92</i> Buttons.....	128
<i>Ilustración 93</i> Ventana Emergente de Advertencia	128
<i>Ilustración 94</i> Ventana Emergente Question	128
<i>Ilustración 95</i> Ventana Emergente de Información	129
<i>Ilustración 96</i> Datos de Propiedad (Licencia).....	129
<i>Ilustración 97</i> Datos de Propiedad (Acerca De)	130
<i>Ilustración 98</i> Pozo Sin Tapa P-020	140
<i>Ilustración 99.</i> Altura de Excavación P-017	140
<i>Ilustración 100</i> Pozo de Mas de 4 m de Altura P-028.....	140
<i>Ilustración 101</i> Pozo Sin Revestimiento P-027	140
<i>Ilustración 102</i> Pozo con Daños de Sobrecarga P-033	140
<i>Ilustración 103</i> Pozo Tapado por la Vía Pavimento Flexible P-031	140
<i>Ilustración 104</i> Pozo Dentro de Estructura del Andén de una casa P-039	141
<i>Ilustración 105</i> Pozo Colmatado P-117	141
<i>Ilustración 106</i> Escalones y Cañuela P-036.....	141
<i>Ilustración 107</i> Pozo dentro de Lote Privado, Fuera de Servicio P-112.....	141

<i>Ilustración 108</i> Caja Paralela a la Vía Nacional a Málaga P-155	141
<i>Ilustración 109</i> Estado de Caja Antes de Descarga o Vertimiento P-049	141
<i>Ilustración 110</i> Tapa en Concreto P-050	142
<i>Ilustración 111</i> Vía Destapada Pozo sobre la Rasante P-109	142
<i>Ilustración 112</i> Pausa Activa y Charla a los Trabajadores por parte de la Estudiante de Psicología Marly Cordero	142
<i>Ilustración 113</i> V-014 Tapada con una Piedra.....	143
<i>Ilustración 114</i> Sin Tapa V-016.....	143
<i>Ilustración 115</i> Válvula Reductora de Presión V-037	143
<i>Ilustración 116</i> Tapa Partida V-020.....	143
<i>Ilustración 117</i> Tapa Partida V-045.....	143
<i>Ilustración 118</i> Válvula No Encontrada V-044.....	143
<i>Ilustración 119</i> Hidrante H-001	144
<i>Ilustración 120</i> Válvula Tapada V-047.....	144
<i>Ilustración 121</i> Hidrante H-003	144
<i>Ilustración 122</i> Hidrante H-002.....	144
<i>Ilustración 123</i> Hidrante H-006	144
<i>Ilustración 124</i> Hidrante H-007	144
<i>Ilustración 125</i> Hidrante H-008.....	145
<i>Ilustración 126.</i> Estructura y Base de Datos Tuberías Sistema de Alcantarillado.....	159
<i>Ilustración 127.</i> Estructura y Base de Datos Descargas Sistema de Alcantarillado	159
<i>Ilustración 128.</i> Estructura y Base de Datos MH Sistema de Alcantarillado	160
<i>Ilustración 129.</i> Estructura y Base de Datos Válvulas Sistema de Acueducto.....	160

<i>Ilustración 130.</i> Estructura y Base de Datos Hidrantes Sistema de Acueducto.....	161
<i>Ilustración 131</i> Interfaz DEOC Tuberías Alcantarillado	161
<i>Ilustración 132</i> Interfaz DEOC Descargas.....	162
<i>Ilustración 133</i> Interfaz DEOC MH.....	162
<i>Ilustración 134</i> Interfaz DEOC Tuberías Acueducto.....	163
<i>Ilustración 135</i> Interfaz DEOC Válvulas.....	163
<i>Ilustración 136</i> Interfaz DEOC Hidrantes	164

Lista de Apéndices

“Ver apéndices adjuntos en el Link DRIVE”

- **Apéndice A. INFORMACION EXISTENTE** contiene 2 carpetas:
ACUEDUCTO plano AutoCAD año 2012 Sistema de Acueducto,
ALCANTARILLADO: Formatos catastro, registro fotográfico, plano AutoCAD año 2017 y pdf plano.
- **Apéndice B. CATASTRO DE REDES** contiene 3 carpetas: **ACUEDUCTO** 3 carpetas FICHAS_TÉCNICAS, FORMATOS_FICHAS_TÉCNICAS y REGISTRO FOTOGRAFICO **ALCANTARILLADO** 3 carpetas FICHAS_TÉCNICAS_POZOS, FORMATOS_FICHAS_TÉCNICAS y REGISTRO_FOTOGRAFICO_POZOS.
- **Apéndice C. DICCIONARIOS DE DATOS** contiene 2 carpetas **ACUEDUCTO** 3 archivos Excel HIDRANTES, TUBERIAS_ACUEDUCTO y VALVULAS **ALCANTARILLADO** 4 archivos Excel DESCARGAS, MH, POZOS y TUBERIAS_ALCANTARILLADO.
- **Apéndice D PYTHON BBDD y CONSULTAS SOBRE CODIGO** 3 carpetas **PYTHON_ACUEDUCTO** 1 carpeta BBDD 3 archivos Python HIDRANTES, VALVULAS y TUBERIAS y 3 archivos BBDD HIDRANTES, VALVULAS y TUBERIAS_ACUED **PYTHON_ALCANTARILLADO** 4 carpetas 1-POZOS (25 archivos Python de Consulta), 2-TUBERIAS, 3-DESCARGAS y 4-M todas con archivos Python y las Bases de Datos **PYTHON_INTERFAZ**

- **Apéndice E QGIS SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA** 2 planos
PDF de los sistemas de acueducto y alcantarillado en el SIG QGIS.
- **Apéndice F SWMM Y EPANET**

Resumen

Un sistema de información geográfica SIG es una herramienta fundamental dentro de una organización, permite la integración de componentes físicos como el hardware (Humanos-Usuarios) y lógicos (Software) cuyo propósito es almacenar, manejar y analizar datos, para la solución de un problema. La implementación del SIG (QGIS) para el catastro de las redes de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Chitagá, propone organizar, automatizar y actualizar el inventario físico de estos sistemas. De esta manera crear una herramienta de consulta permanente y de registro confiable y oportuno de la información para la toma de decisiones.

De acuerdo con la tecnología SIG, se conformó una base de datos alfanuméricos que permite estructurar una memoria documental de cada elemento de las redes facilitando el seguimiento, manejo y control, además, mediante la programación en el lenguaje Python obtener sentencias que verifiquen el cumplimiento de las normas que regulan el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado, acorde al RAS y la resolución 0330.

Para este fin se actualizo la información relacionada con ubicación y especificaciones técnicas de todos los atributos de los elementos. Información que con la ayuda del SIG fue georeferenciada, almacenada y organizada de forma metódica, logrando un alto grado de confiabilidad y así posteriormente analizar el diagnostico general y singular de los componentes de los sistemas que servirá de base a la administración de estos servicios públicos tener la opción de actualizar la información y prestar un servicio de mejor calidad y más eficiente.

Palabras clave: Sistema De Información Geográfica, QGIS, Catastro, Acueducto, Alcantarillado, Python, RAS, Resolución 0330.

INTRODUCCIÓN

El saneamiento básico ha sido una necesidad primordial desde el inicio de las civilizaciones, pero actualmente con mayores exigencias técnicas a causa del bienestar y la salud de las poblaciones. La calidad del agua, la disponibilidad del servicio y el uso responsable junto con garantizar la recolección y el transporte de aguas residuales son aspectos importantes para considerar como óptimo, el funcionamiento de los sistemas de Acueducto y Alcantarillado, los cuales dependen directamente de un buen diseño, óptima y eficiente construcción y una adecuada administración, tanto del recurso como de la infraestructura de la red y los suscriptores.

Para este último la implementación del SIG es el punto de partida y cimienta las bases para el desarrollo de un sistema general dentro del municipio que busca permitir recopilar, organizar registrar, almacenar, actualizar, analizar, evaluar y desplegar toda la información acerca del funcionamiento de los sistemas, contribuyendo al fortalecimiento y la gestión institucional. Para el logro del proyecto se recopiló, organizó y se sistematizó una memoria documental, con el fin de estructurar los sistemas y obtener resultados por medio de consultas idóneas, ágiles y eficientes y así optimizar el desempeño de la empresa prestadora de los servicios.

Mediante el uso del lenguaje de programación Python se obtuvieron sentencias de verificación con el fin de realizar intervenciones a los sistemas de acueducto y alcantarillado y así evaluar su funcionamiento y cumplimiento de las normas que regulan el diseño, operación y mantenimiento de estos sistemas como son el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y la resolución 0330 del 8 de junio de 2017.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy por hoy en ingeniería civil el disponer de un adecuado catastro técnico de toda la infraestructura se establece en una herramienta fundamental para realizar una eficiente operación y mantenimiento de los sistemas permitiendo optimizar los recursos, mejorar el buen funcionamiento de la empresa prestadora de estos servicios y constituyéndose en una práctica necesaria dentro los planes de mejoramiento de las redes de los proyectos de Sistemas de Acueducto y Alcantarillado.

Si bien es cierto, las redes de distribución de agua potable y las redes de recolección y transporte de aguas residuales y/o aguas lluvias son sistemas complejos. Según lo expuesto anteriormente se busca implementar modelos a la vanguardia como es el caso de Sistemas de Información Geográfica que permite acceder a la información de manera rápida, precisa, oportuna y eficaz, ordenar y simplificar con miras a optimizar su almacenamiento y agilizar los procesos de actualización, igualmente, el uso de un lenguaje de programación como Python que nos permite alcanzar mejores y certeros resultados que lleven a cumplir con las condiciones de diseño de redes de distribución de agua potable y de recolección de aguas residuales según la normatividad vigente optimizando recursos en tiempo, personal, materiales y economía.

El catastro de redes tiene como objetivo principal el contar con una base de datos técnico geo-referenciada que proporcione información real y detallada de los sistemas de acueducto y alcantarillado existentes en una ciudad o un municipio, esto con el fin de visualizar el inventario veraz y confiable de estos sistemas para la toma apropiada de decisiones en la gestión de estas redes, localizar con exactitud los elementos de las redes que se encuentran en operación o

aquellas que esta fuera de servicio junto con sus características técnicas (material, ubicación, profundidad, diámetro, entre otros).

JUSTIFICACIÓN

Con el paso del tiempo se presenta la necesidad de conocer de manera precisa y ordenada la información de la red de distribución de agua potable y de recolección y transporte de las aguas residuales y/o aguas lluvias, en las diferentes ciudades, y en el Departamento Norte de Santander, el municipio de Chitagá, no es la excepción. El catastro de redes se elabora con el fin de analizar el estado actual de la red y facilitar planes de mejora, monitoreo, optimización y ampliación de los servicios, conocer los parámetros de diseños de las redes, la profundidad, el diámetro y el servicio todo esto para tener asociados los anteriores parámetros a un plano digital del municipio, mediante el sistema de información geográfico (SIG) y que se vea representado en un indicador del nivel de calidad, progreso, modernidad y actualización del municipio y de igual manera es un sinónimo de satisfactorias prácticas de investigación ingenieril.

CAPITULO I

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Implementar sistemas de información geográfica en la elaboración del catastro de las redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Chitagá (Norte de Santander), mejorando los índices de calidad de prestación de servicios y proveer la optimización del sistema.

1.2 Objetivos específicos

- Actualizar el levantamiento topográfico y el catastro de las redes de acueducto y alcantarillado, de esta manera conocer el terreno del municipio y la infraestructura que compone estos sistemas.
- Construir un diccionario de datos que integre toda la información levantada en campo derivada del catastro de redes con metodologías y procedimientos adecuados que permita observar el estado actual de los sistemas.
- Incorporar la información recolectada en el sistema de información geográfica facilitando la toma de decisiones futuras en cuanto a disponibilidades, reparaciones, ampliaciones, coberturas de nuevos sectores y planes de optimización y mejoramiento.
- Programar sentencias en código Python para realizar intervenciones en los sistemas de redes de acueducto y alcantarillado y así evaluar su funcionamiento.

- Generar estrategias y seguimiento de control en los sistemas de acueducto y alcantarillado, mediante consultas rápidas desde los sistemas de información geográfica.
- Simular el funcionamiento de las redes de acueducto y alcantarillado existentes mediante los softwares EPANET y SWMM para así obtener las condiciones mínimas de diseño de una manera más rápida y sencilla.

CAPITULO II

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan los diferentes antecedentes documentales previamente indagados para la correcta comprensión del estudio y los cuales fue necesario conocer a fondo para el desarrollo de la temática propuesta.

2.1. Investigaciones Internacionales

D. Francisco Javier Martínez Solano, 2002, APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A LA GESTIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE. En su tesis doctoral señala que el estudio de una red de distribución de agua potable exige el manejo de una importante información que podría ser agrupada en tres grandes grupos: información física de los elementos de la red, información económica del sistema de abastecimiento e información espacial sobre la ubicación de los anteriores, todas estas raras veces se encuentran ligadas. Pero, esto es posible gracias a la implementación de un adecuado Sistema de Información Geográfica su investigación se basó en la definición de una estructura de base de datos, la elaboración de un modelo digital del terreno, elaboración de la modelación de la red, asignación de cargas o consumos al modelo, interoperabilidad de los SIG y finalmente una aplicación práctica de todo lo expuesto. (Solano, 2002)

Yoany Sánchez Cruz Y Magaly Amorós Núñez, 2012. GESTIÓN DEL AGUA URBANA MEDIANTE ANÁLISIS ESPACIAL EN LOS SIG. Empresas Aguas de La Habana, Cuba. Adelantaron un paso en el desarrollo de esta nueva tecnología que ha sido no solo utilizarlas para mapear y realizar consultas, sino para analizar tendencias y tomar decisiones mediante las

aplicaciones que brindan los análisis espaciales, entendido esto como el conjunto de procedimientos utilizados para abordar el estudio de la estructura y de las relaciones territoriales a partir del conocimiento de la posición y de las características de las entidades geográficas de las variables involucradas. (Sánchez & Amorós, 2012)

Lucio Fragoso Sandoval, Jaime Roberto Ruiz Zurvia-Flores Y Arturo Bruno Juárez León, 2013 SISTEMA PARA CONTROL Y GESTIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE DE DOS LOCALIDADES DE MÉXICO. Este trabajo describe un proyecto que desarrolló un SIG para la administración de la información espacial y no espacial, relacionada con una red de distribución de agua potable. Este SIG fue aplicado a dos unidades habitacionales de Tehuacán, Puebla, México quienes con la información de la base de datos generada del SIG permiten al usuario visualizar y efectuar operaciones. (Fragoso, Ruiz, & Juárez, 2013)

2.2. Investigaciones Nacionales

Alba Zuleidy Avendaño Cipagauta Y Yessica Katherine Cadena Melo, 2014. USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CHÍA CUNDINAMARCA. Su investigación cuantitativa de aplicación de herramienta informática, tuvo como propósito utilizar los SIG (QGIS) como una herramienta de información cartográfica útil para que los organismos de control pudieran visualizar las áreas que tienen mayor amenaza de inundación y así generar mecanismos de mitigación y prevención frente a épocas invernales como la ocurrida en el 2011. Se utilizaron mapas de elevación y curvas de nivel, mapa de pendiente, mapa de perfil, mapa hidrológico, mapa de isoyetas, bosques y vías para representar datos que pudieran influenciar sobre el fenómeno dándole a cada uno de ellos una ponderación arrojando como resultado de acuerdo al mapa generado que la localización del municipio es en un terreno de poca inclinación

dificulta la escorrentía y la evacuación del agua. El SIG implementado permitió visualizar las diferentes capas creadas de forma ordenada facilitando la interpretación de la información y el cruce con otros mapas. (Avendaño & Cadena, 2014)

David Bernardo Diaz Morales Y Néstor Enrique Mercado Yepes, 2016. GESTIÓN TÉCNICA DE REDES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN NEPOMUCENO BOLÍVAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG. Este proyecto busco presentar un diagnóstico de la red de agua del municipio, identificando las variables que presenta el sistema, tales como niveles de caudal, velocidad y presión del agua, topografía, entre otras, mediante la implementación de herramientas SIG y el uso de la herramienta WaterGEMS V8I for ArcMap. La simulación del sistema permitió identificar las áreas que presentan mayores inconvenientes con el servicio, brindando apoyo a la toma de decisiones y a la solución de estos. Finalmente se diseñó e implementó un mapa de consulta WEB para acceder, visualizar, consultar y gestionar la información resultante del análisis. (Diaz & Mercado, 2016)

Alexandra Muñoz Bonilla, Claudia Janneth Roncancio Moreno Y Sergio Armando Mendoza Jiménez, 2018, en su trabajo aplicado a la IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL DE LA ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA, dentro del software ArcGis, otorgaron a la institución una herramienta eficaz para evaluación del funcionamiento físico, administrativo, operativo y de resultados de la caracterización de análisis fisicoquímicos y biológicos de cada una de las plantas de tratamiento. (Muñoz, Roncancio, & Mendoza, 2018)

Sergio Antonio Buitrago Puerta, 2018, PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL

MUNICIPIO DE BAHÍA SOLANO. CHOCÓ. Debido a su ubicación geográfica este municipio ha sido afectado por la guerra y menos intervenido por el estado, además por encontrarse en una zona de alto riesgo sísmico sustenta que dicha población no cuenta con un sistema de acueducto eficiente (aclarando que es relativamente nuevo, colocado en funcionamiento en 2015) presenta falencias en cuanto a disponibilidad y bajas presiones de agua, el desarrollo del trabajo se basó en organizar la información existente en un SIG que permitió un mejor manejo, gestión y toma de decisiones a los administradores. (Buitrago, 2018)

Aguas de Manizales S.A. ESP: Empresa encargada del tratamiento y distribución de agua potable, recolección de aguas residuales y saneamiento básico. Por medio del SIG cuenta con el inventario de las redes de acueducto y alcantarillado, optimiza la planeación de inversiones en la instalación de hidrantes, entre otros. (Fadul, 2010).

EMP (Empresas Públicas de Medellín): Empresa prestadora de servicios públicos de agua, energía y gas natural. Por medio del SIG administra la información de redes de servicios públicos domiciliarios de Trasmisión Y Distribución Energía, Aguas Y Gas. Apoya la gestión en terreno de la operación comercial, para disponer a los grupos de interés de mapas con la localización de las oficinas de atención, ubicación de estaciones de gas vehicular, áreas de prestación de servicios de aguas y para los usuarios internos, las aplicaciones SIG, mapas, visores, servicios geográficos, entre otros. (Empresas Públicas de Medellín, 2021)

2.3. Investigaciones Regionales

Luz Marina Jaimes Portilla, 2019. ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE ALCANTARILLADO IMPLEMENTANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE MUTISCUA NORTE DE SANTANDER. Desarrolló un sistema de información geográfica sobre la plataforma ArcGIS, sistema que permitió el manejo de los datos

en forma digital del catastro de la red de alcantarillado, también realizar actualizaciones y seguimiento continuo de la red; alimentándolo fácilmente con información nueva generada por procesos de mantenimiento o reposición de tuberías o accesorios, en forma simple y rápida, desplegándola por medio de consultas SIG requeridas por el ente responsable para una mejor ejecución y control. Por otra parte, se entregó la simulación de la red de alcantarillado combinado en condiciones ideales., en el modelo de cálculo hidráulico e hidrológico del software SWMM, lo que llevo a conocer los niveles de la lámina de agua en cada uno de los colectores y pozos del sistema. (Jaimes, 2019)

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

Para desarrollar el estudio planteado en esta investigación, dirigida a sistemas de información geográfica (SIG) en la elaboración de catastro de redes de acueducto y alcantarillado, es necesario hacer una aproximación algunos conceptos importantes.

3.1. Breve Reseña Histórica de los SIG

Hacia finales de los años 1950 surgieron los que se han dado a llamar la segunda generación de ordenadores, estos un poco más económicos que sus predecesores, incluían su uso para dos aplicaciones que requerían gran capacidad de cálculo: la estadística y el manejo de información gráfica. En 1959, Waldo Tobler diseña un sistema de gestión de mapas que nombro MIMO (Map In – Map Out), sistema que cimentó las bases para la geo codificación y poseía todas las herramientas estándar de lo que hoy se conoce como SIG. En 1963, se desarrolla en Canadá un proyecto dirigido por Roger Tomlison denominado Canadian Geographic Information System (CGIS). Dos años después surge en los Estados Unidos un sistema similar, el MIDAS, con los dos se pretendía procesar información sobre los recursos naturales. Un año después se creó el Laboratorio de Análisis Espacial y Gráfico por Ordenador en la Universidad de Harvard. Allí estudiaron, entre otros, los creadores de Intergraph (David Sinton), ESRI (Jack Dangermond) y ERDAS (Lawrie Jordan y Bruce Rado).

La evolución de los sistemas de información geográfica (SIG) ocurre paralela a la de los ordenadores, un segundo salto en su evolución ocurre a principios de 1970. Esta época corresponde a la creación del ODYSSEY en Harvard, el primer SIG vectorial de la historia, la

aparición del sistema de codificación DIME, basado en el concepto de topología, así como la creación de Environmental Systems Research Institute (ESRI) en 1969, quien empezó a comercializar en 1981 ARC/INFO su producto estrella. De la misma forma en 1969 se crea Intergraph Corporation (Jim Meadlock).

Las décadas de 1980 y 1990 suponen el despegue de los SIG. Surgen los programas más influyentes en este campo: ARC/INFO, SMALLWORLD, ERDAS, IDRISI, etc.

En la actualidad se está produciendo una nueva revolución en las tecnologías de la información, la aparición y el uso generalizado de GPS (Global Positioning System), internet o sistemas de telefonía móvil. Esto afecta también a los SIG que han ido cediendo protagonismo al usuario, integrando los dos formatos principales de SIG (vectorial y matricial), facilitando el desarrollo de aplicaciones personalizadas mediante el uso de lenguajes de programación con gestión de datos orientada a objetos y descentralización de la información en bases de datos distribuidas.

La utilización de los SIG para la gestión de infraestructuras ha sido consecuencia lógica del desarrollo de estos. De hecho, desde su aparición a principios de la década de 1960, se han utilizado de manera extensa para la gestión de infraestructuras urbanas. Primero fueron las compañías eléctricas, a continuación, se le sumaron las compañías de gas.

La primera aproximación al uso de los SIG en la gestión de redes de distribución de agua potable y recolección de aguas residuales documentada en la bibliografía se produce en Denver Waters (Cesario, 1986). No se trataba exactamente de un SIG tal y como lo conocemos hoy en día. Se trataba de un sistema de cartografía automatizada o AM/FM (Automated Mapping / Facility Management). En cualquier caso, se puede considerar el primer paso en el uso de

sistemas de gestión informatizada de la información cartográfica en el entorno de las redes de distribución y recolección de agua.

3.2. Sistemas de Información Geográfica SIG

A lo largo de la historia, el hombre ha sentido la necesidad de representar la superficie terrestre y los objetos situados sobre ella, representar los diversos elementos, recursos y factores ambientales de la superficie terrestre para conseguir una mejor visión de la distribución de los fenómenos naturales y asentamientos humanos sobre la superficie terrestre. (Sarría, 2010)

Debido a que la información en papel fue complicada de tratar y de analizar, se han desarrollado programas de computador, capaces de automatizar, modernizar y especializar los diferentes procesos de manipulación de información. De aquí, que la gestión de base de datos ha evolucionado a ser una colección de datos interrelacionados, mediante programas, cuyo objetivo es proporcionar una visión abstracta de los datos en un entorno eficiente. Por esta razón, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta idónea de análisis de información, están diseñados para trabajar tanto con datos referenciados (coordenadas) como con bases de datos. (Gulf of California Marine Programa, 2021).

Existen múltiples definiciones sobre que es un SIG. Aunque algunas de ellas son más completas que otras, todas coinciden en resaltar dos características básicas del SIG:

- Un SIG es un sistema gestor de bases de datos Georreferenciadas.
- Un SIG almacena y relaciona datos espaciales (posición o localización) con datos temáticos (atributos alfanuméricos) distribuidos en capas o coberturas.

Sistemas de información geográfica. “Es un complejo sistema de almacenamiento y procesamiento de datos que tiene como fin la producción de información espacial. La información espacial se almacena y se procesa a manera de puntos, redes, líneas, polígonos y

áreas a las cuales se le otorgan valores que pueden ser geo-referenciados por el programa” (Biblioteca Virtual, Biblioteca Luis Ángel Arango, 2021).

Una forma más general y fácil de definir los SIG, (Escobar, Hunter, Bishop, & Zerger, 2001) considera la disposición, en capas, de sus conjuntos de datos, serie de mapas de la misma porción del territorio, donde la localización de un punto tiene las mismas coordenadas en todos los mapas incluidos en el sistema. De esta forma es posible analizar las características temáticas y espaciales para obtener un mejor conocimiento de la zona

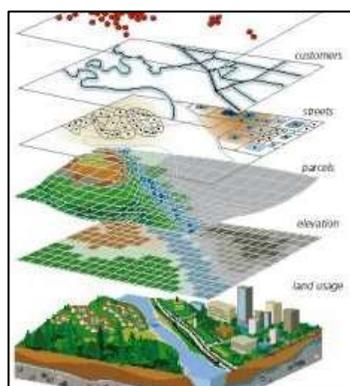


Ilustración 1. Representación de la realidad en un SIG mediante capas de información temática. Fuente: Referenciado en (Biere & Aitziber, 2010)

Por último, una definición más global: (Zarzosa & Andrés, 2004) un SIG es un sistema que integra un componente de hardware y software con procedimientos preestablecidos para la gestión, manipulación, análisis y publicación de datos referenciados espacialmente, con el fin de decidir, planificar y ordenar sobre alguna problemática específica. El objetivo de un SIG, es resolver interrogantes relacionados con información espacial y permitir encontrar respuestas y tomar decisiones a partir de esta.

Los sistemas de información geográfica requieren de una interfaz de usuario para la manipulación de la información, un motor de base de datos para la organización y gestión de datos, maquinas físicas para el almacenamiento y procesamiento, no menos importante que las

demás está el trabajo de campo, la recolección, selección, filtración, depuración y organización de la información, pues se considera el insumo que brindará los resultados y del cual dependerá la precisión de la herramienta.



Ilustración 2. Componentes de un SIG

3.2.1. Ventajas del uso de los SIG

De acuerdo con (Borscosque, 1997), la implementación de los sistemas de información geográfica en una organización trae consigo:

- Mejorar el ordenamiento de los datos referenciados espacialmente
- Recuperación de la información de manera inmediata.
- Proporcionar herramientas computacionales capaces de realizar variados tipos de manipulación de datos (mediciones de mapas, la sobre posición de mapas, transformaciones de los formatos de los datos, diseños gráficos y manejo de base de datos).
- Reducir costos de procesamiento de los datos, especialmente en las etapas de actualización.

- Facilitar el diseño gráfico interactivo a través de herramientas de dibujo automatizado, que posibilita acelerar y mejorar las tareas cartográficas tradicionales y diversificar la cartografía temática.
- Permitir en forma gráfica e iterativa realizar pruebas y calibraciones de modelos conceptuales que se deseen aplicar sobre el espacio.
- Permitir ciertas formas de análisis que manualmente resultarían muy costosas o ineficientes. Tal es el caso del análisis digital de terreno, cálculos tales como pendientes, intensidad de insolación, sobre posición de conjuntos complejos de polígonos, entre otros.
- Permitir la incorporación constante de nuevas aplicaciones, en respuesta a nuevas necesidades de los usuarios.

3.3. Sistema Gestor De Datos Georreferenciados, Sistemas de Información Geográfica y Programas de Diseño Asistido por Ordenador

Es conveniente hacer la distinción entre lo que es un SIG y lo que es el software utilizado para la gestión de datos georreferenciados. En un SIG, la pieza principal es el conjunto de datos ordenados espacialmente. A partir de ese conjunto se construyen una serie de herramientas de gestión y consulta, esas herramientas es posible encontrarlas comercialmente en distintos paquetes o programas conocidos como Sistemas de Gestión de Bases de Datos Georreferenciados (SGBDG).

Se puede decir que un SIG es una base de datos georreferenciada, en la cual los datos se localizan por medio de coordenadas geográficas con respecto a algún sistema de referencia. Esta es la primordial diferencia entre un software de SIG y uno de CAD (Programas de Diseño Asistido por ordenador) (Rossiter, 1994).

Las misiones del gestor de bases de datos son, principalmente (Healey, 2001)

- Almacenamiento de los datos
- Validación de datos mediante herramientas apropiadas.
- Gestión de las restricciones de seguridad en el acceso a los datos.
- Control de accesos de varios usuarios para consultas o actualización.

3.4. Modelo de datos

“El modelo de datos es un conjunto sistémico para representar parte del mundo real en un sistema manejador de bases de datos. Al diseñar el modelo de datos para un sistema de información Geo-referenciada, básicamente de tienen en cuenta dos premisas: Uso y objetivos que cumplirá el sistema (funciones a desempeñar y la clase de objetos que se van a manipular con sus atributos) y las relaciones entre estos “citado en (Diaz; Mercado, 2016, pág. 25).

Las diferentes representaciones espaciales de datos se llaman Modelos Espaciales de datos, los usados por un SIG pueden clasificarse en dos modelos elementales: el modelo ráster o matricial (modelo grid) y el modelo vectorial.

3.4.1. Modelo Ráster

Emula la realidad a través de la creación de una rejilla regular. En este modelo de datos, lo que se almacena de cada objeto es, no solo su contorno, sino su interior. Su principal limitación es que, para cada variable, se guarda un plano puesto que este método de almacenamiento puede consumir mucha memoria.

La ilustración 3 se muestra un esquema de cómo la información de un plano se almacena en el modelo ráster. Se puede ver que una rejilla se superpone al plano y que cada celda toma un valor dependiendo del uso que la tierra tiene. En este caso, se usó un código de color para representar cada uso de la tierra en el plano, pero para cada celda el uso de la tierra que toma el

mayor porcentaje de ella, se ha almacenado en la base de datos como un código alfanumérico (un número o una letra).

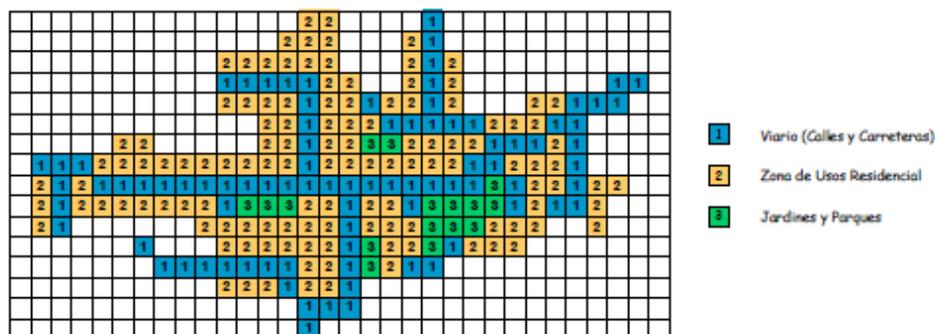


Ilustración 3. Esquema de una representación ráster de la información contenida en un mapa.
Fuente: citada en (Solano, 2002, pág. 27)

3.4.2 Modelo Vectorial

Reducción de las áreas donde las variables toman un valor fijo a geometrías simples (puntos, líneas o superficies). En el modelo vectorial los datos son almacenados como objetos y estos pueden ser clasificados según su naturaleza

- Objeto geométrico o cartográfico: La geometría proporciona el medio para la descripción cuantitativa de un objeto, a través de atributos (sus coordenadas) o funciones matemáticas basadas en ellos, incluyendo su posición, dimensión, tamaño, forma y orientación. Los atributos y funciones matemáticas de un objeto geométrico dependen del tipo de sistema de coordenadas usado para definir su posición espacial. Por lo tanto, si el sistema de referencia de coordenadas cambia, el objeto geométrico cambia también.
- Objeto topológico. La topología trata con las características de los objetos que permanecen idénticas si el espacio se deforma elástica y continuamente. Este es el caso de un cambio en el sistema de referencia de coordenadas. El tipo más común

de topología es la conectividad en una red. En este caso, un cambio en el sistema de referencia de coordenadas no afecta a las relaciones entre los diferentes objetos en la topología.

Los objetos básicos en un SIG Vectorial se clasifican dependiendo de sus dimensiones.

- Punto o nodo. Los nodos tienen dimensión 0 y se almacenan en el ordenador con su posición a través de sus coordenadas.
- Líneas o arcos. Dependiendo del tipo de objeto, una línea puede ser representada como al menos las coordenadas de sus nodos o como una función que conecta dos objetos del tipo *nodo*.
- Polígono o superficies. Desde el punto de vista de la representación pueden ser una sucesión de líneas cerradas, una expresión matemática de superficie o un conjunto ordenado de puntos.

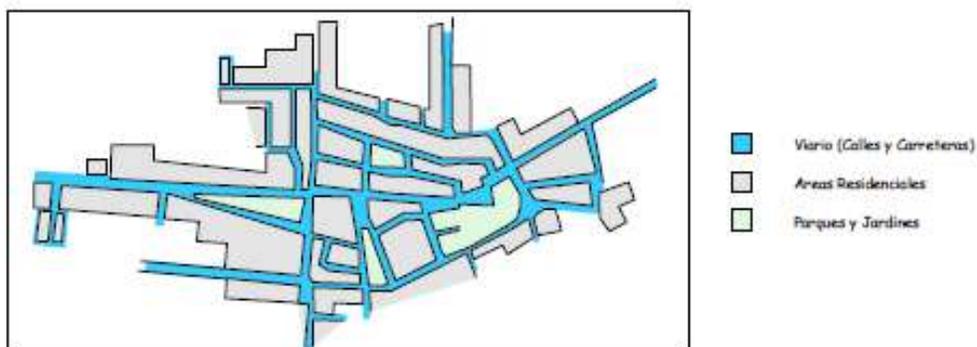


Ilustración 4. Representación esquemática en un modelo vectorial de la información contenida en un mapa.
Fuente: citada en (Solano, 2002, pág. 28)

En la ilustración 4 se observa un esquema de la representación de la información en el modelo vectorial del mismo mapa de la ilustración 3. Las calles se representan con líneas de cierto color y espesor, mientras que las áreas cubiertas de vegetación (parques y jardines) o edificios se representan con polígonos con diferentes rellenos.

La planeación del diseño y montaje del sistema de información geográfica para el acueducto y alcantarillado de Chitagá se hizo teniendo en cuenta que se iban a gestionar objetos que existen en la realidad; redes, válvulas, hidrantes, pozos de inspección que tenían características que los diferenciaban guardando relaciones espaciales que se debían conservar.

3.5- Sistemas de Gestión de Bases de Datos

Un Sistema de Gestión de Bases de Datos. Consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a los mismos, normalmente en el núcleo de un SI se sitúa un SGBD que permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos.

El SGBD permite:

- El método de almacenamiento y el programa que gestiona los datos (servidor) son independientes del programa desde el que se lanzan las consultas (clientes).
- Consultas complejas, cuya resolución esta optimizada, expresadas mediante un lenguaje formal.
- El almacenamiento de los datos de forma eficiente, aunque oculta para el usuario.
- El acceso ocurrence de múltiples usuarios autorizados a los datos, realizando operaciones de actualización y consulta de los mismos garantizando la ausencia de problemas de seguridad o integridad.

3.6. Estructura Relacional

Existen cinco tipos principales de estructura de base de datos de uso común en los SIG: lista invertida, la estructura jerárquica, la estructura de red, la estructura relacional y la base de datos orientada a objetos. Las tres primeras (estructuras de navegación) fueron más populares en

la década de los años 70 y 80 mientras que la base de datos relacional es la dominante en nuestros días. La estructura orientada a objetos está todavía en desarrollo.

La base de datos relacional inserta el concepto de tablas de dos dimensiones interconectadas. Cada tabla tiene un número de columnas o registros, y cada registro tiene un conjunto de atributos predefinidos o campos. Las principales características de este tipo de estructuras son la existencia de claves primarias, los vínculos relacionales y las formas normales. La misión de la clave primaria es garantizar la unicidad de cada registro, es decir, no pueden existir dos registros con una misma clave primaria.

3.7 GeoDataBase

Se trata simplemente de una base de datos que almacena toda la información relativa a un conjunto de entidades espaciales (geometría, topología, identificadores, datos temáticos, etc.).

3.8 Consultas

Sin duda alguna el concepto de consulta es la llave de la estructura relacional de la base de datos. Por ello, se han de desarrollar lenguajes que permitan la redacción de consultas que sean fácilmente inteligibles por el SGBD.

Una consulta a una base de datos implica:

- Seleccionar el subconjunto de datos que el usuario necesita en función de un conjunto de criterios previamente definidos.
- Presentarlo al usuario de forma útil bien sea en tablas, gráficos o mapas.

3.9. QUANTUM GIS (QGIS)

La herramienta tecnológica que se va a utilizar para el manejo de información geográfica es el software QUANTUM GIS (QGIS) versión 3.10.

Una de las marcas de software gestor de SIG, es QGIS, un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

QGIS, Es un software GIS de código abierto, usado para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica, estos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos.

Entre las características principales de Quantum Gis se encuentran: (Avendaño & Cadena, 2014, pág. 22)

- Soporte a datos vectoriales y ráster
- Soporte a tablas de datos no espaciales
- Herramientas para la digitalización de información.
- Herramientas impresión de mapas.
- Soporte a WMS y WFS
- Edición de datos
- Proyección de datos al vuelo.
- Etiquetado de elementos.

3.10. Normativa

3.10.1. Reglamento Técnico De Agua Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico

RAS

Esta 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.

El Reglamento del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico en el numeral A.4.8 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE, no especifica los datos necesarios para el catastro de la red, solo solicita la evaluación de la condiciones físicas y operación de la infraestructura actual. Por lo tanto, se define que, el catastro de redes debe registrar todos los componentes existentes en el sistema, con metodologías y procedimientos adecuados de campo, teniendo en cuenta todos los elementos propios de cada componente y el aporte que realizan al sistema.

3.10.2. Resolución 0330 del 08 de junio de 2017

El artículo 8° de la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 “Por la cual se adopta el Reglamento para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1259 de 2005 1447 de 2005 y 2320 de 2009”, proferida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se refiere a la necesidad de contar un, denominado técnicamente, “CATASTRO DE REDES”. Este catastro de redes sería gestionado mediante un software especializado en manejo de información espacial

3.11. Sistema de Acueducto y Alcantarillado

El desarrollo de los sistemas de información geográfica y su aplicación se ha extendido a diversos campos, uno de ellos es la gestión del medio ambiente siendo el sector hídrico uno de los más importantes por su relación entre las condiciones de calidad de agua y el saneamiento básico como determinantes de calidad de vida y salud de las poblaciones.

3.11.1. Sistema De Acueducto

Etimológicamente, la palabra acueducto significa “conducción de agua”, estos sistemas tienen como función básica, captar el agua desde una fuente hídrica natural, transportarla hasta una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), tratarla física y químicamente, almacenarla en

tanques de almacenamiento, conducirla hasta una red de distribución y distribuirla a los suscriptores del servicio de agua potable en una población. (SENA Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005)

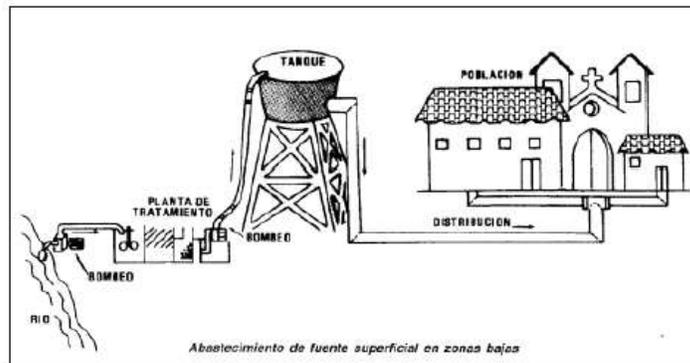


Ilustración 5. Funcionamiento básico de un Sistema de Acueducto
Fuente: (SENA Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005)

Un sistema de acueducto es la creación de la infraestructura necesaria para suministrar agua potable a una comunidad, obras hidráulicas para la captación, el sistema de parificación del agua, la conducción, el almacenamiento y la distribución. (Cualla, 1995).

En Colombia, el RAS, en su título “A”, detalla los aspectos generales de los sistemas de acueducto, brindando herramientas suficientes para proyectar, diseñar, construir, operar, mantener y gestionar estos sistemas.

3.11.2. Sistema De Alcantarillado

Un sistema de alcantarillado es un conducto a través del cual fluyen las aguas negras, el agua pluvial u otros desechos. En general incluye todas las alcantarillas entre los extremos de los sistemas de drenaje de los edificios y plantas de tratamiento de aguas negras u otros puntos de disposición final. (IGAC, 1998)

Clasificación

El sistema de alcantarillado se clasifica según el tipo de agua que recolecta:

- Sanitario: sistema que recolecta las aguas residuales provenientes de uso doméstico y comercial y las transporta a una planta de tratamiento donde se da un manejo especial antes de su vertimiento a una fuente hídrica sin causar perjuicios al medio ambiente.
- Pluvial: sistema de alcantarillado que recolecta aguas lluvias y las transporta hasta su disposición final ya sea a algún cauce natural, por filtración o en almacenamiento para su posterior uso.
- Combinado: sistema que recolecta el total de aguas lluvias y residuales.
- Semi-combinado: sistema de alcantarillado que recolecta el 100% de aguas residuales y que ocasionalmente sirve como alivio al sistema de agua pluviales.

Componentes de un sistema de alcantarillado (Sabogal & Rincón, 2017, pág. 14)

- Tubería: conducto formado por diversos tubos que cumple la finalidad de transportar fluidos, principalmente agua, generalmente son circulares, y pueden ser de diversos materiales como PVC, cemento, concreto, plástico, o cualquier otro material resistente.
- Accesorios: elementos que componen el sistema de tuberías diferente a los tubos mismos tales como conectores, codos, etc.
- Acometidas: corresponde a los elementos de distribución desde el cliente hasta los elementos de la red secundaria.
- Albañal: los albañales son las tuberías que recolectan el agua doméstica, comercial o industrial desde el paramento hasta la red de atarjeas.
- Red de atarjeas: la red de atarjeas es la que se encarga de transportar el agua desde los albañales hasta los colectores, interceptores o emisores, esta va incrementando

su grosor a medida que su caudal aumenta, se conectan entre ellas en cada vértice, cambio de dirección o distancias bastante largas con los pozos de inspección.

- **Colectores:** los colectores son aquellos que recogen las aguas de la red de atarjeas, generalmente se encuentran en la zona más baja del sector y son paralelos a las quebradas.
- **Interceptor:** son las tuberías que recolectan las aguas negras de dos o más colectores para disponerlas en un emisor o una planta de tratamiento.
- **Emisor:** son aquellos que recolectan las aguas negras desde los interceptores o los colectores hasta la planta de tratamiento, y luego de su proceso las transporta al sitio de descarga.
- **Pozos de inspección:** son pozos verticales que permiten el acceso a las redes de atarjeas y a los colectores, estos conectan la red en cada uno de los cambios de dirección o en distancias bastante largas, la conexión a estos debe ser totalmente impermeable.
- **Corrientes naturales:** corresponde a las vertientes naturales de agua.

En Colombia, el RAS, en su título “D”, detalla los aspectos generales de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales, domésticas y pluviales, brindando herramientas suficientes para proyectar, diseñar, construir, operar, mantener y gestionar estos sistemas

3.12. Catastro de redes

El catastro de las redes de distribución de agua potable y las redes de recolección y transporte de aguas residuales es un sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada (fotos, fichas, planos, etc.) y está relacionada con todos los detalles técnicos de

ubicación de cámaras de inspección, tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y todo otro complemento o accesorio importante que se tenga incorporado o haga parte de las redes

El catastro de redes es una herramienta esencial para unificar la información existente ya que este permite archivar toda la información debidamente georreferenciada y tener un diagnóstico basado en el levantamiento de información adquirida en campo, haciendo uso de fichas, formularios y/o planos, donde se pueda evidenciar las relaciones técnicas como ubicación de tuberías, profundidad, estado, conexión, diámetros y longitud, con el fin de obtener el estado actual del sistema y así poder diagnosticar sus posibles fallencias. Este es una representación de las instalaciones, agiliza el proceso de operación, implementación, actualización y mantenimiento del sistema ya que su estructura se encuentra en la mayoría enterrados por lo cual no se encuentra disponible a la vista y una operación de mantenimiento sin conocer exactamente la ubicación de los componentes genera riesgo de elevación de costos (Sabogal & Rincón, 2017).

3.13. Python

Python fue creado a finales de los años 80 de la mano de Guido van Rossum, un programador de origen holandés que trabajaba en el centro CWI de Ámsterdam. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta parcialmente la orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma. La programación en Python es sencilla lo que contribuye a unos tiempos de desarrollo más cortos y a que los programas cuenten con un menor número de líneas. Además, son más fáciles de leer y de esta forma se facilita la detección de errores. Al ser interpretado puede ser utilizado en cualquier ordenador donde exista un intérprete (Domínguez, 2014).

3.14. EPA SWMM

EPA SWMM Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales). es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía. El módulo de transporte o hidráulico SWMM analiza el recorrido de esta agua a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Así mismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad de agua de escorrentía de cada cuenta, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad de agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo. SWMM se ha convertido en el programa de referencia a nivel mundial en el análisis de redes de drenaje, pues es un programa gratuito y de cálculo abierto, además su algoritmo de cálculo es muy potente y permite generar análisis hidráulicos en cortos periodos de tiempo. (Rodriguez & Rodriguez, 2014).

3.15. EPANET

EPANET es un programa de ordenador de libre distribución, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, por sus siglas en ingles), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución, durante un período prolongado de simulación.

Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación. Ha sido diseñado como una herramienta de investigación para mejorar el conocimiento del movimiento y evolución de los componentes del agua en el interior de los sistemas de distribución. El módulo de calidad del agua de EPANET permite modelar fenómenos tales como la reacción de los componentes del agua, la reacción con las paredes de las tuberías, y el transporte de masa entre las paredes y el fluido trasegado. (Torres & Vélez, 2010, pág. 29)

CAPITULO III

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de objeto de estudio se encuentra localizada en el Municipio de Chitagá, departamento Norte de Santander. El Municipio de Chitagá está situado en la Cordillera Oriental, el casco urbano del Municipio de Chitagá se encuentra a 123Km de la Capital del Departamento. En la Ilustración 6 se presenta la localización general del municipio en el Departamento de Norte de Santander y en Colombia.

Chitaga, es uno de los 40 municipios del departamento Norte de Santander. Su localización geográfica hacia el Suroccidente del Departamento es de $07^{\circ} 08' 16''$ de Latitud Norte y $72^{\circ} 39' 52''$ de Longitud Oeste. Limita al Norte con los municipios de Cócota, Labateca y Pamplona; al Sur con el Departamento de Santander y los Municipios de Concepción y Cerrito; al Oriente con el Municipio de Toledo y el Departamento de Boyacá y al Occidente con el Municipio de Silos. La superficie municipal es de 1200 Km^2 que representan el 5,54% del total del Departamento. Su cabecera municipal de Chitagá se encuentra a una altitud de 2.300 m.s.n.m y presenta una temperatura media de 14°C .



Ilustración 6. Localización General en Colombia y en Norte de Santander del Municipio de Chitagá.
Fuente: citada en (Gobernación de Norte de Santander- DAG Ingeniería, 2014, pág. 12)



Ilustración 7. Localización del municipio de Chitagá- Norte de Santander.
Fuente: (Google Earth, 2021)

CAPÍTULO IV

4. DESCRPCION DE LOS SISTEMAS EXISTENTES

4.1. Descripción del Sistema de Acueducto Existente

Tomado de DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO de (Gobernación de Norte de Santander-DAG Ingeniería, 2014, pág. 32).

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las estructuras que hacen parte del Sistema de Acueducto.

Para el abastecimiento el Sistema de Acueducto del Municipio de Chitagá cuenta con dos bocatomas de fondo las cuales reciben las aguas de las Quebrada La Viuda y El Arpero. La captación de la Quebrada La Viuda ubicada en las coordenadas: N= 1.280.534 E= 1.215.733 es conducida por una tubería de PVC de 3” de diámetro que tiene una longitud de 200m y llega al primer desarenador con el que cuenta el sistema, seguido de este proceso el flujo de agua es conducido por medio de una tubería de 3” y 4” de diámetro en PVC hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable la cual es de tipo convencional. La captación de la Quebrada El Arpero está ubicada en las coordenadas: N= 1.281.105 E= 1.157.369 es conducida por una tubería de PVC de 3” de diámetro que tiene una longitud de 30 metros y llega al segundo desarenador con el que cuenta el sistema.

Conducción: el flujo de agua es conducido 1.300m por una tubería de 4” de PVC hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable. La Planta de tratamiento de agua potable es de tipo semi-convencional. La estructura funciona 24 horas al día. Se realizan análisis fisicoquímicos y bacteriológicos al agua cruda y al agua tratada una vez a la semana, se realizan análisis de:

Turbiedad, Color y pH. Tiene los procesos de: Mezcla rápida, Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración. Después de tratada el agua es conducida a 2 tanques de almacenamiento de los cuales sale una tubería de 6" de diámetro la cual abastecen a toda la red del casco urbano del Municipio de Chitagá.

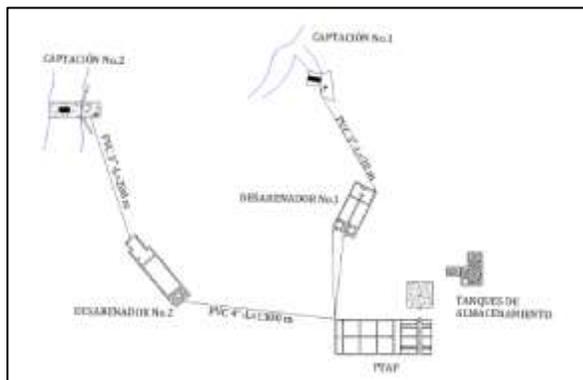


Ilustración 8. Esquema Básico del Sistema de Acueducto del Municipio de Chitagá.

Fuente: (Gobernación de Norte de Santander- DAG Ingeniería, 2014, pág. 33)

4.2. Descripción Sistema de Alcantarillado existente

El Municipio de Chitagá cuenta con sistema de alcantarillado tipo sanitario y pluvial, las evacuaciones de las aguas lluvias se realiza por medio de tuberías. Las descargas se realizan al Río Chitagá y a las Quebradas La Viuda y El Arpero. El municipio de Chitagá no realiza tratamiento a las descargas ya que no cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPITULO V

5. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación se llevó a cabo a través de ocho fases iniciando en el mes de septiembre del año 2020 hasta los primeros 3 meses del año 2021, donde se llevó a cabo el procedimiento para implementar Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Elaboración de Catastro de Redes de Acueducto y Alcantarillado Municipio Chitagá Departamento Norte de Santander.

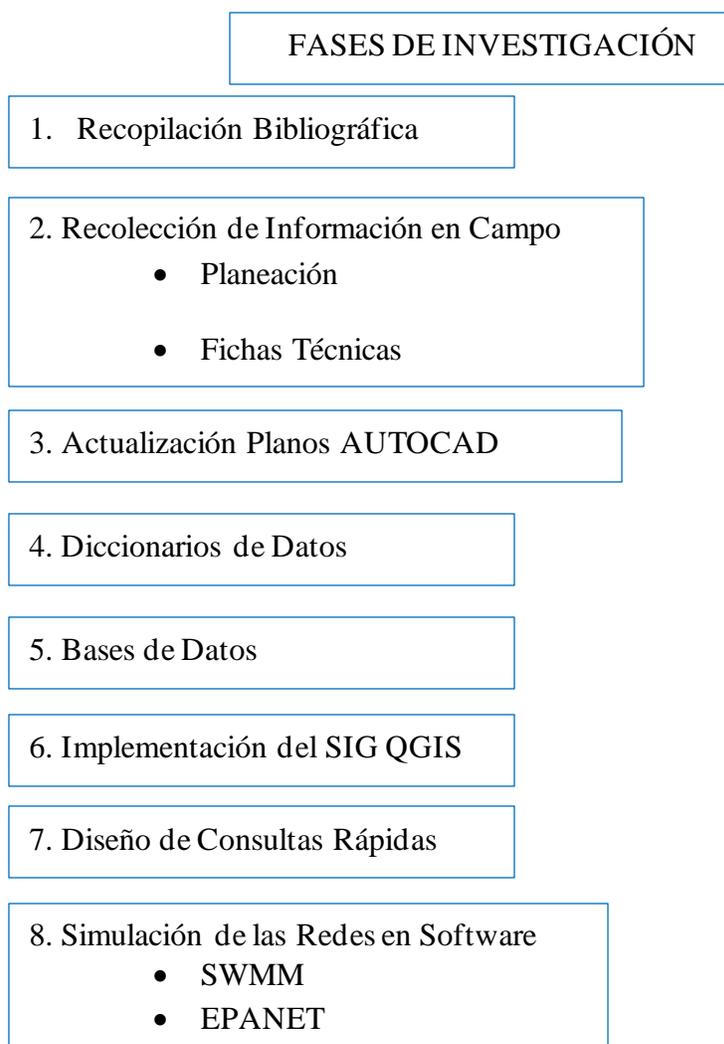


Ilustración 9. Fases Metodología de Investigación

5.1. Recopilación Bibliográfica

La recopilación de la información existente se realizó por medio de visita y entrevista al personal de la Alcaldía del municipio de Chitagá en las secretarías de Planeación y Servicios Públicos.

La secretaria de Planeación en cabeza del Secretario de Planeación Arquitecto Leonel Arturo Cortés Hernández y su Auxiliar de Planeación el Administrador de Sistemas y futuro Ingeniero Ambiental Alderson Hernando Cuaran Mogollón proporcionaron Carpetas en formato digital con la información del catastro de la red de alcantarillado del año 2017 (fichas escaneadas en pdf y registro fotográfico del mismo) junto con el respectivo levantamiento topográfico (plano AUTOCAD) cabe aclarar que sin su referenciación. En cuanto a la red de acueducto dicha secretaria contaba solamente con un archivo .DWG del año 2012.

La secretaria de Servicios públicos dirigida por la Ingeniera Ambiental Liliana Mogollón contaba solamente con los planos en formato físico de las redes de acueducto y alcantarillado realizados en el 2016. Muy amablemente proporciono personal de fontanería para realizar las visitas de campo a cada uno de los pozos de inspección del sistema de alcantarillado.

El señor fontanero Junior Bocanegra realizo acompañamiento a cada visita de los pozos de alcantarillado.

En virtud de lo anterior, se determinó como punto crítico, la debilidad de unión entre estas secretarías que no contaban con información unificada en cuanto a las redes de agua potable y aguas residuales.

5.1.1. Diagnóstico inicial del manejo de la información

El diagnóstico inicial de la empresa prestadora de servicios públicos del municipio, en este caso, parte de que no se cuenta con un proceso estructurado de información, lo cual no permite

adquirir de primera mano datos importantes para la gestión administrativa y operativa. De este proceso se logró evidenciar que la gestión municipal presenta una desarticulación en el control y seguimiento del funcionamiento de los sistemas en estudio, lo que se requiere disponer de un sistema de información digital que permita acceder a la realización de consultas de diversos tipos y mantener un control fácil y rápido del estado y funcionamiento y por ende permita a la empresa Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio de Chitagá una planeación efectiva de los recursos de operación y mantenimiento.

5.1.2. Planos Bases para las Visitas de Campo

Según lo anterior se procedió a la digitalización en el software AutoCAD del plano físico Acueducto con fecha Agosto del año 2016 sobre el plano digital de fecha octubre de 2012. De esta manera sobre él se creó el bosquejo de ruta a seguir el día de la visita y, además, se dibujó en borrador la ubicación de las válvulas e hidrantes. (Ver Ilustración 24 y Apéndice B Carpeta PLANOS).

En cuanto al sistema de Alcantarillado, el plano proporcionado por la secretaria de planeación del municipio contaba con información muy completa producto del catastro realizado en el año 2017. Se procedería solamente a actualizar sobre los nuevos datos encontrados en campo. Este plano contenía levantamiento topográfico cabe resaltar que, sin referenciar coordenadas, los pozos de inspección con cotas, tuberías especificando material, longitud y pendiente. En la ilustración 26 se muestra el plano original proporcionado por la entidad. (Ver Ilustración 26 y Anexo B Carpeta PLANOS).

5.2. Recolección Información en Campo

Esta etapa se considera muy importante ya que define las herramientas necesarias para obtener un diagnóstico acertado, además de realizar la integración de la información a fin de poder llevar a cabo la investigación.

5.2.1. Planeación

Se diseñaron las fichas técnicas de catastro en formato. xlxs (Ver Ilustración 10, Ilustración 11 e Ilustración 12) para cámaras o pozos de inspección, válvulas e hidrantes.

Con la ayuda de la calculadora Texas Inspire CX CAS propiedad del estudiante se crearon Formatos para el Diligenciamiento de los Datos en Campo (Ver Ilustración 13), después de tomados estos datos al finalizar la jornada diaria se digitaban junto con las fotos Geo-Referenciadas en las Fichas Técnicas De Catastro.

Ilustración 10. Ficha Técnica Catastro Pozos de Inspección
Fuente: Ingeniero Diego Sánchez Tapiero



Ilustración 13. Formato en la Calculadora Texas

5.2.2.1 Ficha Técnica Catastro Sistema de Alcantarillado

Pozos de Inspección

Encabezado:

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	MANUAL DE PROCESOS TÉCNICOS ESTUDIOS Y DISEÑOS		MPT-2013-21-11
	CAPTURA DE CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO		FECHA: _____ STRATA: _____
MANZANAS INSERVIDAS		PAGINA 91	
DISEÑO: _____	DISEÑO: _____	FECHA: _____	CONSECUTIVO: _____ ALT: _____ COTA: _____

Ilustración 14 Encabezado de la Ficha Técnica Catastro de Pozos.

- Nombre del proyecto de investigación: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA ELABORACIÓN DE CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.
- Fecha (1): fecha del diseño de la ficha técnica.
- Barrio y Dirección de ubicación del pozo.
- Fecha (2): fecha de realización de la visita al pozo.
- Consecutivo: nombre de identificación del pozo.
- Cota: altura sobre el nivel del mar de la rasante de la vía o de la tapa en metros

Centro de la Ficha

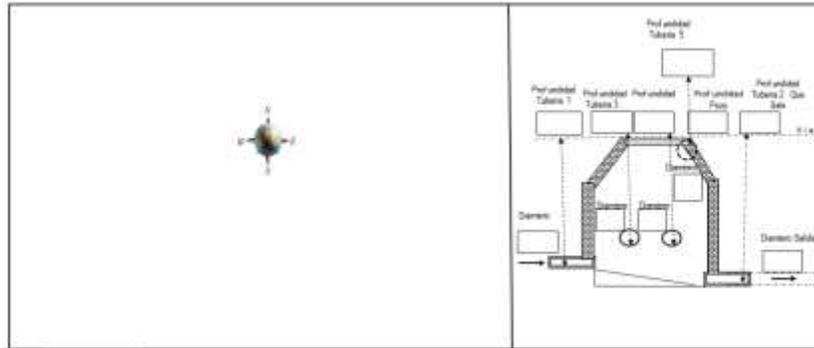


Ilustración 15. Centro Ficha Catastro Pozos

- Zona Fotos (Izquierda): fotos de las calles en la ubicación del pozo referenciadas con los puntos cardinales.
- Perfil pozo: se detallan las profundidades a batea de cada tubería dentro del pozo con sus respectivos diámetros, se especifican las tuberías de entrada y salida.
- Zona Fotos (Derecha): algunas fotos producto de la inspección entre ellas (excavación, tapa, cañuela, revestimiento, tuberías, cono, cilindro; entre otros aspectos).

Información Recolectada:

TIPO DE REPARACIÓN															
Reparación Cacería, Ramal, Domo		Servicio Normal		Instalación N/A		Limpieza Pozo		Distribución Pozo		Cacería, Ramal, Domo		Lavado a presión		Investigación	
Estructura															
No.	Nombre	Código	Diámetro	Material	Estado	Clasificación	Bateo	Obs. - ETC	Vaseo del Pozo	Via case al Pozo	Recepción	Recepción 1	Batería 1	Observación 1	Observación 2
Es = Señal Tipo = Material Nota: La descripción de esta estructura es de carácter informativo y no de diagnóstico.															
Tipo Tipo	Estado Tipo	Profundidad de Apertura	Tipo Pozo	Estado del Pozo	Exposición o de Batería	Estado de Bateria	Exposición del Pozo	Tipo de Batería	Estado de la Batería	Estado del Pozo	Estado del Pozo	Estado del Pozo	Estado del Pozo	Estado del Pozo	Estado del Pozo
Observaciones:															
ELABORADO: <u>ELIANA ELIZABETH BENTU CARVALLO</u> REVISÓ: <u>Aug Diego Sanchez</u> ACTUALIZÓ: FECHA_ACT: <u>JUN/2021</u>															

Ilustración 16. Información Recolectada del Pozo.

- Tipo de reparación: esta información no fue diligenciada, no se contaba con ella.

- N°: Numeración que se le dio a cada tubería dentro del pozo. **1** para tubería de entrada **2** para tubería de salida, las demás son otros colectores o tuberías domiciliarias.
- Nombre y código: están relacionadas en ocasiones se llenan cualquiera de las dos casillas. Allí se identifica si son tuberías Iniciales I o tuberías domiciliarias DM.
- Diámetro: diámetro en pulgadas de la tubería.
- Material: Material de la tubería puede ser PVC o GRESS.
- Dirección: indica de que punto cardinal viene o a que punto cardinal va el flujo del agua residual. N, S, E u W.
- Viene del pozo: indica la identificación o nombre del pozo del que viene el colector.
- Va para el pozo: indica la identificación o nombre del pozo para el que va el colector.
- Ubicación: conformada por 2 de ellas y cada una con 3 columnas. Estos datos se diligenciaron después de haber diseñado el SIG y que la red estaba Geo-Referenciada.

Orientación: según los puntos cardinales hacia donde se tomó la distancia del punto de referencia.

Referencia: lugar hasta donde se tomó la distancia medida desde el colector. Por general Paramento Pa, Sardinel Sa o vía.

Distancia: distancia en metros desde el colector al punto de referencia.

- Tipo de tapa: especifica el tipo de tapa que tiene el pozo. Concreto C, Hierro Fundido HF o Sin Tapa ST.

- Estado de Tapa: especifica el estado en que esta la tapa del pozo. B Bueno, R Regular si presenta algún daño o M Malo si está en pésimo estado en el caso de tener tablas o láminas de acero u obstruida por maleza y pasto.
- Posibilidad de Apertura: Sí aquel pozo al que si le pudo hacer inspección y No si se encuentra tapado por la vía o perdido.
- Tipo de Pozo: CC con Cono, SC Sin Cono o C Caja
- Estado del Pozo: B Bueno, R Regular si presenta algún daño, represamiento severo o maleza en pequeñas cantidades o M Malo si está en pésimo estado
- Localización de Defectos: estipula en que parte se encuentran la mayor parte de defectos físicos del pozo. A Aro, P Paredes o Cañuela.
- Condición de Escalones: si el pozo tiene escaleras en acero (varillas) en qué condiciones se encuentran B Bueno, R Regular o M Malo.
- Condición del Pozo: L Limpio, S Sedimentado, O Obstruido o C Colmatado.
- Tipo de Sedimento: P Piedra, L Lodo, A Arena o B Basura.
- Altura de Sedimento: altura en centímetros del sedimento presente en el pozo.
- Estado de la Cañuela: si el pozo tiene cañuela en qué condiciones se encuentra. B Bueno, M Malo, F Falta Cañuela o N No se observa.
- Estado Físico del Pozo: P Perdido cuando no fue posible su localización por lo general tapado por pasto, R Realzar pozo esto cuando la rasante de la vía está muy por encima de él, E Encima de la Rasante cuando el pozo está por encima de la rasante de la vía o L Relleno Lateral.

- Observaciones: se digitan algún tipo de observación diferente encontrada en el pozo como tipo de vía, actualización de catastro anterior, tipo de cañuela, altura de excavación, diámetro y altura del cono, diámetro de tapa, entre otros.

5.2.1.2 Fichas Técnicas Sistema de Acueducto

Válvulas

Encabezado:

MUNICIPALIDAD DE CHITAGÁ						MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
CANTONALES DE CONSERVACION DE VÁLVULAS						FECHA	ESTADO
CAPITULO DE CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTOS						VÁLVULA	
MUNICIPIO DE CHITAGÁ							
NOMBRE	UBICACIÓN	FECHA					

Ilustración 17. Encabezado Ficha Técnica Válvulas

- Nombre del proyecto. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA ELABORACIÓN DE CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.
- Barrio y dirección: ubicación según barrio calle o carrera del municipio donde fue encontrado el elemento.
- Fecha: fecha en la que se realizó el catastro a la válvula.
- Número: identificación en número que se le dio a cada válvula precedido de la letra V.

- Ubicación: conformada por 2 de ellas y cada una con 3 columnas. Estos datos se diligenciaron después de haber diseñado el SIG y que la red estaba Geo-Referenciada.

Orientación: según los puntos cardinales hacia donde se tomó la distancia del punto de referencia.

Referencia: lugar hasta donde se tomó la distancia medida desde el elemento. Por general Paramento Pa, Sardinel Sa o vía.

Distancia: distancia en metros desde el elemento al punto de referencia.

- Observaciones: por lo general hacía que punto cardinal abre la tapa u otro aspecto relevante del elemento.
- Tipo: tipo de válvula
- Función que cumple la válvula en el sistema.
- Estado: estado en el que se encuentra la válvula.
- Sentido horario o antihorario de la apertura de la válvula.
- Estado de servicio o fuera de servicio.
- Operabilidad: clasificada en local, no opera o bueno.
- N° de vueltas.
- Estado físico de la válvula: bueno, falta tapa, sin cabezote, nivelar cámara, tiene fuga, trabada, inaccesible, perdida, cambiar tapa o tapada con material.
- Extremo liso o bridado.
- Porcentaje de apertura.
- Cabezote: cuadrado, triangular o rectangular.

Hidrantes

Encabezado:

MUNICIPIO DE CHITAGÁ				MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER				MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SAN ANDRÉS BUCARÁMBA				MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
MANTENIMIENTO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO				MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
MANTENIMIENTO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO				MUNICIPIO DE CHITAGÁ	
BARIO	UBICACION	FECHA	NUMERO	ESTADO	OTROS

Ilustración 20. Encabezado Ficha Técnica Catastro Hidrantes.

- Nombre proyecto: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA ELABORACIÓN DE CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.
- Barrio y dirección de la ubicación del hidrante según barrio calles o carreras del municipio.
- Fecha: fecha en que se realizó el catastro del elemento.
- Número de hidrante

Área de fotos:

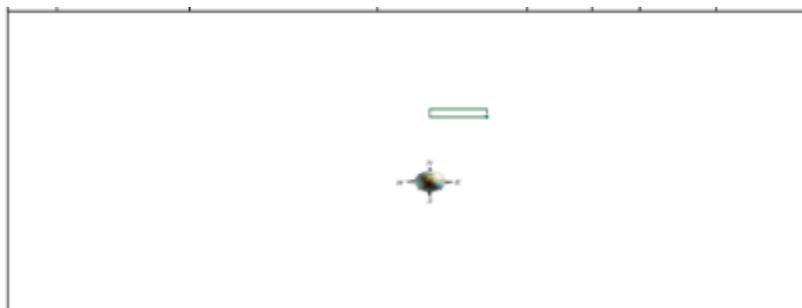


Ilustración 21. Área de Fotos Ficha Técnica Catastro Hidrantes.

Fotos referenciadas a los puntos cardinales de la ubicación del elemento.

Información del elemento:

ELEMENTO				UBICACIÓN 1			UBICACIÓN 2			OBSERVACIONES
No.	Nombre	Díametro	Tipo	Estado Físico	Estado En Operatividad	Rasante	Válvula Correspondiente	Orientación	Distancia		Referencia

Ilustración 22. Aspectos Diligenciados Ficha Catastro Hidrantes

- N° numero de hidrante
- Nombre asignado al elemento.
- Diámetro: diámetro en pulgadas del elemento.
- Tipo de hidrante Milán o Trafico
- Estado físico del elemento.
- Estado de servicio o fuera de servicio.
- Rasante: material de la vía
- Nombre de la válvula a la que corresponde el hidrante.
- Ubicación: conformada por 2 de ellas y cada una con 3 columnas. Estos datos se diligenciaron después de haber diseñado el SIG y que la red estaba Geo-Referenciada.

Orientación: según los puntos cardinales hacia donde se tomó la distancia del punto de referencia.

Referencia: lugar hasta donde se tomó la distancia medida desde el elemento. Por general Paramento Pa, Sardinel Sa o vía.

Distancia: distancia en metros desde el elemento al punto de referencia.

5.2.2 Catastro de Redes

Después de concluida la fase de planeación en la que se diseñaron las fichas técnicas que contemplarían toda la información de los elementos que componen las redes de acueducto y

alcantarillado, se estableció la ruta para la toma de datos en campo eligiendo la más óptima en tiempo siguiendo las rutas de las calles y además siguiendo el flujo del agua residual y de la red de distribución de agua potable.

La referenciación de los sistemas de acueducto y alcantarillado es una actividad que implica la ocupación del espacio público, obstaculizando la movilidad peatonal y vehicular con las consecuentes incomodidades para quienes requieren desplazarse a través de las vías ocupadas con estas labores, generando adicionalmente, impactos ambientales como la emisión de gases y ruido por la disminución de la circulación vehicular e incrementando los riesgos de accidentalidad, particularmente para los peatones y trabajadores. Esta actividad es considerada de corta duración, lo que facilita el restablecimiento de las condiciones de normalidad de la zona intervenida. (EPM, Version 08, pág. 81).

Teniendo en cuenta lo anterior se realizaron las visitas a los elementos en estudio, tomando los datos con excelentes prácticas ingenieriles, datos certeros, confiables y verídicos a la hora de digitalarlos a las fichas técnicas.

5.3. Actualización de planos AUTOCAD

Después de recogida la información en campo se actualizaron los planos AUTOCAD de los sistemas. En las ilustraciones 68 y 69 se detallan los planos actualizados de los sistemas de alcantarillado y acueducto respectivamente.

5.4. Diccionarios de Datos

Una vez digitada la información en las Fichas Técnicas de Catastro Microsoft Excel, se conceptualizó y delimitó el sistema, encontrando que las categorías presentadas a continuación son las más relevantes para implementar el Sistema de Información Geográfica, que facilita la condición operativa de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

A continuación, se detalla el Diccionario de Datos utilizado para la implementación del SIG.

5.4.1. Sistema de Alcantarillado

Pozos

- ID: código interno en el sistema. Letra P- precedida del número de pozo.
- GEOMETRÍA: se refiere a la representación vectorial del objeto, cuyas opciones son punto, línea y polígono.
- COORDENADA X (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre X en metros.
- COORDENADA Y (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre Y en metros.
- LONGITUD (W): coordenada decimal al Oeste W del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana X
- LATITUD (E): coordenada decimal al Este E del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana Y
- ALTURA DEL POZO: el rango en metros dentro del cual se encuentra la exactitud posicional vertical del pozo. **1.** < 1 metro, **2.** 1 a 2 metros, **3.** 2 a 3 metros, **4.** 3 a 4 metros, **5.** > a 4 metros **0.** Desconocido.
- COTA RASANTE (m): altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la vía o la tapa del pozo.
- COTA DE FONDO (m): Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el fondo del pozo.

- **DIRECCIÓN DEL FJULO EN EL POZO:** Respecto a los puntos cardinales en el plano terrestre hacia dónde va dirigido el flujo del agua residual. **1.** Norte N, **2.** Sur S, **3.** Este E, **4.** Oeste W.
- **REVESTIMIENTO:** Especificación del pozo **1.** C si presenta **2.** S no tiene revestimiento en mortero **0.** Desconocido.
- **TIPO DE TAPA:** especificación del tipo de tapa que tiene el pozo **1.** C concreto **2.** Hierro Fundido Acero **3.** No tiene **0.** Desconocido pozo sin inspeccionar.
- **DIAMETRO TAPA:** diámetro en centímetros de la tapa
- **TIPO DE POZO:** especificación del tipo de pozo **1.** CC con cono **2.** SC sin cono **3.** CJ Caja en concreto **0.** Desconocido.
- **DIAMETRO POZO:** diámetro en metros del pozo
- **DIAMETRO CONO:** diámetro en centímetros del cono
- **ALTURA CONO:** altura en centímetros del cono
- **TIPO CAÑUELA:** **1.** Doble a 90°, **2.** A 45°, **3.** Paso directo, **4.** 3 ramas **5.** En Y, **6.** Doble paso directo y 45°, **7.** Doble paso directo, **8.** No se observa, **9.** Falta cañuela, **0.** Desconocido.
- **ESTADO FISICO DEL POZO:** estado en el que se encuentra el pozo físicamente **1.** Inspeccionado, **2.** Perdido imposibilidad de apertura debido a que está tapado por la vía, **3.** Se debe realizar realce con respecto a la vía, **4.** Encima de la rasante.
- **DIAMETRO TUBERÍA ENTRADA:** Diámetro en pulgadas de la tubería de entrada (tubería dominante) **0.** No hay tubería de entrada.
- **MATERIAL TUB ENTRADA:** material de esta tubería de entrada puede ser **1.** PVC **2.** GRESS **0** no ha tubería de entrada.

- **DIAMETRO TUB SALIDA:** diámetro en pulgadas de la tubería de salida que conecta al otro pozo.
- **MATERIAL TUB SALIDA:** material de la tubería de salida **1.** PVC **2.** GRESS
- **VA PARA EL POZO:** indica hacia que pozo va el flujo de la tubería de salida.
- **TIPO DE VÍA:** Especifica el tipo de vía según el material de la rasante **1.** Destapada, **2.** Pavimento flexible **3.** Pavimento rígido.
- **NÚMERO DE TUBERIAS DENTRO DEL POZO:** Cantidad de tuberías que influyen en el pozo contando las tuberías de entrada y salida 0. Desconocido.
- **FECHA:** correspondiente a la toma de los datos en campo de acuerdo al calendario gregoriano Día/Mes/Año.
- **DIRECCIÓN:** dirección barrio o urbanización junto con calle y carrera.
- **OBSERVACIONES:** alguna observación que hace diferente al pozo.
- **IMAGEN**
- **FICHA POZO:** vinculo al archivo Excel de la ficha técnica de catastro

Tuberías

- **ID:** código interno en el sistema.
- **N:** número que representa el orden de la creación de las tuberías.
- **POZO AL QUE PERTENECE LA TUBERÍA DOMICILIARÍA:** identificación del pozo a que pertenece la tubería, pero, domiciliaria.
- **POZO DE ENTRADA:** indica la identificación del pozo de entrada en el caso de las domiciliarias es el mismo anterior.
- **POZO DE SALIDA:** indica la identificación del pozo de salida.

- **CARACTERIZACION EN EL POZO DE ENTRADA:** **1** tubería de entrada, **2**. Tubería de salida, **3**. Tubería domiciliaria, **4**. Colector que viene de otro pozo, **5**. Colector inicial que viene de otro pozo, **6**. Colector inicial.
- **CARACTERIZACION EN EL POZO DE SALIDA:** **1**. Tubería de entrada, **2**. tubería de salida, **3**. tubería domiciliaria, **4**. Colector que viene de otro pozo, **5**. Colector inicial que viene de otro pozo, **6**. Colector inicial, **7**. Descarga.
- **DIAMETRO:** diámetro en pulgadas de la tubería.
- **MATERIAL:** Materia de la tubería **1**. PVC, **2**. GRESS
- **PROF DE LA TUBERÍA EN EL POZO DE ENTRADA:** profundidad en metros a la que el lomo del colector esta con respecto a la rasante de la vía.
- **PROF DE LA TUBERÍA EN EL POZO DE SALIDA:** profundidad en metros a la que el lomo del colector esta con respecto a la rasante de la vía.
- **COTA CLAVE EN EL POZO DE ENTRADA:** altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la corona (lomo) de la tubería.
- **COTA BATEA EN EL POZO DE ENTRADA:** Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el fondo de la tubería.
- **COTA CLAVE EN EL POZO DE SALIDA:** altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la corona (lomo) de la tubería.
- **COTA BATEA EN EL POZO DE SALIDA:** Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el fondo de la tubería.
- **DIRECCION DEL FLUJO DOMICILIARIAS:** respecto a los puntos cardinales en el plano terrestre de donde viene el flujo del agua residual en la tubería domiciliaria. **1**. Norte, **2**. Sur, **3**. Este, **4**. Oeste.

- DIRECCION DEL FLUJO COLECTORES: respecto a los puntos cardinales en el plano terrestre de donde viene el flujo del agua residual en la tubería domiciliaria.
1. Norte, 2. Sur, 3. Este, 4. Oeste.
- LONGITUD: longitud en metros del colector.
- PENDIENTE: pendiente del colector en porcentaje %
- TIPO DE VÍA: especifica el tipo de vía en la que está el colector sea 1. Destapada, 2. Pavimento flexible, 3. Pavimento rígido.
- IMAGEN

Descargas

- ID: código interno en el sistema. Letra O- precedida del número de descarga.
- COORDENADA X (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre X en metros.
- COORDENADA Y (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre Y en metros.
- LONGITUD (W): coordenada decimal al Oeste W del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana X
- LATITUD (E): coordenada decimal al Este E del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana Y.
- COTA RASANTE: altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el terreno donde descarga el agua residual al vertimiento.
- COTA CLAVE: Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el lomo de la tubería.

- COTA BATEA: altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el fondo de la tubería.
- DIAMETRO: Diámetro en pulgadas del colector de descarga.
- DESCARGA: nombre del río o quebrada donde se descargan las aguas residuales del colector.
- DEL POZO: nombre del pozo anterior a la descarga.
- VOLUMEN: volumen de aguas residuales de descarga al vertimiento.

MH

MH, son puntos iniciales donde inician colectores que no están dentro de un pozo.

- ID: código interno en el sistema. Letras MH- precedida del número de descarga.
- COORDENADA X (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre X en metros.
- COORDENADA Y (m): Coordenada Plana del punto sobre el plano terrestre Y en metros.
- LONGITUD (W): coordenada decimal al Oeste W del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana X
- LATITUD (E): coordenada decimal al Este E del punto sobre el plano corresponde a la Coordenada Plana Y.
- COTA RASANTE: altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el terreno de dicho punto.
- COTA CLAVE: Altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el lomo de la tubería.

- COTA BATEA: altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el fondo de la tubería.
- DIAMETRO: Diámetro en pulgadas del colector de descarga.
- CONECTA A: nombre del pozo al que conecta el punto MH.

5.4.2. Sistema de Acueducto

Tuberías

- ID: código interno en el sistema
- DIAMETRO: Diámetro en pulgadas de la tubería
- LONGITUD: longitud en metros de la tubería de distribución
- DIRECCION: barrio o urbanización con calles y carreras de la localización de la tubería

Válvulas

- IDE: Código interno en el sistema.
- DIAMETRO: Diámetro en pulgadas de la válvula.
- MATERIAL: **1.** Acero **2.** Desconocido
- PROFUNDIDAD: distancia vertical desde la tapa o rasante al cabezote de la válvula.
- RASANTE: **1.** Pavimento rígido, **2.** Pavimento flexible, **3.** Destapada.
- TIPO: **1.** Distribución del sistema, **2.** Mariposa, **3.** Desconocido.
- FUNCION: **1.** Cierre temporal, **2.** Reguladora de presión, **3.** Desconocido.
- ESTADO: **1.** Abierta, **2.** Cerrada, **3.** Regulada, **4.** Desconocido.
- SENTIDO: **1.** Horario, **2.** Antihorario.
- ESTADO: **1.** Servicio, **2.** Fuera de servicio.

- OPERABILIDAD: 1. Operando, 2. Desconocido.
- ESTADO FISICO: 1. Bueno, 2. Falta tapa, 3. Sin cabezote, 4. Nivelar cámara, 5. Tiene fuga, 6. Trabada, 7. Inaccesible, 8. Perdida, 9. Cambiar tapa, 10. Otro
- EXTREMO: 1. Liso, 2. Bridado, 3. Desconocido.
- CABEZOTE: 1. Cuadrado, 2. Triangular, 3. Desconocido
- TAPA ABRE AL: 1. Norte, 2. Sur, 3. Este, 4. Oeste, 5. No tiene tapa.
- FECHA DE VISITA: día de visita de campo
- DIRECCION: calles y carrera de ubicación
- BARRIO: barrio del municipio al que corresponde la localización de la válvula.
- OBSERVACIONES: algún dato diferente a la válvula.
- IMAGEN

Hidrantes

- ID: Código interno en el sistema
- DIAMETRO: diámetro en pulgadas del hidrante.
- TIPO: 1. Tipo Milán, 2. Tipo tráfico.
- ESTADO FISICO: 1. Bueno, 2. Antiguo, 3. Deteriorado.
- ESTADO DE OPERABILIDAD: 1. Servicio, 2. Fuera de servicio.
- TIO DE RASANTE: 1. Pavimento flexible, 2. Pavimento rígido.
- VALVULA AL QUE CORRESPONDE. Identificación de la válvula a la que corresponde el hidrante.
- FECHA: corresponde al día de la visita de campo a los elementos.
- BARRIO
- DIRECCION

- **OBSERVACIONES:** dato diferente del hidrante por lo general especificaciones técnicas.

5.5. Bases de Datos

Una vez se crearon los diccionarios de datos en formato Valores Separados por Comas (VSC) y en formato Texto Delimitado por Tabulación (TXT) que hacen más fácil su manipulación, en el lenguaje Python se creó una conexión con el Sistema Gestor de Base de Datos Geo-Referenciada SQLite con lenguaje SQL.

5.5.1 DB Browser SQLite

Seguidamente de crear las bases de datos, se pueden incorporar en el programa DB Browser visor del Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) SQLite.

5.6 Implementación del SIG

Una vez se definió la estructura básica en tablas y se crearon las Bases de Datos con ayuda del lenguaje de programación Python, se georreferenció la información por medio de QGIS 3.10 como software principal, tomando como base el marco geocéntrico nacional de referencia (MAGNA SIRGAS) datum oficial de Colombia, teniendo en cuenta que, para realizar un correcto análisis de la información, esta debe estar dispuesta en el mismo sistema de referencia para ser integrados en el SIG. (IGAC, 2004).

Los archivos AUTOCAD se convirtieron a formato .DXF y con la ayuda del complemento vectorial DXF Import/Convert se montaron los planos en el SIG. Se crearon las capas correspondientes a cada sistema dependiendo de la geometría del elemento, se adjuntaron los diccionarios y bases de datos, fichas técnicas de catastro y registro fotográfico.

5.7 Consultas Rápidas en las Bases de Datos Geo-Referenciadas

En esta fase se afirma un avance en la investigación, se realizó un curso muy corto acerca de lenguaje SQL que fue aplicado al diseño de consultas rápidas de intervención en las bases de datos creadas sobre el Sistema de Información Geográfica, así cualquier información que se requiera de los sistemas en estudio se podrá mostrar en pantalla fácilmente y con datos certeros.

5.8 Simulación de las redes de Alcantarillado y Acueducto del Municipio de Chitagá

5.8.1 Simulación de la red de Alcantarillado en SWMMM

La simulación de la red en SWMM se realizó de dos formas diferentes, la primera simulación de la red con caudales de aguas residuales y la segunda sabiendo que el municipio de Chitagá después de la ola invernal sufrida en el año 2015 implemento alcantarillado combinado en el que en una parte del municipio se recogen y transportan las aguas lluvias esto gracias a estructuras como sumideros y rejillas.

5.8.1.1 Caudal Residual

Se realizó mediante una hoja electrónica de Excel diseñada por la estudiante.

Según lo establecido en la resolución 0330 de 8 junio de 2017 en su artículo 40, el periodo de diseño para todos los componentes del sistema de alcantarillado es de 25 años, establece que de no contar con datos de campo o mediciones de las aguas residuales se debe de tomar un valor de 0,85 para el coeficiente de retorno, en este proyecto se tomó este valor ya que la empresa prestadora del servicio no cuenta con registros. Posteriormente se tomó el área aferente a cada colector en el trazado de la red en AutoCAD.

Seguido, se escribió las áreas de cada colector en la hoja de cálculo y se ordenó de manera, que se determine la sumatoria de áreas aguas arriba de cada uno de los tramos. Una vez obtenida el área aferente y el área aguas arriba para cada colector con los datos de la densidad

poblacional y la dotación neta según la altura sobre nivel del mar del municipio, también estipulada en la resolución, se calculó el caudal domestico de cada colector, como lo establece la resolución 0330 de 8 de junio de 2017.

Debido a que la empresa prestadora del servicio no cuenta con un registro de datos de mediciones de campo en los cuales se tenga en presente los patrones de consumo de la población. En el diseño se adoptó las ecuaciones descritas en el RAS 2016 en el titulo D.3.3.5.1 para el factor de mayoración. Para el cálculo de conexiones erradas deben estimarse a partir de información existente en la zona de estudio y como no se cuenta con esta información se adoptó el valor de 0,2 l/s. Ha, de igual forma para el caudal por infiltración no se contó con aforos en la zona de influencia por parte de la empresa prestadora del servicio, en consecuencia, se tomó un caudal de infiltración de 0,2 l/s. Ha.

Finalmente, el cálculo del caudal de diseño para cada colector se determinó con la ecuación D.3.12 expuesta en el titulo D del RAS-2016, considerando que en los tramos donde el caudal sea menor a 1,5 l/s debe adoptarse este valor para el diseño hidráulico de las tuberías.

POZO 1	POZO 2	AREA ACUM	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACION	Qmd	QMH			INFILTRACION	CONEXIONES ERRADAS	Q De Diseño (Lt/seg)	
		Ha	Hab/Ha	Hab	Lt/seg	F mayoración	F may asumido	Lt/seg	0.20	0.20	Calculado	Adoptado

Ilustración 23 Encabezado Hoja Electrónica Calculo Caudal de Diseño

Con la ayuda de la herramienta SWMM por sus siglas en inglés (Stormwater Management Model), conocido como un software de modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que trabaja tanto para un solo acontecimiento o para un periodo extendido (EPA, 2005)

Haciendo uso del software se realizó un chequeo para verificar como trabaja las tuberías y los pozos en el sistema de alcantarillado diseñados anteriormente en la hoja de cálculo. Para esto inicialmente se debió configurar las opciones generales del cálculo hidráulico en el software.

Posteriormente se dibujaron en el programa con la ayuda de la hoja electrónica proporcionada por el ingeniero tutor los nodos que hacen a su vez de pozos en la red de alcantarillado y se ingresaron sus datos correspondientes.

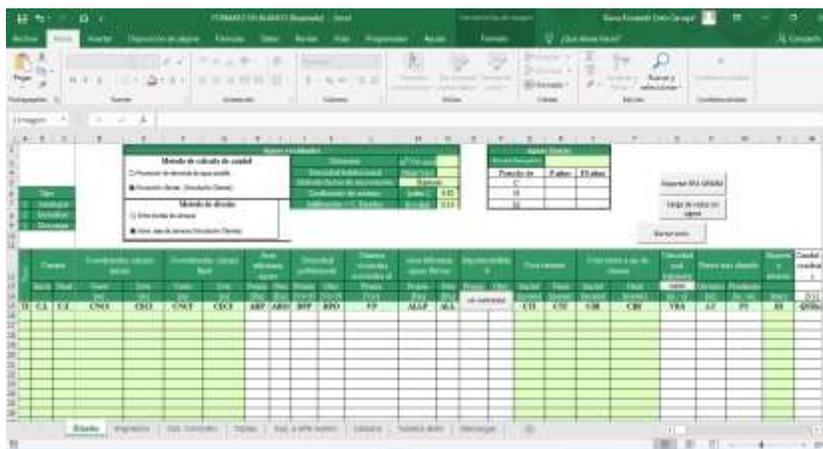


Ilustración 24. Hoja Electrónica Exportar Red a SWMM
Fuente: Ingeniero Diego Sánchez Tapiero

De la misma manera se dibujaron las tuberías que conforman la red de alcantarillado, uniendo los nodos previamente ingresados al programa y siguiendo la dirección del flujo de las aguas residuales, para estos elementos también se le establecieron los parámetros de propiedades.

También se configuro en el programa los nodos, que hacen de pozos de descarga que entregan las aguas residuales a os cuerpos de agua como el Río Chitagá, Quebrada El Arpero y Quebrada La Viuda.

A continuación, a la configuración de todos los parámetros de la red en el software, el montaje queda listo para el chequeo de la red de alcantarillado, donde se hizo la comprobación del comportamiento de la red.

5.8.1.2 Caudal Combinado (Aguas Residuales Aguas Pluviales)

Como en el municipio existe recolección de aguas lluvias este componente también se consideró a la hora de simular la red de Alcantarillado.

Para lograr este objetivo, como no se contaron con datos de un evento catastrófico en el que se hubiera presentado inundación de calles para construir un hietograma de tormenta se utilizaron los datos de Curvas IDF que si fueron consultadas por el Autor. Mediante estas curvas se calculó un Hietograma de Frecuencia para un periodo de Retorno de 10 años como lo estipula la resolución 0330 en el que toma como dependencia el área de esorrentía total en el municipio.

Teniendo en cuenta lo anterior se tomaron las variables A, B y C dadas en las curvas IDF de la estación pluviométrica Chitagá número 37010020 con coordenadas Latitud: 708 N Longitud: 7239 W Elevación: 2410 m.s.n.m. este cálculo arrojó valores de precipitación en intervalos de tiempo cada 5 minutos.

Sobre la misma red de alcantarillado sanitario con valores de caudal se adjuntaron los valores de precipitación a un pluviómetro ubicado en la zona alta del municipio debido a que simularía el comportamiento uniforme de lluvia sobre las subcuencas, a este pluviómetro se le establecieron propiedades de formato de lluvia como VOLUMEN ya que las barras del hietograma por debajo de la curva de intensidad se denomina volumen de agua y, por último, la serie de tiempo CHITAGÁ.

Seguidamente se dibujaron subcuencas que simularían el fenómeno en un área aferente para cada nodo, en ellas se establecieron características como el pluviómetro diseñado

anteriormente, nudo de descarga, ancho de escurrimiento, pendiente asumida para el cálculo en general según la pendiente de la calles y de las cubiertas de las viviendas, % de impermeabilidad en el área de subcuenca y finalmente el método para el cálculo de infiltración en este caso de eligió el número de curva según el tipo de suelo presente en la subcuenca.

A continuación, a la configuración de todos los parámetros de la red en el software, el montaje queda listo para el chequeo de la red de alcantarillado combinado.

5.8.2. Simulación de la red de acueducto en EPANET.

Inicialmente para establecer la simulación de la red de distribución de acueducto se exporta de AutoCAD el trazado del sistema al software EpaCAD con el fin de crear las tuberías y los nodos con dimensiones reales. Posteriormente el archivo es guardado en el formato de EPANET, para luego ser procesado en el en software.

La simulación de la red en Epanet se realizó asumiendo un dato de presión porque en la planta de tratamiento no existe medición de esta, el funcionamiento de la PTAP fue comparada con un embalse que funciona las 24 horas al día ya que la distribución no es un sistema intermitente.

Seguido del montaje de la red a EPANET se configura las opciones hidráulicas en el software, para establecer las ecuaciones de cálculo permitidas en un sistema de acueducto, como en el municipio no se tiene una curva de consumo se establece una demanda a cada nodo base derivada del cálculo del caudal por el método de Áreas.

Para cada uno de los nodos creados en el software, se ingresaron los datos de la cota terreno, para las tuberías que conforman la red de distribución, se ingresaron los siguientes datos el coeficiente de rugosidad del material (PVC) usada la ecuación de Darcy-Weisbach con valor

de 0,0015. y el diámetro interno establecido según la resolución 0330 de 8 de junio de 2017 y el RDE establecido para la presión máxima a soportar por las tuberías.

De igual manera se establecieron en la red las válvulas de regulación que garantizan el servicio del sistema cuando hay fugas o reparaciones y las válvulas reductoras de presión encontradas en el terreno. se hace la disposición de los hidrantes de la zona de estudio, teniendo en cuenta el caudal a servir según la población y el uso establecido por la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017.

5.9 Interfaz DEOC

Mediante el lenguaje de programación Python se diseñaron 7 interfaces gráficas, 4 para el sistema de alcantarillado (POZOS, TUBERIAS, DESCARGAS y MH) y 3 para sistema de acueducto (TUBERIAS, VÁLVULAS e HIDRANTES).

Esto se logro con la ayuda de las librerías Tkinter y Sqlite3, mediante código se diseñaron las raíces de interfaz, icono (deoc), título de la interfaz (-CATASTRO DE REDES CHITAGA- Diana Ortiz Carvajal), frames, labels, funciones, creación de la base de datos, excepciones, menús desplegables, ventanas emergentes de información, de advertencia y de abrir ficheros, entrys, áreas de texto, barra de desplazamiento scrooll y por último buttons.

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS

6.1. Recopilación Bibliográfica

6.1.1. Plano AutoCAD del año 2012



Ilustración 25. Plano AutoCAD Sistema de Acueducto año 2012
Fuente: Secretaria Planeación Municipio Chitagá

6.1.2. Plano Físico Sistema de Acueducto año 2016



Ilustración 26. Plano Físico del Acueducto Municipal.
Fuente: Secretaria Servicios Públicos del Municipio.

6.1.3. Plano Digital del Sistema de Alcantarillado del Municipio de Chitagá año 2017

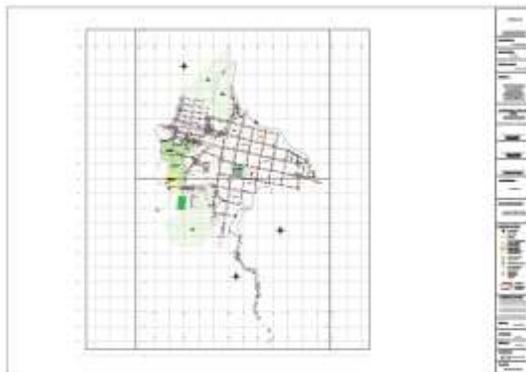


Ilustración 27. Plano Digital del Sistema de Alcantarillado del Municipio de Chitagá año 2017
Fuente: Secretaria de Planeación del Municipio de Chitagá

6.1.4. Formatos Catastro

En la ilustración 27 se muestra un formato del catastro de red de alcantarillado año 2017, los demás se recopilan en el Apéndice A Información Proporcionada por la Entidad APÉNDICE A Carpeta ALCANTARILLDO/FORMATOS CATASTRO que contiene 164 documentos de tipo PDF con fecha del 22/12/2016 para cada pozo de inspección del alcantarillado. (Ver Apéndice A)

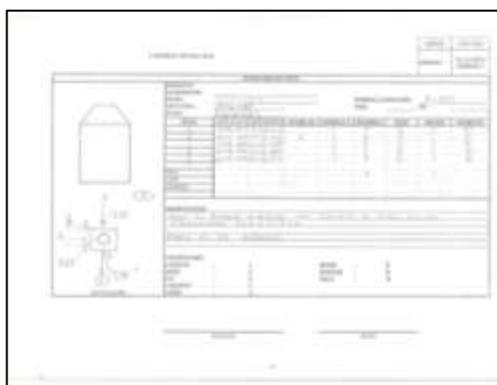


Ilustración 28. Ejemplo Ficha Técnica P-001 del año 2016.
Fuente: Secretaría de Planeación del Municipio de Chitagá

6.1.5. Registro Fotográfico

Carpeta REGISTRO FOTOGRÁFICO que contiene 17 elementos distribuidos en 12 carpetas de las cuales las primeras 9 organizadas por fecha de visita contienen las fotos de cada pozo al que se le realizó catastro. Las fotos no presentan buena calidad y no están referenciadas. Esta información se recopila en el APÉNDICE A/ ALCANTARILLADO/ REGISTRO FOTOGRÁFICO. (Ver Apéndice A)

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
10-12-2016	13/02/2017 2:57 p.m.	Carpeta de archivos	
11-12-2016	13/02/2017 2:57 p.m.	Carpeta de archivos	
14-11-2016	13/02/2017 2:58 p.m.	Carpeta de archivos	
15-11-2016	13/02/2017 2:58 p.m.	Carpeta de archivos	
16-11-2016	13/02/2017 2:59 p.m.	Carpeta de archivos	
17-11-2016	13/02/2017 2:58 p.m.	Carpeta de archivos	
18-11-2016	13/02/2017 3:00 p.m.	Carpeta de archivos	
19-11-2016	13/02/2017 3:00 p.m.	Carpeta de archivos	
30-11-2016	13/02/2017 3:05 p.m.	Carpeta de archivos	
Cafu via Málaga	13/02/2017 3:05 p.m.	Carpeta de archivos	
8 Vertientes	13/02/2017 3:05 p.m.	Carpeta de archivos	
TOPOGRAFIA	13/02/2017 3:05 p.m.	Carpeta de archivos	
DataCamera113865146	15/11/2016 4:58 p.m.	Archivo JPG	1.483 KB
Encasosconos	26/12/2018 10:20 p.m.	Hoja de cálculo xl	11 KB
TimeStampCamera121187008	11/11/2018 7:58 a.m.	Archivo JPG	4.842 KB
TimeStampCamera1211873017	11/11/2018 7:58 a.m.	Archivo JPG	1.081 KB
TimeStampCamera1211875025	11/11/2018 7:58 a.m.	Archivo JPG	4.547 KB

Ilustración 29. Ruta Registro Fotográfico Año 2016.
Fuente: Secretaría Planeación Municipio de Chitagá

6.2. Recolección de Información en Campo

6.2.1. Sistema de Alcantarillado

Se encontraron sobre terreno 174 cámaras de inspección, las visitas a estos 174 pozos quedaron registradas bajo las siguientes fechas:

- 2 de septiembre 2020: del P-001 al P-012
- 3 de septiembre 2020 del P-013 al P-026
- 4 de septiembre 2020 del P-027 al P-053
- 8 de septiembre 2020 del P-054 al P-079
- 9 de septiembre 2020 del P-080 al P-091 y del P-093 al P-096
- 10 de septiembre 2020 P-092 y del P-097 al P-099

- 16 de septiembre 2020 P-100 y P-101
- 17 de septiembre 2020 P-114, P-116, P-120, P-124 a P-126, P-131, P-132, P-137, P-147 al P-158 y P-161 al P-165
- 18 de septiembre 2020 del P-142 al P-146
- 19 de septiembre 2020 del P-102 al P-105, P-108, P-110 y P-129
- 22 de septiembre 2020 P-107, P-109, P-111 y P-130
- 23 de septiembre 2020 P-112, P-113, P-121 al P-123, P-138 y P-167
- 26 de septiembre 2020 P-106, P-115 y P-128
- 30 de septiembre 2020 P-117 al P-119, P-127 y P-169
- P-133 al P-136, P-139 a P-141, P-159, P-160, P-166, P-168 y P-170 no encontrados estaban tapados o por maleza y por pasto.

En las siguientes ilustraciones, algunos días de visita a campo en la recolección de información de los pozos de inspección del sistema de alcantarillado.





Ilustración 30. Recolección de Información en Campo

En las siguientes ilustraciones, algunos de los datos relevantes tomados a los pozos de inspección.



Ilustración 32. Pozo tipo Caja P-001



Ilustración 31. Interior del Pozo P-003



Ilustración 33. Tapa en Acero P-014 Ilustración 34. Pozo por Debajo de la Rasante P-017

En la ilustración 49 se muestra como ejemplo la ficha técnica del catastro de pozos del P-043. Las fichas en formato Excel junto con las fotos indicadas a puntos cardinales de cada pozo se encuentran en el Apéndice B carpeta ALCANTARILLADO (Ver Apéndice B).

MAYOR DE PROYECTOS TÉCNICOS ESTUDIOS Y DISEÑO										M.P. P-017-01.1	
CAPTURA DE CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO										Escala: VERIFICAR	
MAQUINARIAS EMPLEADAS										FOLIO: 01	
BARIO: EL CENTRO ZONIFICACION: URBANA Y RURAL FECHA: 2020/09/08										CANTON: AJO	
GOTA: 004.815										PROYECTO: P-043	
TIPO DE REPARACION											
REPARACION			REVISION			RECONSTRUCCION			OTRO		
No.	Medida	Código	Material	Costo Unitario	Costo Total	Unidad	Medida	Costo Unitario	Costo Total	Unidad	Medida
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ilustración 35. Ficha Técnica Catastro Pozos P-043.

6.2.2. Sistema de Acueducto

La visita a los elementos válvulas e hidrantes se realizó el día 16 de octubre del año 2020.

Toda la información se encuentra en el APÉNDICE B carpeta ACUEDUCTO (Ver Apéndice B)



Ilustración 36. Recolección Datos en Campo Válvulas e Hidrantes

Se encontraron en terreno como elementos del sistema de acueducto 50 Válvulas y 8 Hidrantes, algunos de ellos se encontraron tapados o fuera de servicio. A continuación, algunas ilustraciones de la visita en campo a los elementos de esta red.



Ilustración 38. Diámetro Tapa V-002



Ilustración 37. Apertura Tapa V-002



Ilustración 39. V-006



Ilustración 40. Válvula Sellada V-011

Después de terminada la primera fase de metodología en la que se recolectan los datos necesarios para dar vía a la ejecución del proyecto queda como análisis la importancia de conocer a detalle los elementos que componen estas redes de servicios tan importantes en la vida de los Chitaguenses.

6.3. Actualización Planos AutoCAD

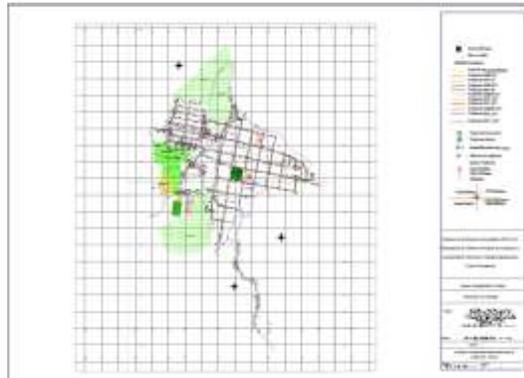


Ilustración 41. Plano Actualizado Sistema de Alcantarillado

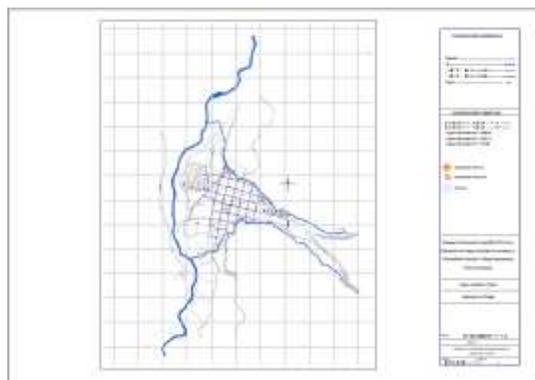


Ilustración 42. Plano Actualizado Sistema de Acueducto

En cuanto a la red de alcantarillado se nota diferencia de datos encontrados respecto al catastro realizado en fechas anteriores más específicamente año 2017, aspectos como profundidades, materiales, dirección del flujo y también se notó el deterioro por falta de mantenimiento y limpieza a los pozos de inspección, cabe aclarar que contando con el plano otorgado por la secretaría de planeación fue más fácil esta digitalización.

Por otro lado, en el sistema de distribución de agua potable no se realizó acompañamiento del fontanero encargado de esta red, por temas de presupuesto y el muy poco interés que la Alcaldía colocó en la investigación solo se accedió a inspeccionar las válvulas de regulación de

caudal y las dos válvulas reductoras de presión, en cuanto a diámetros y longitudes de tuberías se confió en los datos del plano de año 2016, en la ubicación de las tuberías y sobre todo dirección del flujo del agua potable datos fueron estipulados por la estudiante según su experiencia académica.

6.4. Diccionarios de Datos

6.4.1. Sistema de Alcantarillado

Tabla 1 Diccionario de Datos Pozos de Inspección

ID	GEOMETRIA	COORDENADA X(m)	COORDENADA Y(m)	LONGITUD (W)
LATITUD (N)	COTA FONDO	DIRECCIÓN DEL FLUJO EN EL POZO	REVESTIMIENTO	TIPO DE TAPA
DIAMETRO TAPA	TIPO DE POZO	DIAMETRO POZO	DIAMETRO CONO	ALTURA CONO
TIPO DE CAÑUELA	ESTADO FISICO DEL POZO	DIAMETRO TUB ENTRADA	DIAMETRO TUB SALIDA	MATERIAL TUB SALIDA
VA PARA EL POZO	TIPO DE VIA	NUMEERO DE TUB DENTRO DEL POZO	FECHA	DIRECCION
OBSERVACIONES	IMAGEN	FICHA POZO		

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene.

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ALCANTARILLADO archivo Excel POZOS (Ver Apéndice C).

Para los elementos TUBERIAS, DESCARGAS y MH se presentan las mismas indicaciones de los POZOS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS.

6.4.2. Sistema de Acueducto

Tabla 2. *Diccionario de Datos Tuberías Sistema de Acueducto*

ID	DIAMETRO	LONGITUD	DIRECCION
----	----------	----------	-----------

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ACUEDUCTO archivo Excel TUBERIAS_ACUEDUCTO (Ver Apéndice C)

Para los elementos VALVULAS e HIDRANTES se presentan las mismas indicaciones de las TUBERIAS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS.

6.5. Bases de Datos

6.5.1. Sistema de Alcantarillado

Pozos de Inspección

Tabla 3. Código Python Creación Base de Datos Pozos de Inspección Sistema de Alcantarillado

```
import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("CATASTRO")

micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("""

CREATE TABLE POZOS (

ID VARCHAR(7)PRIMARY KEY,

COORDENADA_X INTEGER,

COORDENADA_Y INTEGER,

ALTURA_DEL_POZO INTEGER,

COTA_RASANTE INTEGER,

COTA_BATEA INTEGER,

DIRECCION_FLUJO INTEGER,

REVESTIMIENTO INTEGER,

TIPO_TAPA INTEGER,

DIAM_TAPA VARCHAR(15),

TIPO_POZO INTEGER,

DIAM_POZO VARCHAR(15),
```

```
DIAM_CONO VARCHAR(15),
ALTURA_CONO INTEGER,
TIPO_CAÑUELA INTEGER,
ESTADO_FISICO INTEGER,
DIAM_TUB_ENTRADA INTEGER,
MAT_TUB_ENTRADA INTEGER,
DIAM_TUB_SALIDA INTEGER,
MAT_TUB_SALIDA INTEGER,
VA_PARA VARCHAR(10),
TIPO_VIA INTEGER,
NUM_TUB_POZO INTEGER,
FECHA VARCHAR(20),
DIRECCION VARCHAR(60),
OBSERVACIONES VARCHAR(100))
")
pozos= [
("P-001", 72.659974, 7.138105, 2,2416.78, 2415.58, 2, 2, 1, "51x52", 3, "0,60X0,60",
"60x60", 120, 9, 1, 4, 1, 6, 2, "P-002", 1,5, "2/9/2020", "Urbanización La Aurora Carrera 1",
" "),
.....
("P-170", -72.66637228, 7.13628322, 6, 2338.10, 2336.60, 2, 3, 4, " ", 4, " ", " ", 0, 10,
2, 8, 2, 8, 2, "P-068", 3, 0, "22/9/2020", "Barrio El Cerinza Carrera 8 Calle 1", "pozo sellado
por pav rigido se proyecta en el plano")
```

```

]

micursor.executemany("INSERT INTO POZOS VALUES (
?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)",pozos)

miconexion.commit()

miconexion.close()

```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 pozos, el inicial y el final según diccionario de datos.

(Ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCANTARILLADO carpeta 1-POZOS archivo Python CATASTRO)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo CATASTRO que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

Para los elementos TUBERIAS, DESCARGAS y MH se presentan las mismas indicaciones de los POZOS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS

6.5.2. Sistema de Acueducto

Tuberías

Tabla 4. *Código Python Creación Base de Datos Tuberías Sistema de Acueducto*

```

import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("TUBERIAS_ACUED")

```

```
micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("""

    CREATE TABLE TUBERIAS (

    ID VARCHAR(10)PRIMARY KEY,

    DIAMETRO INTEGER,

    LONGITUD INTEGER,

    DIRECCION VARCHAR(100))

""")

tuberias=[

("1P-1", 1, 24.87, "URBANIZACIÓN LA ALEJANDRA CA 10A"),

-----

("1/2P-11", 1.5, 99.34, "URBANIZACION VILLA CARMEN")

]

micursor.executemany("INSERT INTO TUBERIAS VALUES(?,?,?,?)",tuberias)

miconexion.commit()

miconexion.close()
```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 Tuberías, la inicial y la final según diccionario de datos.

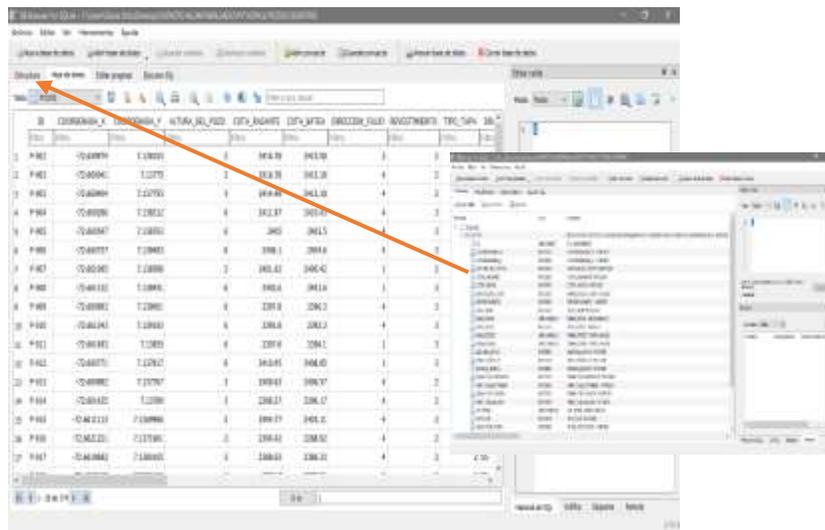
(Ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCUEDUCTO archivo Python TUBERIAS)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo TUBERIAS_ACUED que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

Para los elementos VALVULAS e HIDRANTES se presentan las mismas indicaciones de las TUBERIAS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS

6.5.3. DB Browser SQLite

A continuación, se presentan las ilustraciones de las bases de datos en el programa DB Browser visor del Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) SQLite. Los archivos originales se encuentran en el Apéndice D



ID	COORDENADA_X	COORDENADA_Y	NTARA_NL_PUO	ESTADO	ESTADO_PUO	DIRECCION_PUO	INVESTIMENTO	TPO_SPA
1	P401	-75.68879	1.23021	0	304.9	304.9	1	2
2	P402	-75.68946	1.22775	1	304.9	304.9	1	2
3	P403	-75.68994	1.22793	0	304.9	304.9	1	2
4	P404	-75.68999	1.22817	0	302.87	302.87	1	2
5	P405	-75.68987	1.22893	0	305	305	1	2
6	P406	-75.68977	1.22903	0	306.1	306.1	1	2
7	P407	-75.68983	1.22898	1	304.43	304.43	1	2
8	P408	-75.68983	1.22895	0	306.4	306.4	1	2
9	P409	-75.68982	1.22905	0	305.9	305.9	1	2
10	P410	-75.68945	1.22943	0	306.8	306.8	1	2
11	P411	-75.68981	1.22893	0	309.9	309.9	1	2
12	P412	-75.68975	1.22927	0	304.85	304.85	1	2
13	P413	-75.68982	1.22797	1	309.43	309.43	1	2
14	P414	-75.68942	1.22999	1	306.33	306.33	1	2
15	P415	-75.68213	1.22894	0	309.37	309.37	1	2
16	P416	-75.68223	1.22796	0	306.42	306.42	1	2
17	P417	-75.68984	1.22893	0	306.43	306.43	1	2

Ilustración 43. Estructura y Base de Datos Pozos de Inspección Sistema de Alcantarillado

Para los elementos TUBERIAS, DESCARGAS y MH se presentan las mismas indicaciones de los POZOS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS

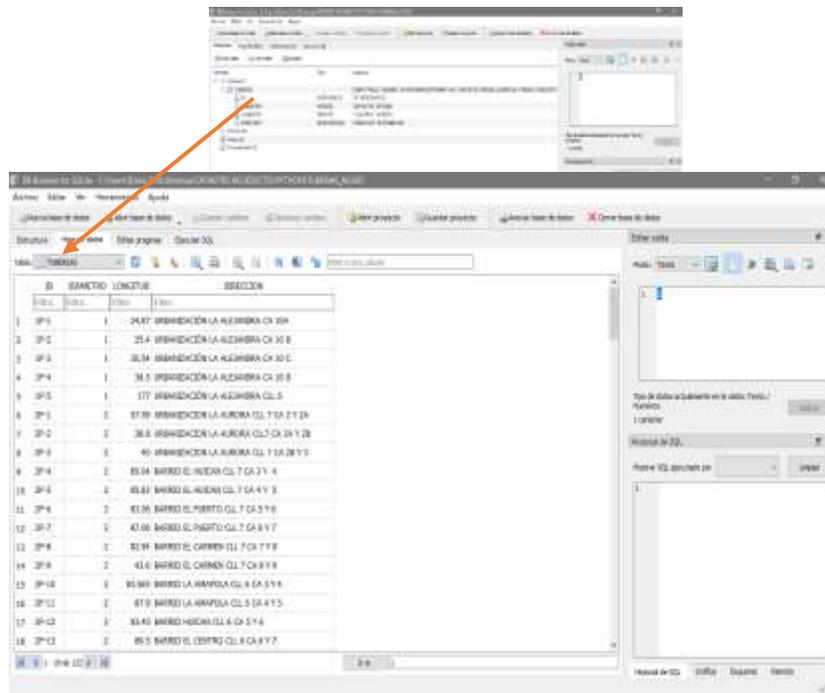


Ilustración 44. Estructura y Base de Datos Tuberías Sistema de Acueducto

Para los elementos VALVULAS e HIDRANTES se presentan las mismas indicaciones de las TUBERIAS, dichas tablas podrán ser consultadas en la sección de ANEXOS.

6.6. Implementación del SIG

Para el caso el sistema de alcantarillado se crearon 4 capas vectoriales formato Shape: 3 con geometría PUNTO denominadas POZOS, DESCARGAS y MH y 1 capa con geometría LINEA para TUBERIAS. Se crearon los objetos sobre cada una de ellas y finalmente se unieron los diccionarios de datos en formato VSC. Para el sistema de acueducto se crearon 4 capas vectoriales formato Shape: 3 geometría PUNTO denominadas ACCESORIOS, VALVULAS e HIDRANTES y 1 capa geometría LINEA para TUBERIAS. Se crearon los objetos sobre cada una de ellas y finalmente se unieron los diccionarios de datos en formato VSC.

Además, el administrador de bases de datos permite unir los archivos creados por Python, de esta manera complementar el SIG en el que se pueden realizar consultas rápidas referente a los sistemas.

6.6.1. Sistema de Alcantarillado

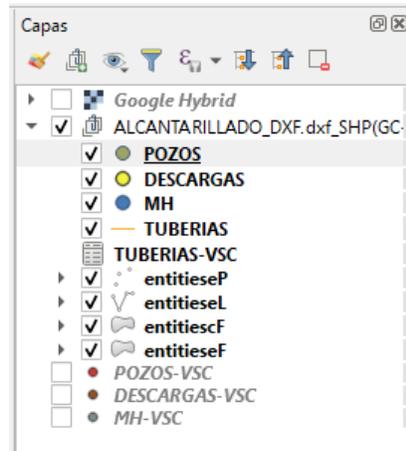


Ilustración 45. Capas en SIG QGIS Sistema de Alcantarillado.

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALZURA DEL POZO	COORDENADA X DEL FONDO DEL TUBO EN EL RESTRINTE	COORDENADA Y DEL FONDO DEL TUBO EN EL RESTRINTE	DIAMETRO NOMINAL	TIPO DE POZO	DIAMETRO NOMINAL COMERCIAL
1	228177.28	128104.07	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
2	228181.00	128107.31	1	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
3	228184.22	128108.31	1	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
4	228188.00	128108.78	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
5	228191.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
6	228195.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
7	228199.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
8	228203.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
9	228207.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
10	228211.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
11	228215.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
12	228219.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
13	228223.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
14	228227.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
15	228231.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
16	228235.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
17	228239.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
18	228243.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
19	228247.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
20	228251.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
21	228255.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
22	228259.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
23	228263.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
24	228267.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
25	228271.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75
26	228275.11	128109.31	0	2491.76	2491.76	1.75	0	1.75

Ilustración 46. Tabla de Atributos de Objetos Pozos SIG QGIS Sistema de Alcantarillado

ID	CATEGORIA	...	...	...	...	...	...	...	...
1	Coberturas	1	...	...	...	...	...	...	...
2	Coberturas	2	...	...	...	...	...	...	...
3	Coberturas	3	...	...	...	...	...	...	...
4	Coberturas	4	...	...	...	...	...	...	...
5	Coberturas	5	...	...	...	...	...	...	...
6	Coberturas	6	...	...	...	...	...	...	...
7	Coberturas	7	...	...	...	...	...	...	...
8	Coberturas	8	...	...	...	...	...	...	...
9	Coberturas	9	...	...	...	...	...	...	...
10	Coberturas	10	...	...	...	...	...	...	...
11	Coberturas	11	...	...	...	...	...	...	...
12	Coberturas	12	...	...	...	...	...	...	...
13	Coberturas	13	...	...	...	...	...	...	...
14	Coberturas	14	...	...	...	...	...	...	...
15	Coberturas	15	...	...	...	...	...	...	...
16	Coberturas	16	...	...	...	...	...	...	...
17	Coberturas	17	...	...	...	...	...	...	...
18	Coberturas	18	...	...	...	...	...	...	...
19	Coberturas	19	...	...	...	...	...	...	...
20	Coberturas	20	...	...	...	...	...	...	...

Ilustración 47. Tabla de Atributos Objetos SIG QGIS Tuberías Sistema de Alcantarillado

ID	CATEGORIA	...	...	...	...	...	...	...	...
1	Coberturas	1	...	...	...	...	...	...	...
2	Coberturas	2	...	...	...	...	...	...	...
3	Coberturas	3	...	...	...	...	...	...	...
4	Coberturas	4	...	...	...	...	...	...	...
5	Coberturas	5	...	...	...	...	...	...	...
6	Coberturas	6	...	...	...	...	...	...	...
7	Coberturas	7	...	...	...	...	...	...	...
8	Coberturas	8	...	...	...	...	...	...	...
9	Coberturas	9	...	...	...	...	...	...	...
10	Coberturas	10	...	...	...	...	...	...	...
11	Coberturas	11	...	...	...	...	...	...	...
12	Coberturas	12	...	...	...	...	...	...	...
13	Coberturas	13	...	...	...	...	...	...	...
14	Coberturas	14	...	...	...	...	...	...	...
15	Coberturas	15	...	...	...	...	...	...	...
16	Coberturas	16	...	...	...	...	...	...	...
17	Coberturas	17	...	...	...	...	...	...	...
18	Coberturas	18	...	...	...	...	...	...	...
19	Coberturas	19	...	...	...	...	...	...	...
20	Coberturas	20	...	...	...	...	...	...	...

Ilustración 48. Tabla de Atributos Objetos Descargas SIG QGIS Sistema de Alcantarillado

ID	CATEGORIA	...	...	...	...	...	...	...	...
1	Coberturas	1	...	...	...	...	...	...	...
2	Coberturas	2	...	...	...	...	...	...	...
3	Coberturas	3	...	...	...	...	...	...	...
4	Coberturas	4	...	...	...	...	...	...	...
5	Coberturas	5	...	...	...	...	...	...	...
6	Coberturas	6	...	...	...	...	...	...	...
7	Coberturas	7	...	...	...	...	...	...	...
8	Coberturas	8	...	...	...	...	...	...	...
9	Coberturas	9	...	...	...	...	...	...	...
10	Coberturas	10	...	...	...	...	...	...	...
11	Coberturas	11	...	...	...	...	...	...	...
12	Coberturas	12	...	...	...	...	...	...	...
13	Coberturas	13	...	...	...	...	...	...	...
14	Coberturas	14	...	...	...	...	...	...	...
15	Coberturas	15	...	...	...	...	...	...	...
16	Coberturas	16	...	...	...	...	...	...	...
17	Coberturas	17	...	...	...	...	...	...	...
18	Coberturas	18	...	...	...	...	...	...	...
19	Coberturas	19	...	...	...	...	...	...	...
20	Coberturas	20	...	...	...	...	...	...	...

Ilustración 49. Tabla de Atributos Objetos MH SIG QGIS Sistema de Alcantarillado.

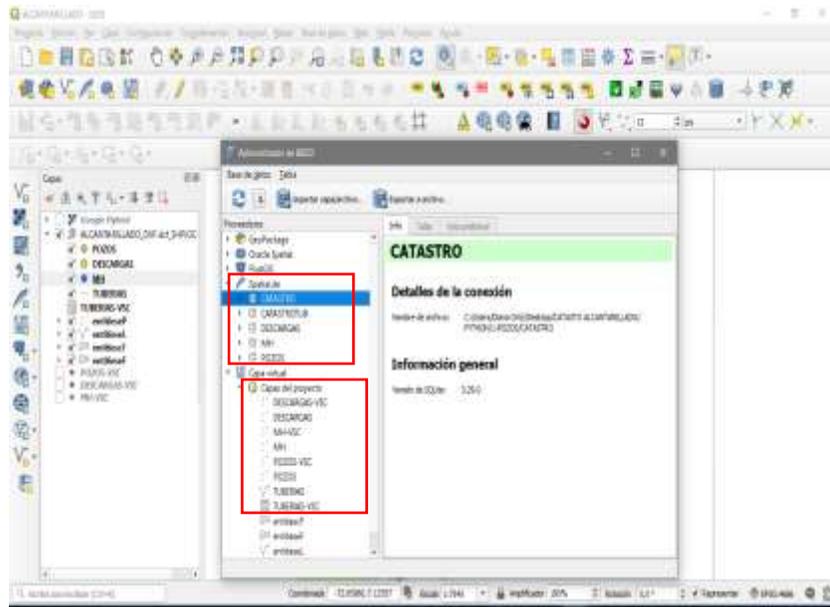


Ilustración 50. Administrador BBDD Sistema de Alcantarillado SIG QGIS

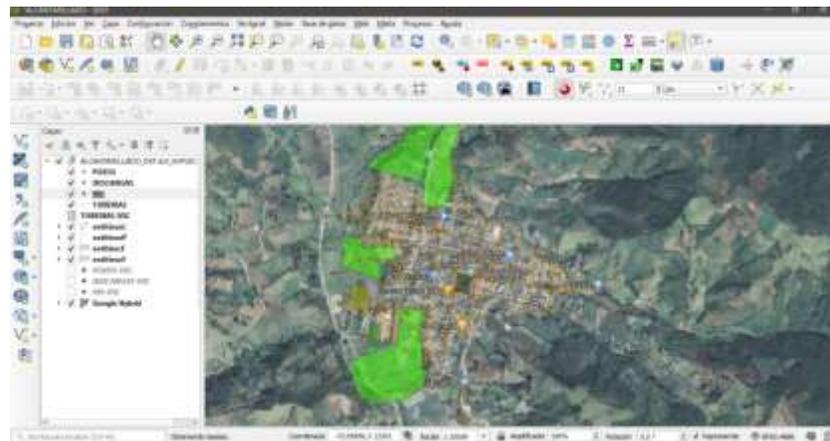


Ilustración 51. Sistema de Alcantarillado Municipio de Chitagá SIG QGIS.

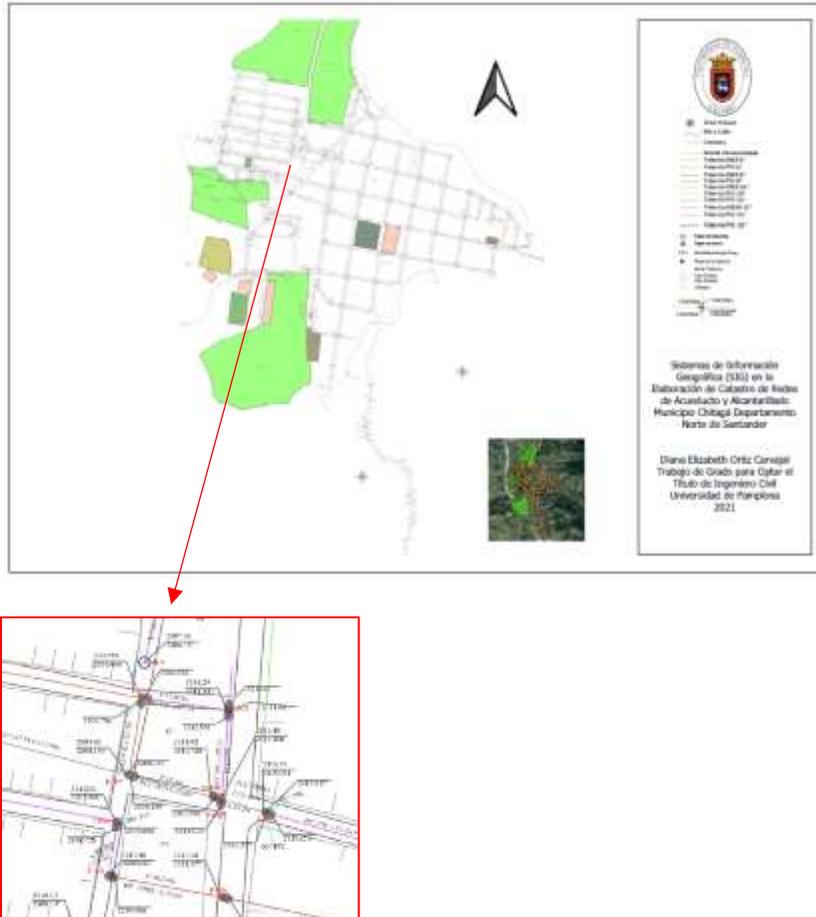


Ilustración 52. Plano SIG QGIS Sistema de Alcantarillado

6.6.2. Sistema de Acueducto

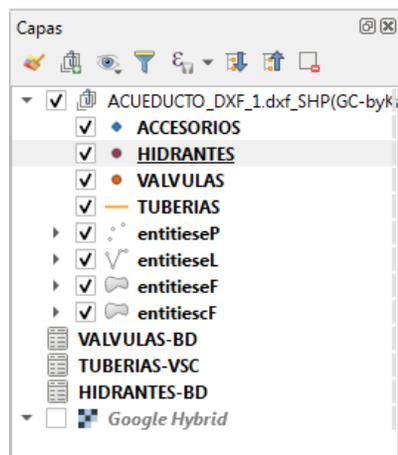


Ilustración 53. Capas en SIG QGIS Sistema de Acueducto.

ID	AMBITO	ANTO	PROYECTO	NOMBRE
1	01	01	01	01 BARRIO DEL...
2	01	01	01	02 BARRIO DEL...
3	01	01	01	03 BARRIO DEL...
4	01	01	01	04 BARRIO DEL...
5	01	01	01	05 BARRIO DEL...
6	01	01	01	06 BARRIO DEL...
7	01	01	01	07 BARRIO DEL...
8	01	01	01	08 BARRIO DEL...
9	01	01	01	09 BARRIO DEL...
10	01	01	01	10 BARRIO DEL...
11	01	01	01	11 BARRIO DEL...
12	01	01	01	12 BARRIO DEL...
13	01	01	01	13 BARRIO DEL...
14	01	01	01	14 BARRIO DEL...
15	01	01	01	15 BARRIO DEL...
16	01	01	01	16 BARRIO DEL...
17	01	01	01	17 BARRIO DEL...
18	01	01	01	18 BARRIO DEL...
19	01	01	01	19 BARRIO DEL...
20	01	01	01	20 BARRIO DEL...

Ilustración 54 Tabla de Atributos Objetos Tuberias SIG QGIS Sistema de Acueducto.

ID	AMBITO	ANTO	PROYECTO	NOMBRE	DISEÑO	ESTADO	MATERIAL	DIAMETRO	TIPO	DIRECCION
1	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
2	01	01	01	02	02	02	02	02	02	02
3	01	01	01	03	03	03	03	03	03	03
4	01	01	01	04	04	04	04	04	04	04
5	01	01	01	05	05	05	05	05	05	05
6	01	01	01	06	06	06	06	06	06	06
7	01	01	01	07	07	07	07	07	07	07
8	01	01	01	08	08	08	08	08	08	08
9	01	01	01	09	09	09	09	09	09	09
10	01	01	01	10	10	10	10	10	10	10
11	01	01	01	11	11	11	11	11	11	11
12	01	01	01	12	12	12	12	12	12	12
13	01	01	01	13	13	13	13	13	13	13
14	01	01	01	14	14	14	14	14	14	14
15	01	01	01	15	15	15	15	15	15	15
16	01	01	01	16	16	16	16	16	16	16
17	01	01	01	17	17	17	17	17	17	17
18	01	01	01	18	18	18	18	18	18	18
19	01	01	01	19	19	19	19	19	19	19
20	01	01	01	20	20	20	20	20	20	20

Ilustración 55. Tabla de Atributos Objetos Válvulas SIG QGIS Sistema de Acueducto.

ID	AMBITO	ANTO	PROYECTO	NOMBRE	DISEÑO	ESTADO	MATERIAL	DIAMETRO	TIPO	DIRECCION
1	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
2	01	01	01	02	02	02	02	02	02	02
3	01	01	01	03	03	03	03	03	03	03
4	01	01	01	04	04	04	04	04	04	04
5	01	01	01	05	05	05	05	05	05	05
6	01	01	01	06	06	06	06	06	06	06
7	01	01	01	07	07	07	07	07	07	07
8	01	01	01	08	08	08	08	08	08	08

Ilustración 56. Tabla de Atributos Objetos Hidrantes SIG QGIS Sistema de Acueducto.

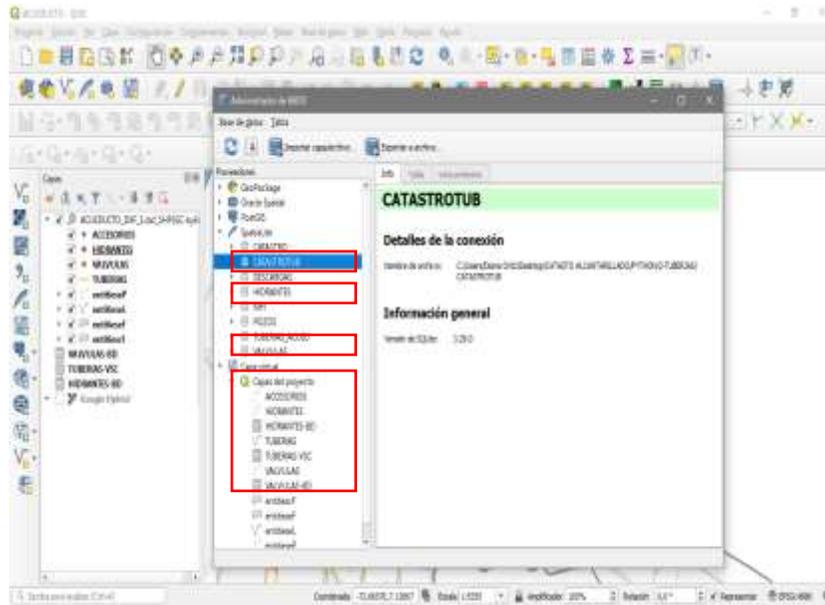


Ilustración 57. Administrador BBDD Sistema de Acueducto SIG QGIS.

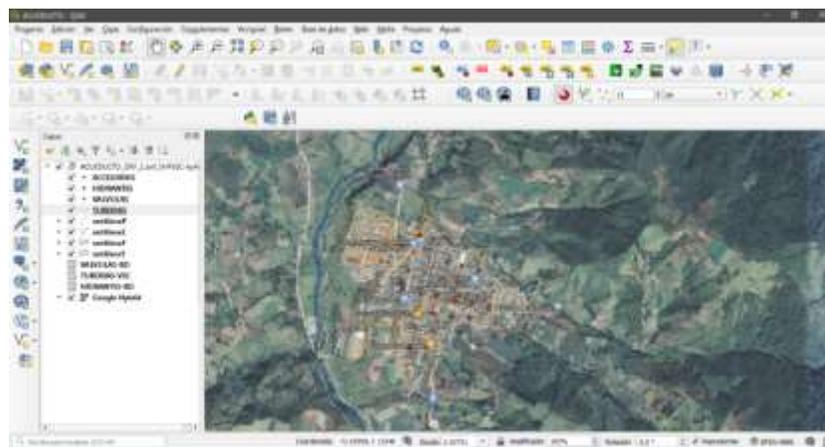


Ilustración 58. Sistema de Acueducto Municipio de Chitagá SIG QGIS.

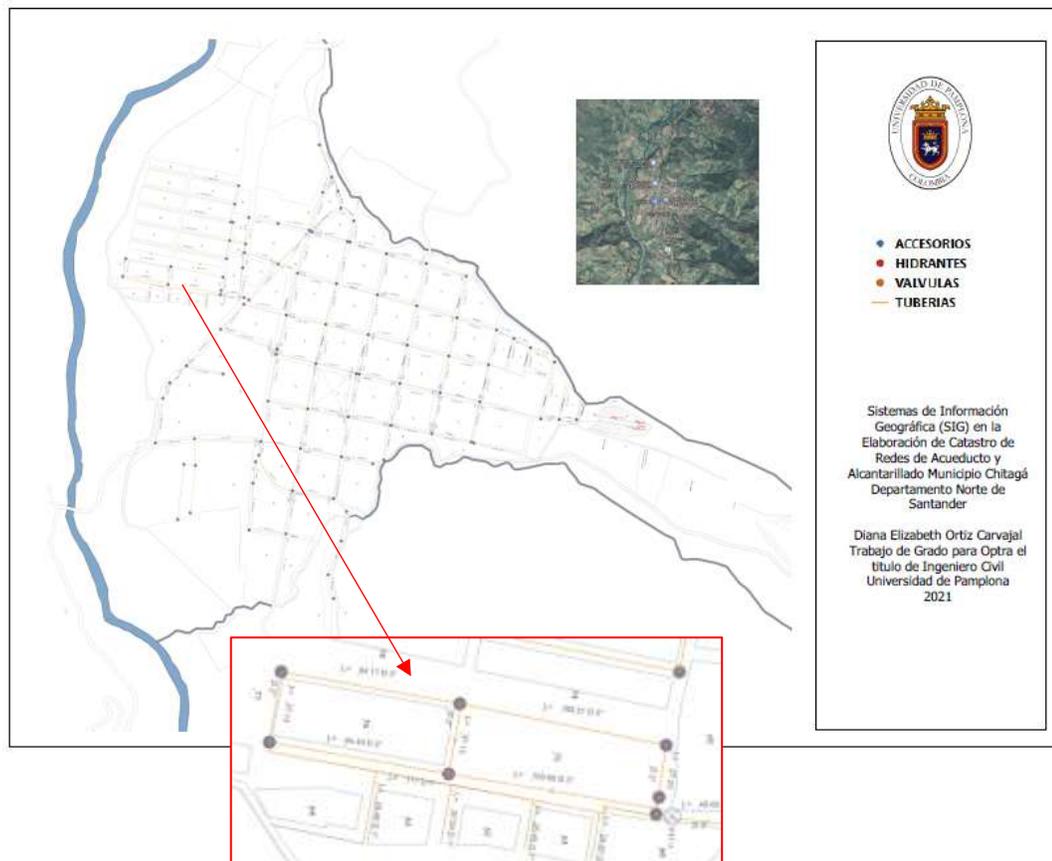


Ilustración 59. Plano SIG QGIS Sistema de Acueducto.

Los productos finales del Sistema de Información Geográfica son presentados a través de las salidas generales y opcionales; en ellas se muestra al usuario la información que se maneja, tanto textual como gráfica. En las salidas generales encontramos la ubicación de los elementos, las fichas técnicas de catastro, imágenes y el despliegue de la información presentada para cada elemento. Dentro de las principales funcionalidades del SIG se encuentra la Entrada, Despliegue, Exploración y Salidas de Datos, como se observa en la ilustración 92 Funcionalidades Básicas del SIG.

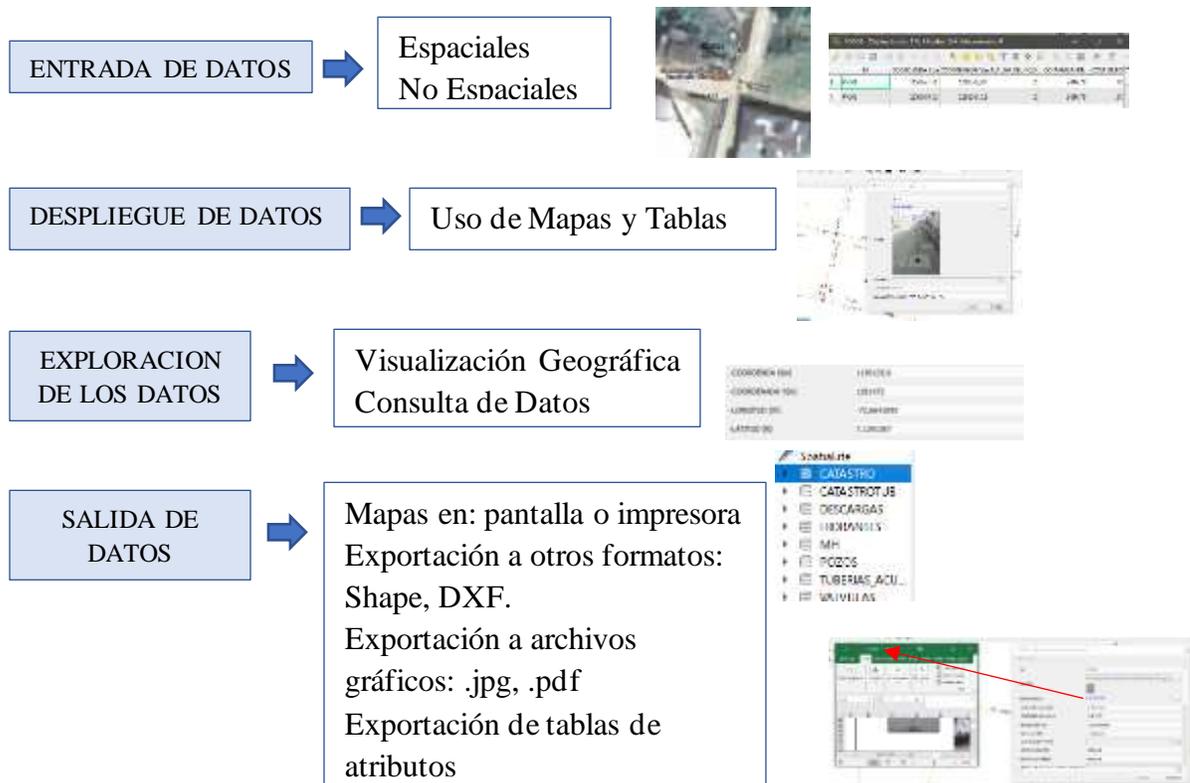


Ilustración 60. Funcionalidades Básicas del SIG

6.7. Consultas Rápidas en las Bases de Datos Geo-Referenciadas

Las consultas para los sistemas de acueducto y alcantarillado se realizaron en lenguaje SQL, es decir que por medio de comandos fundamentales como Select-From-Where, los cuales permiten seleccionar datos de acuerdo a su ubicación para realizar consultas sobre las tablas de las bases de datos.

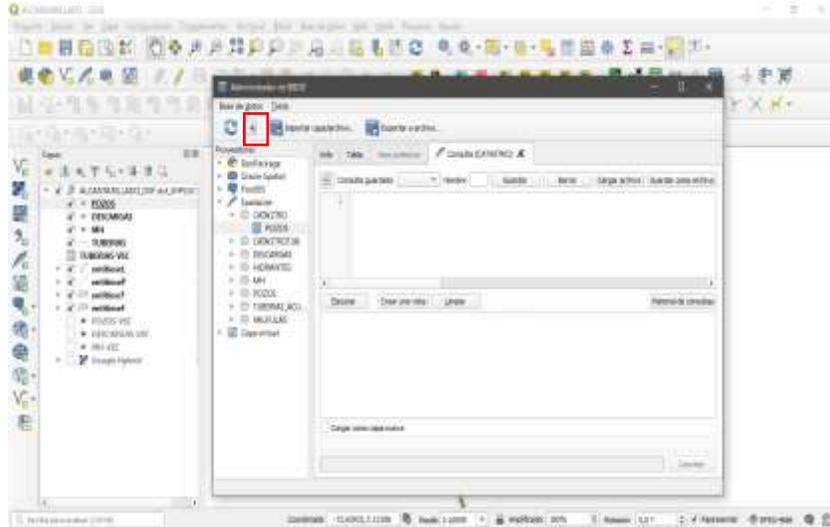


Ilustración 61. Ventana de Consulta Administrador BBDD QGIS Lenguaje SQL

Se realizaron algunos ejemplos:

- Mostrar la ID, COORDENADA_X, COORDENADA_Y y TIPO_POZO de los pozos de inspección cuyo tipo sea caja, es decir, TIPO_POZO=3

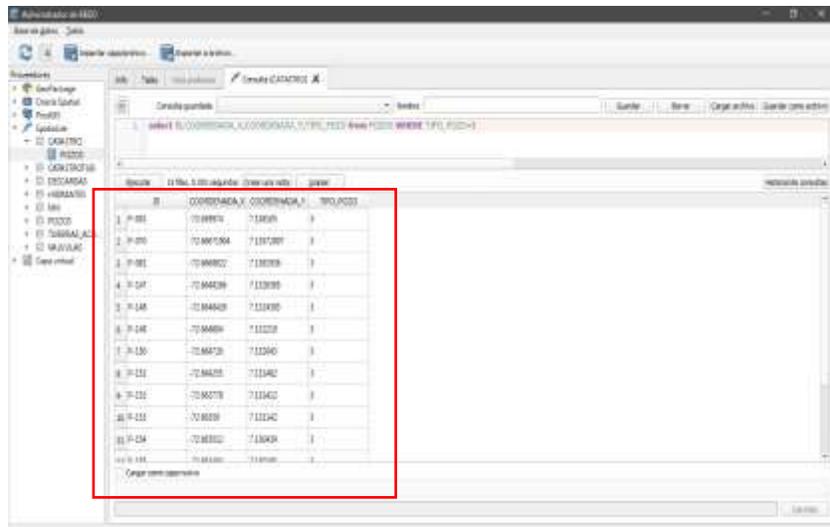


Ilustración 62. Consulta 1 Pozo Tipo Caja TIPO_POZO=3.

- Mostrar ID y ESTADO_FISICO de aquellos pozos de inspección que se encontraron tapados, es decir ESTADO_FISICO=2

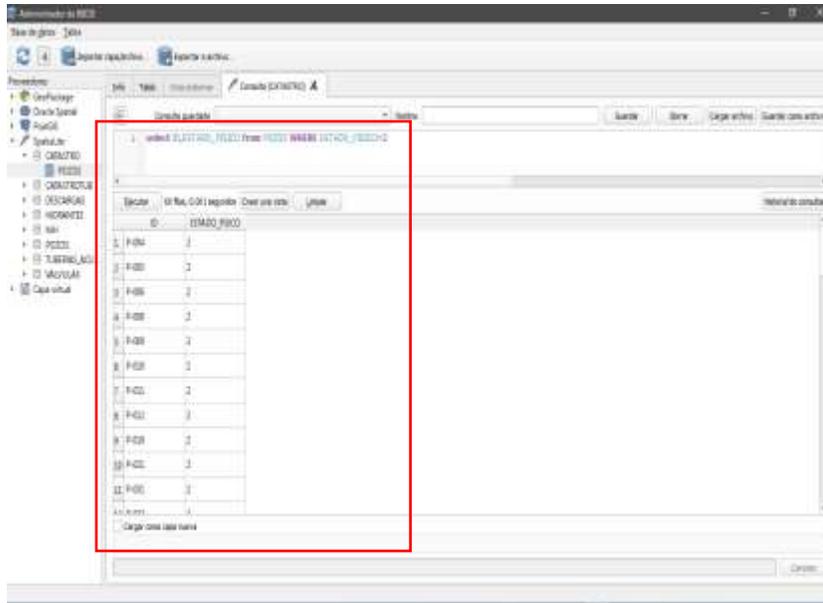


Ilustración 63. Consulta 2 Pozos Perdidos o Tapados ESTADO_FISICO=2 .

- Mostrar ID, POZO_ENTRADA, DIAMETRO, MATERIAL, LONGITUD, PENDIENTE de aquellas tuberías cuyo DIAMETRO=6 pulgadas.

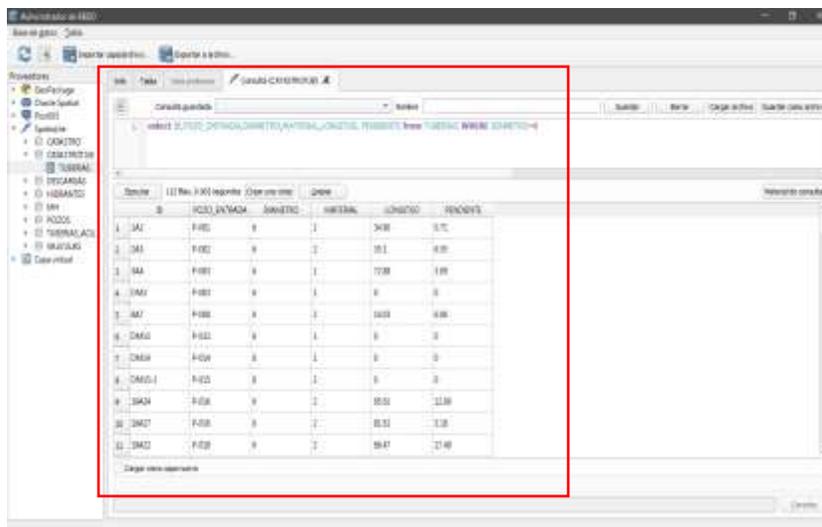


Ilustración 64. Consulta 3 Tuberías de Diámetro 6 Plg .

- Sumar la longitud de las tuberías de DIAMETRO=8 Plg

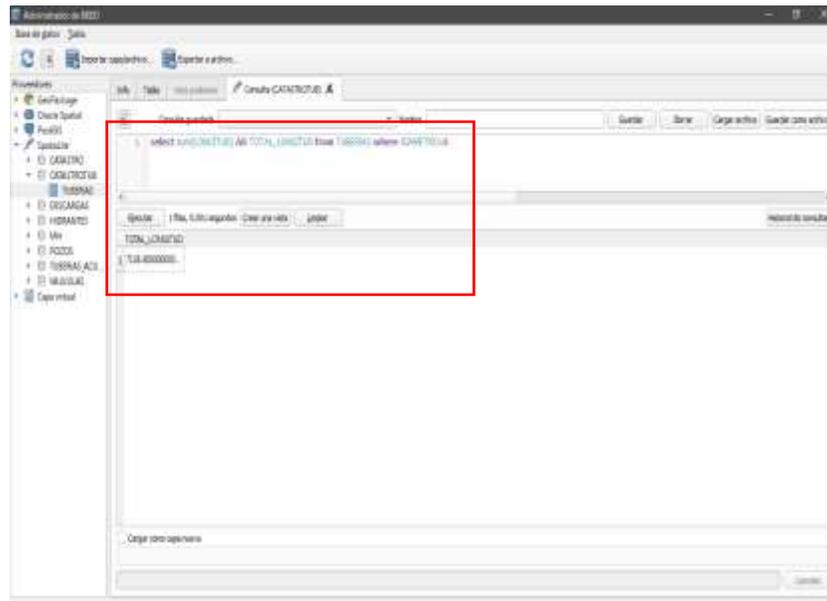


Ilustración 65. Consulta 4 Suma Longitud de Tuberías Diámetro 8 Plg .

- Mostrar todos los datos de aquellas válvulas cuyo ESTADO=4, es decir Desconocido

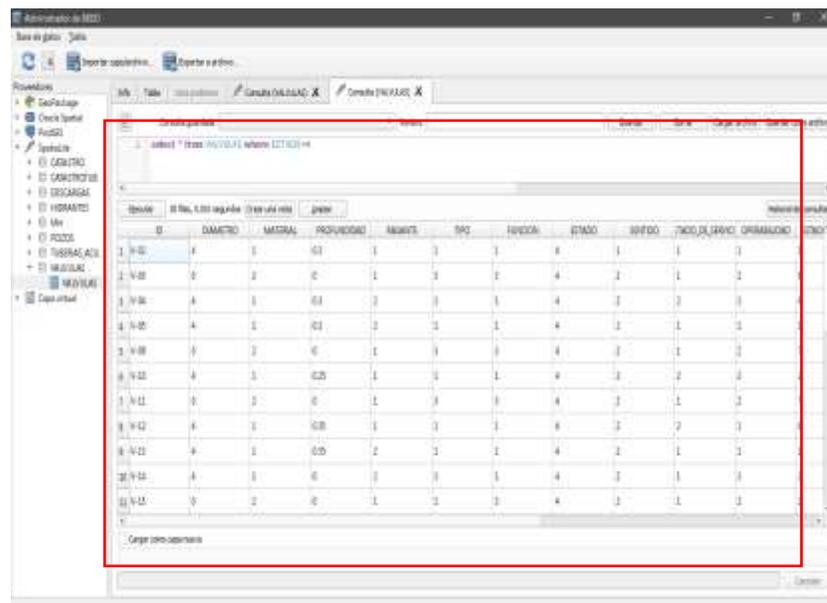


Ilustración 66. Consulta 5 Válvulas Estado Desconocido Fuente: Propia

Así se pueden crear cualquier tipo de consultas rápidas a los sistemas de acueducto y alcantarillado, además crear Vistas de aquellas que se usen con mayor frecuencia en la Entidad.

6.8. Simulación de las redes de Alcantarillado y Acueducto

6.8.1. Simulación red de Alcantarillado Sanitario en SWMM

PCOD1	PCOD2	AREA ACUM		DEMANDA POBLACIONAL		POBLACION	Qual	QMII			INFILTRACION		CONSTRUCCIONES ERRADAS		Q De Bombeo (Litros)		Q DISEÑO	PCOD1	PCOD2
		Ha	HaMn	HaB	Litros			F acumulacion	F max acumulado	Litros	Q2H	Q2H	Calculado	Adequado	ac/Seg				
MH-22	MH-33	0.022	212	8	0.01	3.84	3.00	0.02	0.0044	0.0044	0.02844	1.50	0.0021	MH-22	MH-33				
MH-35	MH-23	0.022	212	6	0.01	3.84	3.00	0.02	0.0044	0.0044	0.02844	1.50	0.0021	MH-35	MH-23				
MH-33	MH-23	0.022	212	6	0.01	3.84	3.00	0.02	0.0044	0.0044	0.02844	1.50	0.0021	MH-33	MH-23				
MH-23	P-002	0.022	212	6	0.01	3.84	3.00	0.02	0.0044	0.0044	0.02844	1.50	0.0021	MH-23	P-002				
P-001	P-002	0.028	212	7	0.01	3.75	3.00	0.02	0.0051	0.0051	0.03181	1.50	0.0025	P-001	P-002				
P-002	P-003	0.0407	212	12	0.01	3.45	3.00	0.04	0.0097	0.0097	0.06284	1.50	0.0025	P-002	P-003				
P-003	P-013	0.1807	212	46	0.03	6.76	3.00	0.18	0.0381	0.0381	0.25037	1.50	0.0025	P-003	P-013				
P-003	P-004	0.23	212	58	0.07	4.65	3.00	0.23	0.0486	0.0486	0.29728	1.50	0.0025	P-003	P-004				
P-004	P-005	0.2831	212	67	0.08	4.59	3.00	0.24	0.0520	0.0520	0.34264	1.50	0.0025	P-004	P-005				
P-012	P-009	0.7804	212	72	0.08	4.55	3.00	0.25	0.0568	0.0568	0.38684	1.50	0.0025	P-012	P-009				
P-009	P-008	0.7802	212	100	0.12	4.33	3.00	0.18	0.1180	0.1180	0.78650	1.50	0.0025	P-009	P-008				
P-008	P-007	0.1333	212	34	0.04	4.81	3.00	0.12	0.0288	0.0288	0.17321	1.50	0.0025	P-008	P-007				
P-008	P-007	0.2504	212	52	0.06	4.70	3.00	0.18	0.0412	0.0412	0.24826	1.50	0.0025	P-008	P-007				
P-007	P-009	0.4308	212	109	0.13	4.37	3.00	0.18	0.0881	0.0881	0.25623	1.50	0.0025	P-007	P-009				
P-008	P-011	1.0531	212	246	0.31	4.05	3.00	0.04	0.2308	0.2308	1.38188	1.50	0.0025	P-008	P-011				
P-011	P-010	0.3833	212	97	0.11	4.42	3.00	0.14	0.0387	0.0387	0.48142	1.50	0.0025	P-011	P-010				
P-010	P-010	1.4860	212	469	0.41	3.87	3.00	0.31	0.2581	0.2581	1.84281	1.50	0.0025	P-010	P-010				
P-011	P-014	0.4887	212	123	0.13	4.32	3.00	0.44	0.3877	0.3877	0.65184	1.50	0.0025	P-011	P-014				
P-014	P-011	0.7832	212	197	0.23	4.32	3.00	0.16	0.1366	0.1366	1.01329	1.50	0.0025	P-014	P-011				
MH-38	P-013	0.3448	212	87	0.10	4.47	3.00	0.31	0.0890	0.0890	0.44378	1.50	0.0025	MH-38	P-013				
P-011	P-014	0.3333	212	199	0.16	4.28	3.00	0.48	0.1333	0.1333	0.71381	1.50	0.0025	P-011	P-014				

Ilustración 67. Hoja Electrónica Cálculo Caudal de Diseño.

TRAMO	COTA TERRENO	L	A	A	Q(Inicio)	Q	La	SENTIDO	Superficie	Perimetria	Superficie	D	D	Qc	QCa	QCb	QCc	Va	VVa	QD	Q	
DE	A	P	Por	Por	(lts/seg)	(lts/seg)	(m)	TIERRAS	(Ha)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(lts/seg)	Vertical	Horizontal	seg	seg	seg	seg	seg	
MH-22	MH-33	2423.31	2424.00	108.64	0.02	A1	0.0025	0.009	107.31	via bajante	1.26	0.1731	17.31	0.28	8	0.03771	0.03	0.01	6.263	0.292	0.282	0
MH-35	MH-23	2424.00	2421.78	106.84	0.02	A2	0.0025	0.009	107.31	via bajante	1.26	0.1731	17.31	0.28	8	0.03771	0.03	0.01	6.263	0.292	0.282	0
MH-33	MH-23	2423.31	2426.51	108.64	0.02	A3	0.0025	0.009	107.31	via bajante	1.26	0.1731	17.31	0.28	8	0.03771	0.02	0.01	6.263	0.292	0.282	0
MH-23	P-002	2423.31	2424.48	108.94	0.02	A4	0.0025	0.009	107.31	via bajante	1.26	0.1731	17.31	0.28	8	0.03731	0.02	0.01	6.263	0.292	0.282	0
P-001	P-002	2423.31	2428.78	14.96	0.02	A7	0.0025	0.004	14.76	via alcantarilla	0.01	0.0071	0.71	0.15	6	0.01821	0.08	0.03	1.078	0.355	0.33	0
P-002	P-003	2424.48	2414.48	35.10	0.02	A8	0.0025	0.008	33.97	via bajante	0.56	0.0837	6.37	0.13	6	0.05618	0.03	0.01	3.188	0.400	0.348	0
P-003	P-013	2424.48	2408.83	72.88	0.18	A7	0.0025	0.009	72.04	via bajante	0.03	0.0098	9.98	0.13	6	0.08938	0.02	0.01	3.077	0.382	0.324	0
P-009	P-004	2424.48	2421.97	15.88	0.23	A8	0.0025	0.009	15.04	via bajante	1.44	0.0888	9.88	0.13	8	0.09976	0.03	0.01	3.031	0.382	0.324	0
P-008	P-005	2421.97	2425.90	59.87	0.23	A9	0.0025	0.009	49.92	via bajante	13.58	0.1355	13.55	0.28	8	0.11437	0.03	0.01	3.571	0.391	0.382	0
P-007	P-005	2423.31	2425.90	112.85	0.38	A10	0.0025	0.004	111.58	via bajante	4.84	0.0474	4.73	0.28	8	0.03534	0.02	0.01	2.286	0.292	0.282	0
P-005	P-008	2425.90	2427.80	35.89	0.48	A11	0.0025	0.004	36.93	via bajante	22.82	0.1279	12.79	0.28	8	0.16674	0.02	0.01	3.166	0.292	0.282	0
P-006	P-007	2426.51	2401.82	49.23	0.13	A12	0.0025	0.009	39.24	via bajante	21.12	0.0898	9.98	0.28	8	0.14987	0.02	0.01	4.764	0.292	0.282	0
P-008	P-007	2426.51	2401.82	14.93	0.21	A13	0.0025	0.009	13.89	via bajante	0.96	0.0899	8.99	0.13	6	0.05822	0.03	0.01	3.294	0.400	0.348	0
P-007	P-009	2421.82	2397.90	49.76	0.43	A14	0.0025	0.009	29.73	via bajante	9.38	0.0887	9.87	0.28	8	0.14899	0.02	0.01	4.742	0.292	0.282	0
P-004	P-011	2424.48	2422.80	18.81	0.05	A15	0.0025	0.004	18.01	via bajante	37.38	0.1262	12.62	0.28	8	0.18811	0.01	0.01	3.283	0.292	0.282	0
P-011	P-010	2422.80	2385.80	64.10	0.38	A16	0.0025	0.004	63.06	via bajante	5.93	0.0377	3.77	0.28	8	0.11381	0.02	0.01	3.424	0.292	0.282	0
P-010	P-009	2385.80	2388.20	39.59	1.47	A17	0.0029	0.008	38.76	via bajante	34.54	0.1189	13.89	0.28	8	0.17074	0.02	0.01	3.628	0.292	0.282	0
P-004	P-014	2424.48	2408.83	51.57	0.49	A18	0.0025	0.009	51.35	via bajante	18.90	0.1978	18.78	0.28	8	0.21081	0.02	0.01	6.714	0.292	0.282	0
P-014	P-011	2408.83	2422.80	54.55	0.38	A19	0.0025	0.009	54.18	via bajante	17.86	0.1789	17.89	0.28	8	0.19944	0.02	0.01	6.348	0.292	0.282	0
MH-16	P-015	2408.83	2424.77	54.55	0.34	A20	0.0025	0.004	53.26	via bajante	17.26	0.0342	3.42	0.28	8	0.11101	0.02	0.01	3.514	0.292	0.282	0
P-015	P-010	2404.77	2390.42	108.06	0.31	A21	0.0025	0.009	108.87	via bajante	13.17	0.1274	12.74	0.28	8	0.18827	0.02	0.01	3.188	0.292	0.282	0
P-018	P-024	2390.42	2379.75	85.81	0.48	A22	0.0025	0.009	85.02	via bajante	23.48	0.1268	12.68	0.13	6	0.17647	0.02	0.01	4.327	0.292	0.282	0
P-024	P-016	2390.42	2388.85	85.81	0.35	A23	0.0025	0.008	85.02	via bajante	23.08	0.1368	12.08	0.13	6	0.17647	0.02	0.01	4.327	0.292	0.282	0
P-018	P-027	2390.42	2388.85	17.44	0.38	A24	0.0025	0.008	16.36	via bajante	2.67	0.0325	3.25	0.28	8	0.07328	0.02	0.01	2.386	0.292	0.282	0
P-017	P-027	2388.85	2377.54	84.38	1.68	A25	0.0029	0.004	83.54	via bajante	12.29	0.1141	11.41	0.28	8	0.18028	0.02	0.01	3.984	0.292	0.282	0

Ilustración 68. Hidráulica de Tuberías

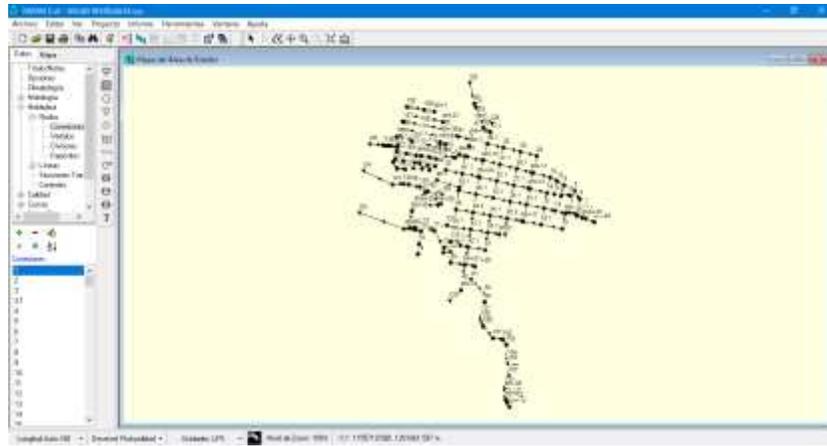


Ilustración 69. Plano Red Alcantarillado Sanitario en el Software SWMM

Nudo 17	
Propiedad	Valor
Nombre	17
Coordenada X	1156371.650
Coordenada Y	1281336.930
Descripción	
Marca	
Aportes	YES
Tratamiento	NO
Cota del fondo	2386.326
Profundidad Máxima	2.304
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0
Pulsar para especificar aportes externos de agua u otros compuestos que se recogen en la conexión	

Ilustración 71. Características de los Nudos (P-001)

Conducto 17-23	
Propiedad	Valor
Nombre	17-23
Nudo inicial	17
Nudo final	23
Descripción	
Marca	
Forma	CIRCULAR
Altura (Prof. Máx.)	0.203
Longitud	86.19
Coef. Manning (n)	0.013
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0.89
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0
Coef. Pérd. Entrada	0
Pulsar para editar la geometría de la sección transversal del conducto	

Ilustración 70. Características Tuberías (P-017 A P-023)

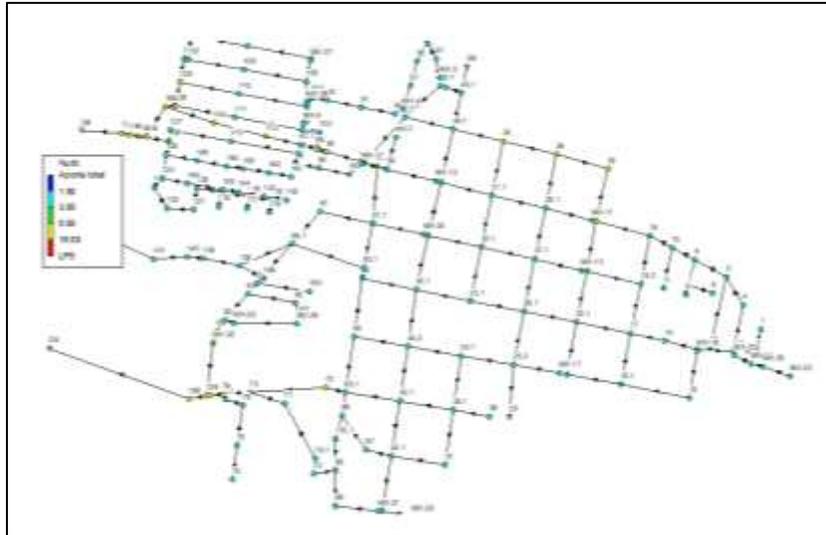


Ilustración 72. Mapa Sistema Alcantarillado Aportes Totales de Aguas Residuales

Se realiza la simulación de la red de aguas residuales para un periodo estático ya que la empresa prestadora del servicio del municipio no cuenta con curva de consumo en 24 horas que permita periodo dinámico, para lo cual se presenta un periodo estático donde todas las tuberías tienen un aporte se muestra el tubo mayor en el siguiente perfil.

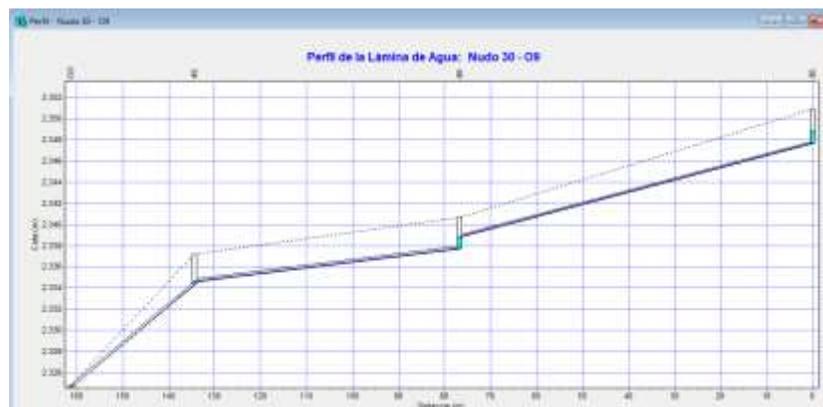


Ilustración 73. Perfil de Lámina de Agua Nudos 30-O9

Como se observa en el perfil para el análisis estático de este tramo simulado se puede concluir que las tuberías están trabajando de manera óptima, cumplen con la profundidad hidráulica establecida por la resolución 0330 del 85% quedando el 15% restante como área de

ventilación en la tubería, los pozos transportan un caudal de 14,7 L/s y no se observa colmatación o saturación que conlleve a elevaciones del flujo y se produzcan fugas por las tapas.

6.8.2. Simulación red de Alcantarillado Combinado en SWMM

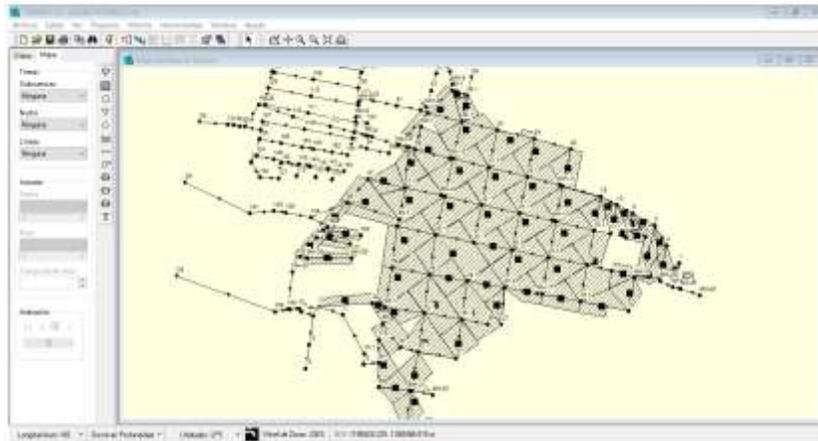


Ilustración 74. Plano Alcantarillado Combinado Software SWMM

En la ilustración 73 se observa la distribución de las subcuencas sobre el terreno del municipio, la zona en la que no se dibujaron se debe a que son varios relativamente nuevos sus vías se encuentran destapadas y no se implementa recolección de aguas pluviales.

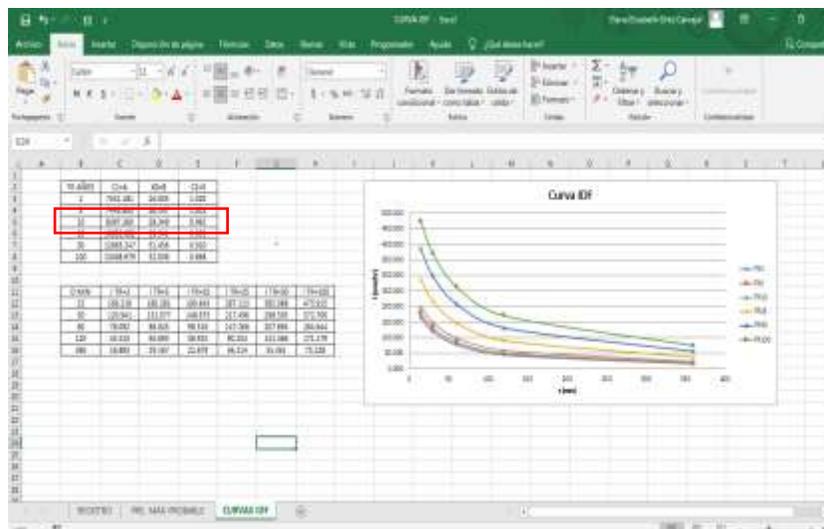


Ilustración 75. Curvas IDF Estación Pluviométrica Chitaga Fuente: IDEAM

Se estableció periodo de retorno de 10 años con variables para la realización del hietograma:

A= 8397.260

B= 28.34

C= 0.992

Time of Concentration (min):	100	A=	8397.26
r coefficient:	0.3	B=	28.35
ta	70	C=	0.99
tb	30	ave=	68.0
		Pave=	113.4

t (min)	lt	lt (km/h)	P (mm)	t (min)	P(mm)
0	15.45	0.00	15	0.00	0.0
5	28.29	0.00	20	0.05	1.5
10	27.68	0.00	29	0.10	2.0
15	48.72	0.00	41	0.15	2.9
20	65.27	0.00	65	0.20	4.4
25	121.66	0.00	122	0.25	7.8
30	304.24	0.00	364	0.30	17.7
35	0.00	194.85	195	0.35	20.8
40	0.00	135.50	135	0.40	13.8
45	0.00	99.72	100	0.45	9.8
50	0.00	76.50	77	0.50	7.3
55	0.00	60.57	61	0.55	5.7
60	0.00	48.17	48	1.00	4.6
65	0.00	40.72	41	1.05	3.7
70	0.00	34.29	34	1.10	3.1
75	0.00	29.29	29	1.15	2.8
80	0.00	25.31	25	1.20	2.3
85	0.00	22.18	22	1.25	2.0
90	0.00	19.46	18	1.30	1.7
95	0.00	17.28	17	1.35	1.5
100	0.00	15.45	15	1.40	1.4

Ilustración 76. Calculo Precipitación Hietograma de Frecuencia

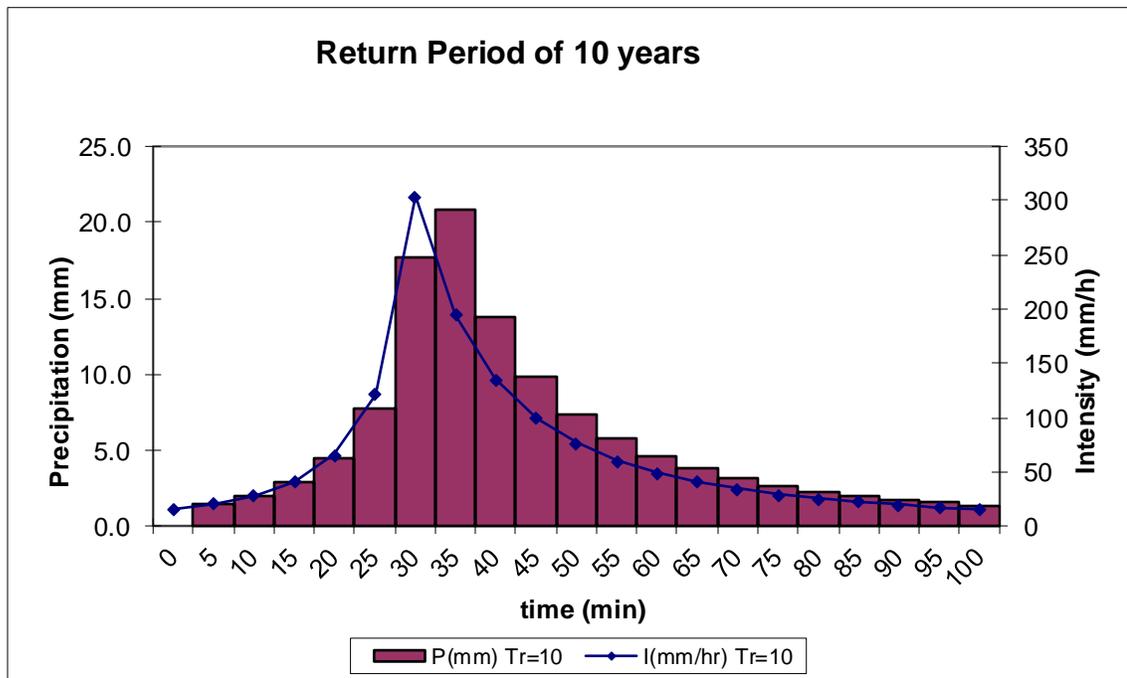


Ilustración 77. Hietograma de Frecuencia Tr 10 Años Chitagá

Tomando como referencia (EPA, 2005) para establecer el número de curva a la simulación se estipulo 85, debido a que el tipo de suelo presente es D en este el movimiento del agua a través del suelo está restringido o muy restringido. Los suelos del grupo D suelen tener más de 40 porcentaje de arcilla, menos del 50 por ciento de arena, y tienen textura arcillosa.

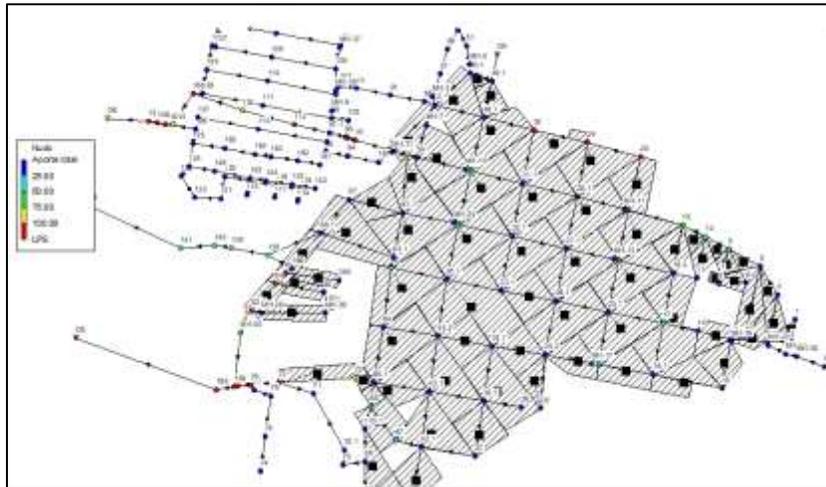


Ilustración 81. Caudal Sistema de Alcantarillado Combinado

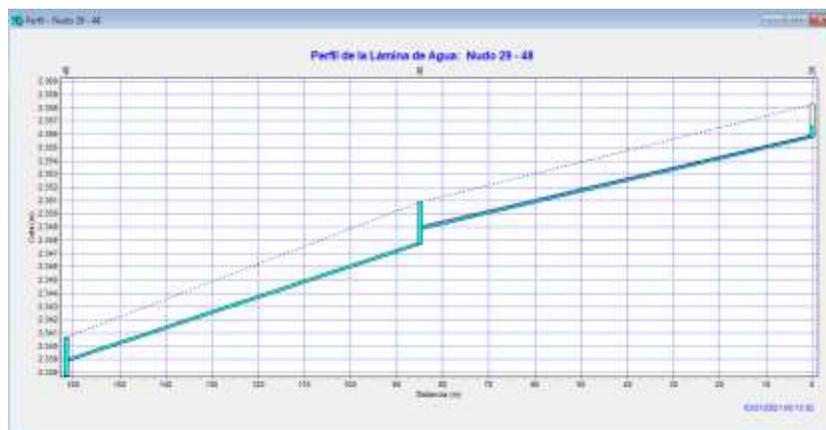


Ilustración 82. Perfil Lámina de Agua Sistema de Alcantarillado Combinado (Nudo 29-48)

En la ilustración 81 también se muestra el perfil de una tubería principal, en el que a los primero 15 minutos de informe cuando se presente una lluvia con la intensidad y precipitación establecida en el pluviómetro en un periodo de retorno de 10 años la tubería se va a ver

colapsada ya que presenta caudales superiores lo que hace que no se tenga la capacidad de transportar ese caudal.

Antes de sufrir la ola invernal en el año 2015 la red de drenaje del sistema de alcantarillado era solo para aguas residuales, después se adecuaron rejillas en las calles, las tuberías pasaron a ser para alcantarillado combinado y no cumplen con el diámetro mínimo. Además, los pozos que recogen estas aguas en el catastro realizado en el año 2017 no se pudieron inspeccionar

6.8.3. Simulación red de Acueducto en EPANET

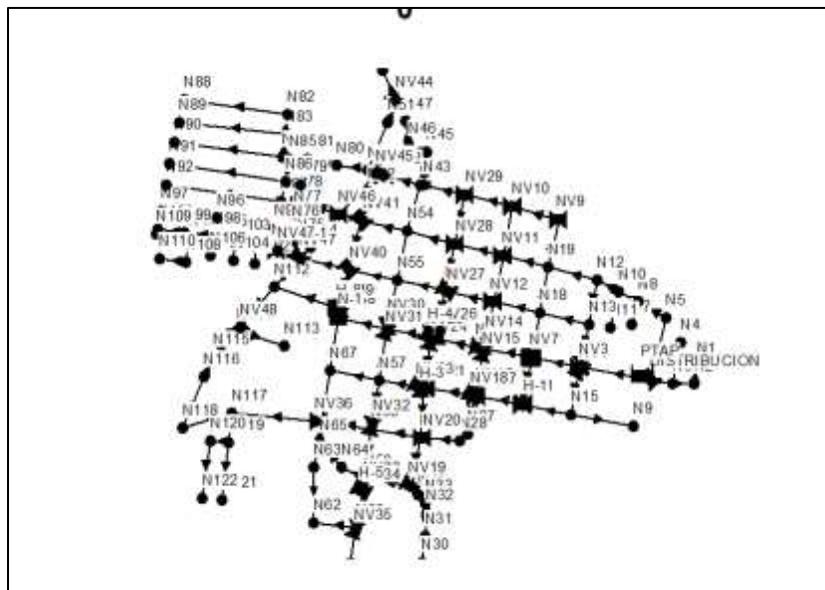


Ilustración 83. Red Acueducto Software EPANET

Propiedad	Valor
ID Embalse	PTAP
Coordenada X	1196479.63
Coordenada Y	1201321.20
Descripción	
Eliptica	
Altura Total	2425
Patron de Altura	
Celada Inicial	
Fuente de Calidad	
Caudal Fieco Entrante	-46.67
Cota	2425.00
Presión	0.00
Calidad	0.00

Ilustración 84. Embalse PTAP

Se asumió una presión de 25 m.c.a más la altura a la que se encuentra la salida del agua.

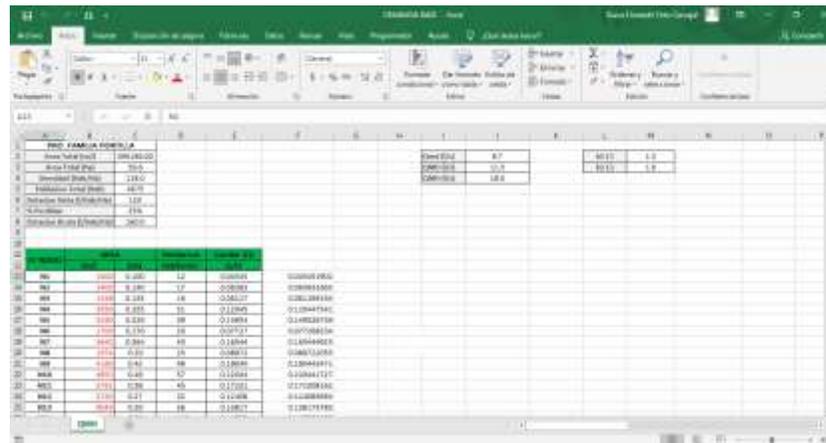


Ilustración 85. Calculo Demanda Base

Propiedad	Valor
*ID Conexión	N5
Coordenada-X	1156523.11
Coordenada-Y	1281425.36
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	2404.5
Demanda Base	0.14954
Patrón de Demanda	
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	0
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	0.15
Altura Total	2418.60
Presión	14.10
Calidad	0.00

Ilustración 87. Propiedades Nudos

Propiedad	Valor
*ID Tubería	TUB-24
*Nudo Inicial	N12
*Nudo Final	N19
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	85.04
*Diámetro	54.58
*Rugosidad	0.0015
Coef. de Pérdidas	0
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	
Caudal	5.13
Velocidad	2.19
Pérd. Unit.	78.51
Factor fricción	0.017

Ilustración 86. Propiedades Tuberías

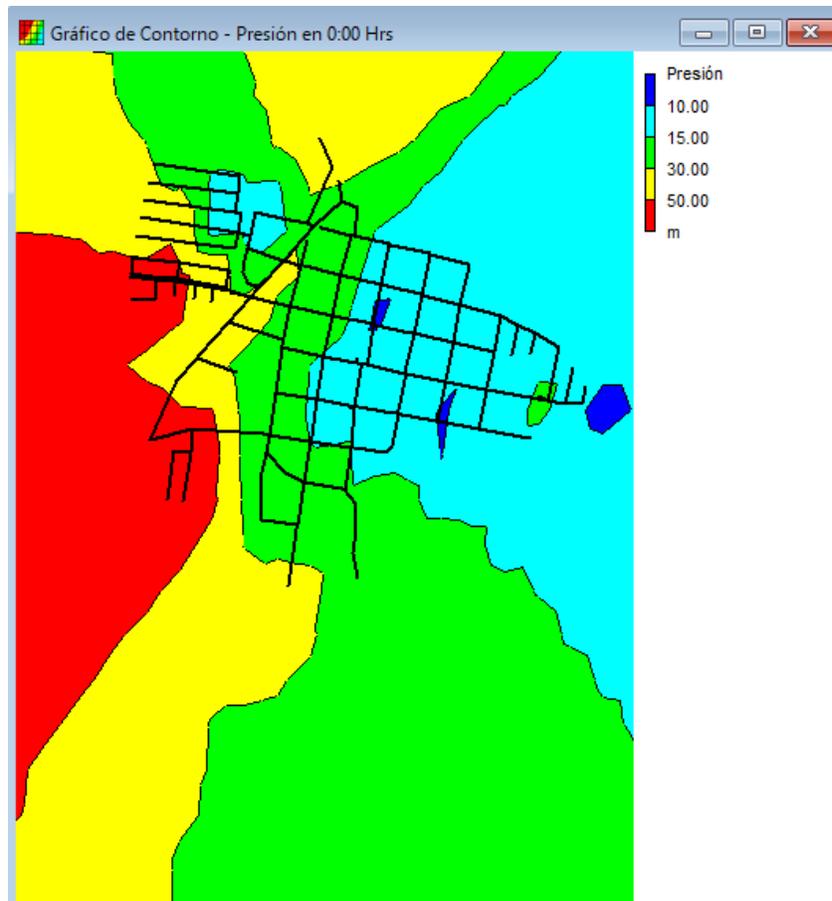


Ilustración 88. Mapa de Contorno de Presiones en el Sistema de Acueducto

De acuerdo al mapa de contorno en el que se presentan las presiones de la red de acueducto se puede observar que la zona en Azul Agua es aquella región que tienen presiones entre 10 y 15 m.c.a menores a la mínima (15mca) establecida en la resolución 0330, esta parte se encuentra más cerca de la PTAP y tienen pendientes suaves, es decir, es una zona plana. La zona de color Verde según la simulación tiene presiones entre 15 y 30 m.c.a en esta zona existe cambio de pendiente. La zona de color amarillo con presiones de 30 a 50 m.c.a es una región con diferencias de altura con respecto a la PTAP de aproximadamente de 83 m.c.a. Finalmente, la zona de color Rojo con presiones mayores a 50, es decir superan la máxima (55mca) establecida por la resolución 0330 son aquellas partes bajas del municipio, en especial la parte inferior

izquierda es una zona con torres de viviendas de interés social que no se encuentran habitadas, se recomienda a futuro implementar válvulas reductoras de presión, ya que según los datos de la simulación con presión de salida de 25 m.c.a se pueden presentar fallas en la red a causa de las presiones altas en esos puntos.

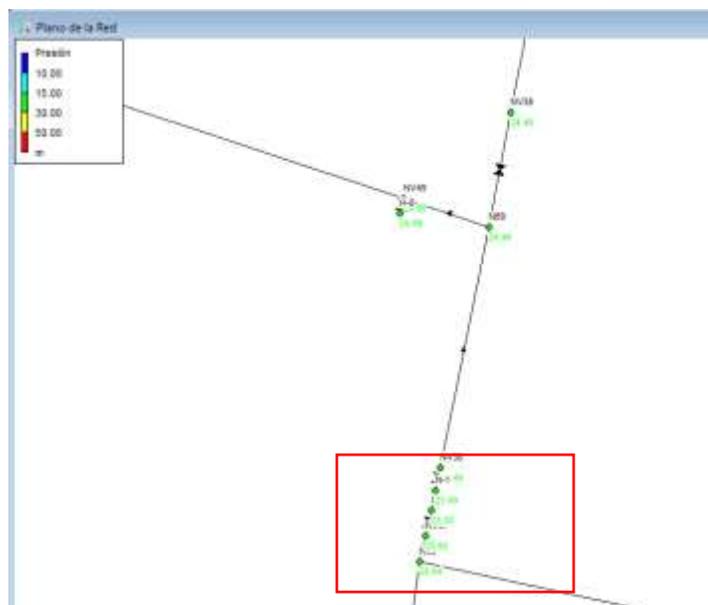


Ilustración 89 Zona Válvulas Reductoras Presión

En cuanto a la ubicación de las 2 válvulas reductoras de presión presentes en la red, se recomienda a la administración del servicio reubicar estos elementos, ya que en los puntos en que se encuentran realmente no cumplen con su función.

6.9 Interfaz DEOC

La interfaz presenta menús desplegables que permiten ejecutar las diferentes funciones, además tiene icono y título identificativos, se observa que permite combinar colores en textos y en áreas de texto, el campo Id es aquel mediante el cual se realizarán las operaciones CRUD que deberá ser digitado por el usuario.

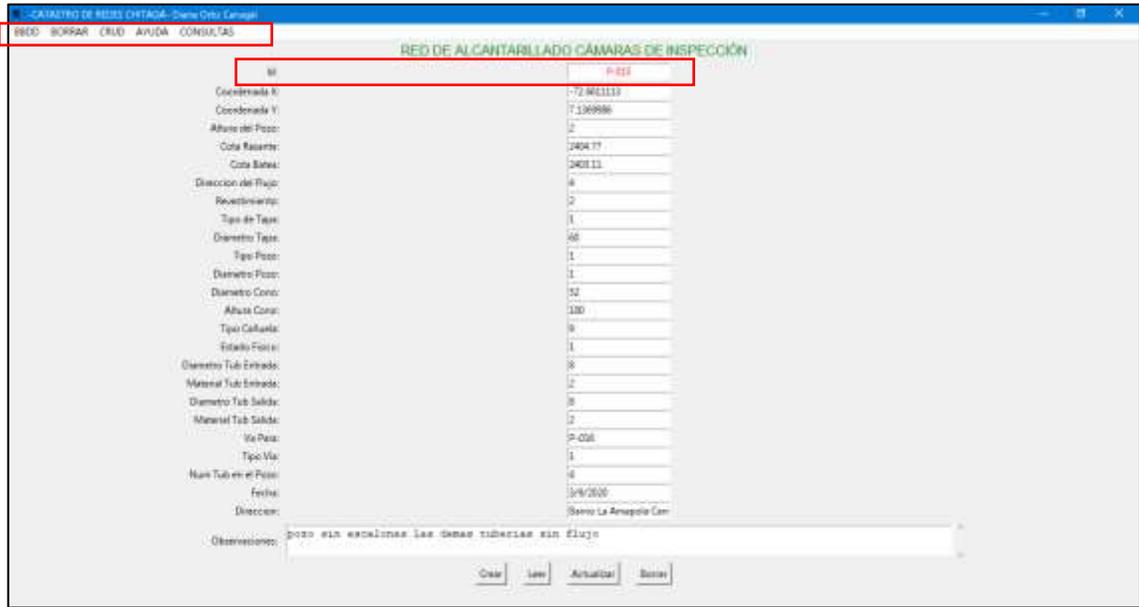


Ilustración 90 Interfaz DEOC Pozos de Inspección

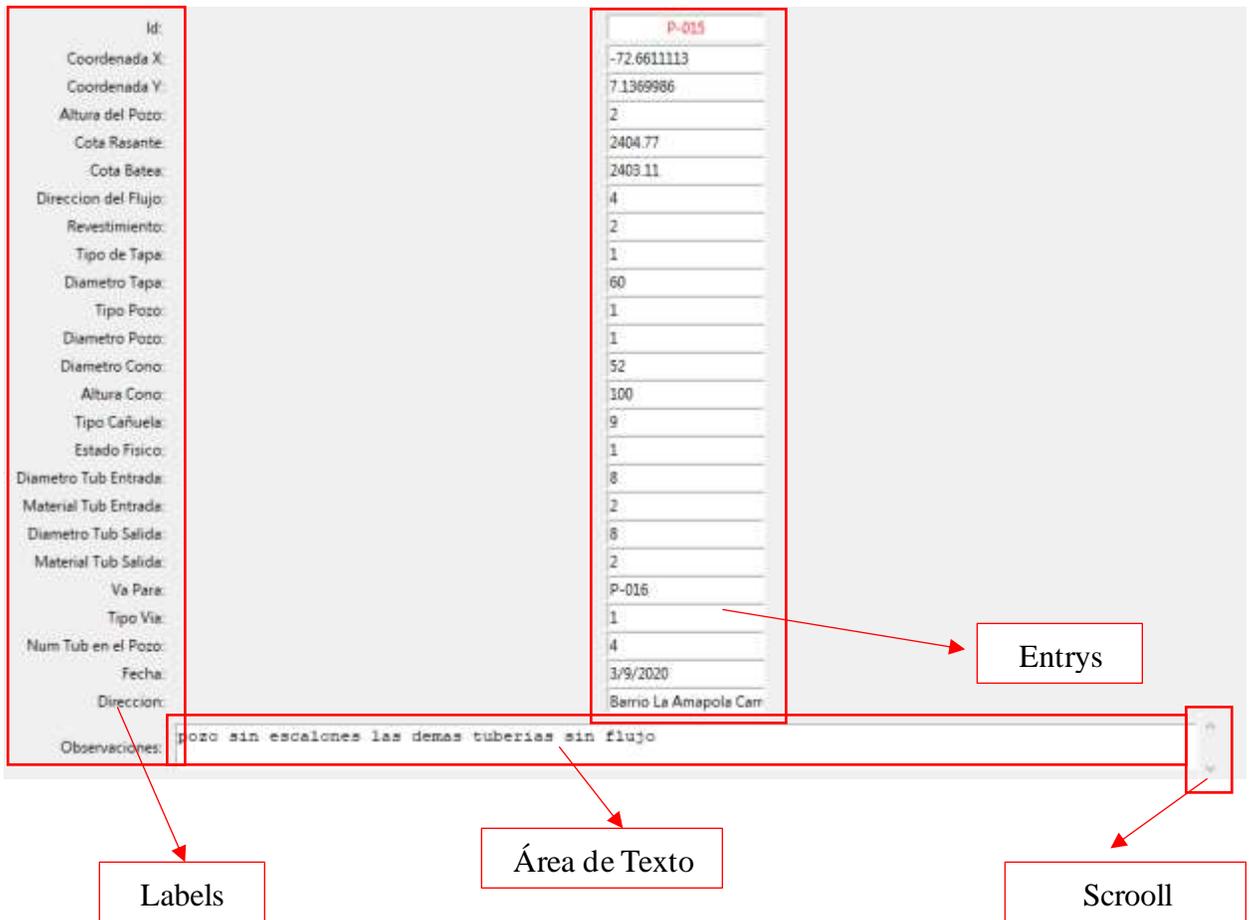




Ilustración 92 Buttons

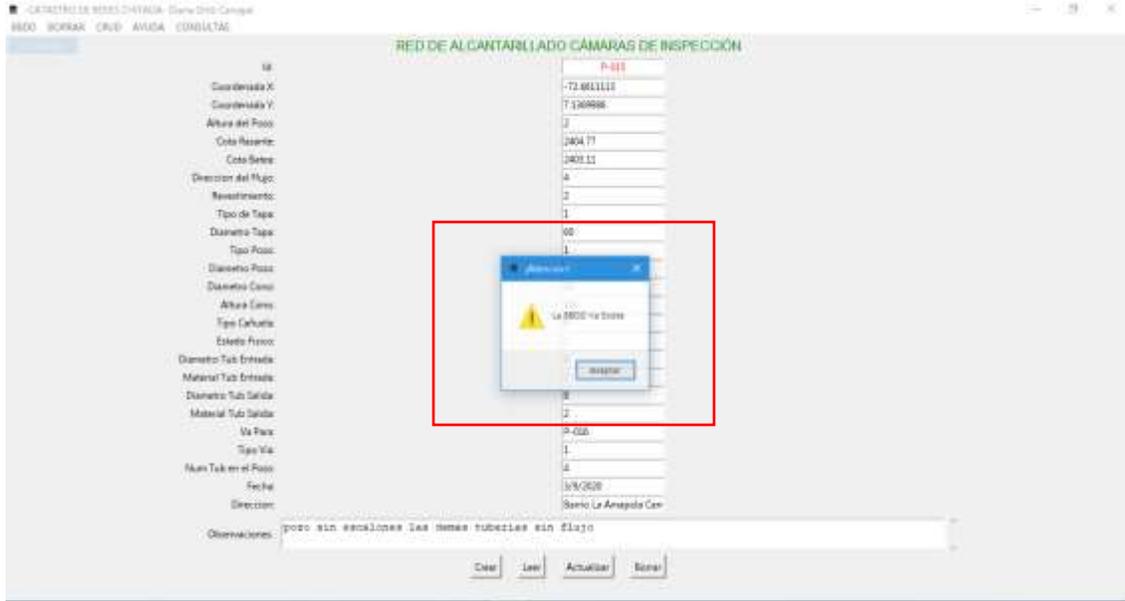


Ilustración 93 Ventana Emergente de Advertencia

Esta ventana se crea cuando la base ya ha sido conectada o creada y se pretende volver a crear.

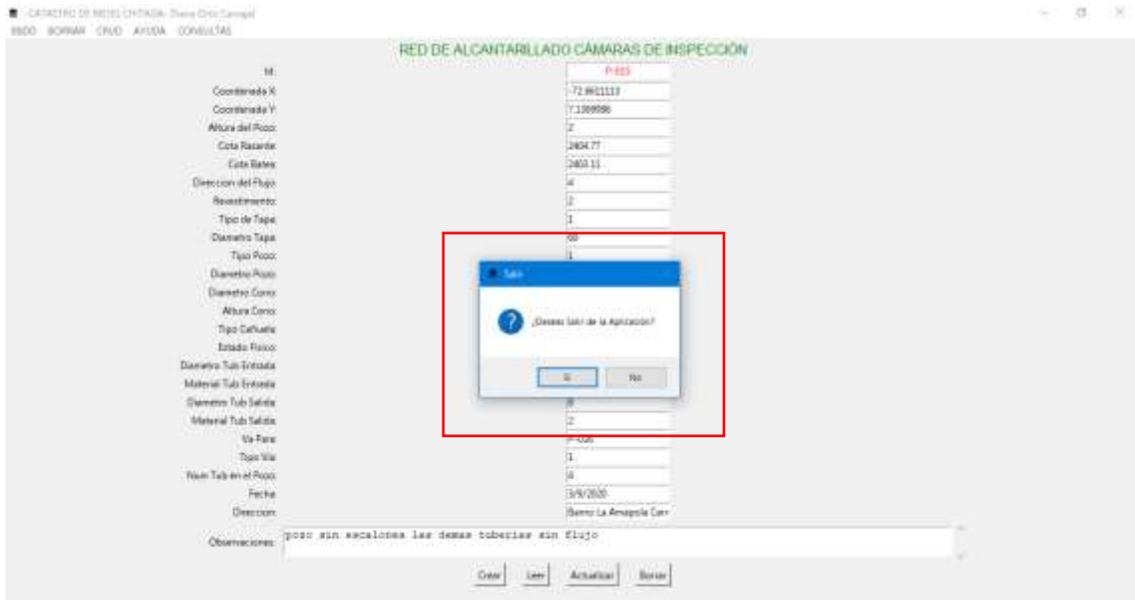


Ilustración 94 Ventana Emergente Question

Ventana emergente que permite al usuario confirmar si desea salir de la Aplicación.

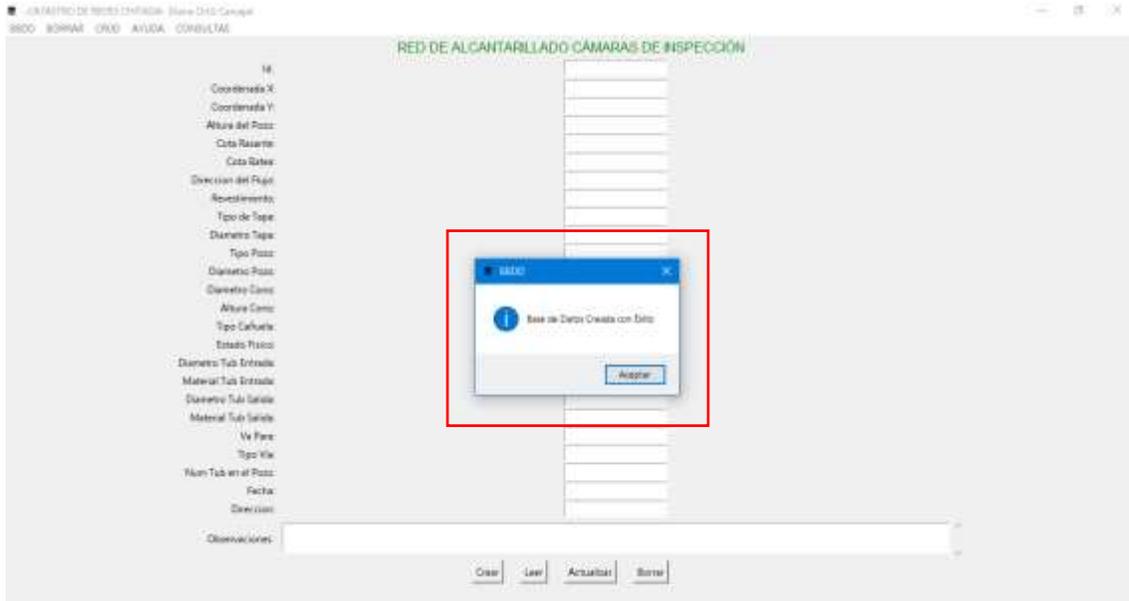


Ilustración 95 Ventana Emergente de Información

Ventana que confirma que la base de datos ha sido creada con éxito.

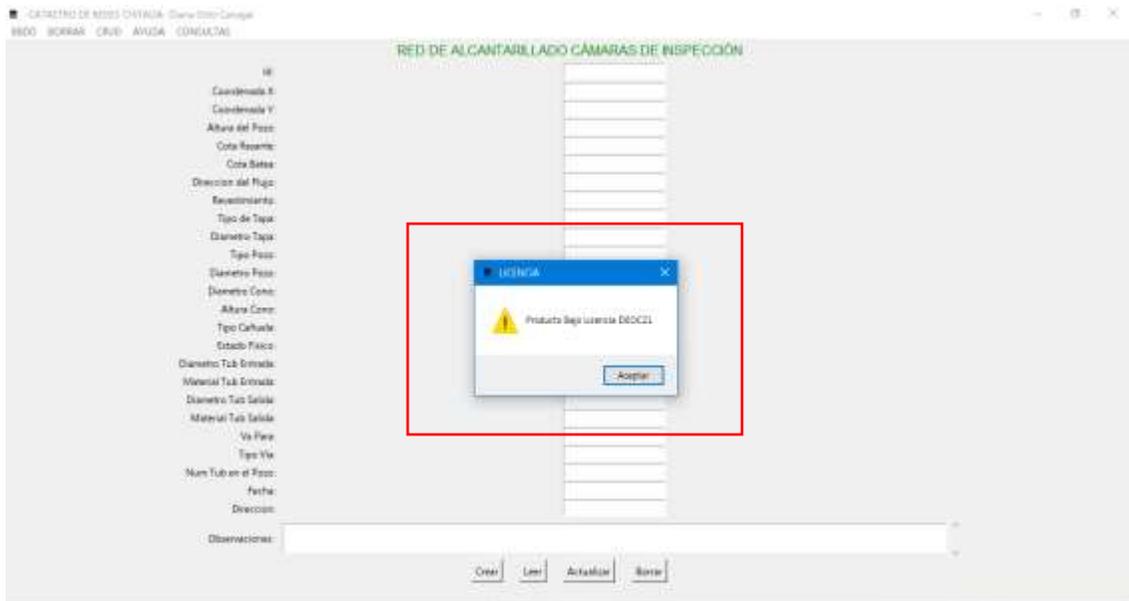


Ilustración 96 Datos de Propiedad (Licencia)

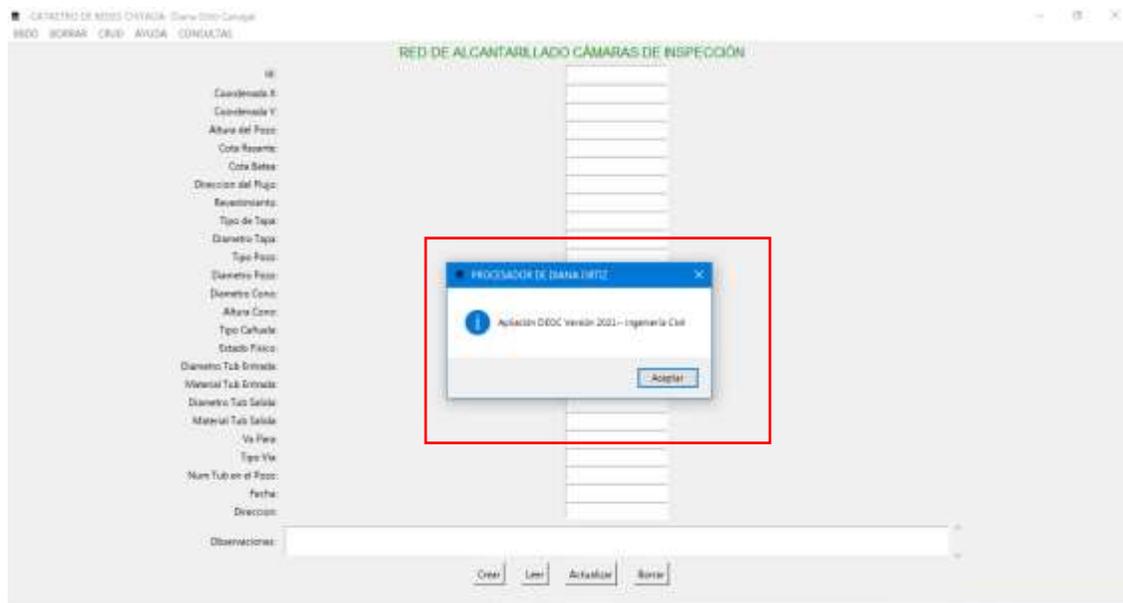


Ilustración 97 Datos de Propiedad (Acerca De)

La interfaz permite mediante el menú BBDD y el submenú Conectar crear la base de datos para cada elemento, cuya base de datos gracias al menú CRUD o a los botones Crear, Leer, Actualizar o Borrar podrá ser manipulada por el usuario, es decir, crear registros nuevos, leer los existentes, actualizar algún campo de algún registro o borrar registros si así se desea.

Con el menú Borrar permite Borrar los Campos en pantalla por si se va realizar otra operación, el menú AYUDA que es más para mostrar las diferentes ventanas que se pueden crear en una interfaz se muestra algunos datos de Propiedad del Estudiante. El menú CONSULTAS permite conocer la ruta de un Archivo que contenga alguna consulta rápida.

Los archivos se encuentran en el Apéndice D, 2 Carpetas PYTHON_INTERFZ_ALCANTARILLADO y PYTHON_INTERFAZ_ACUEDUCTO. (Ver Apéndice D)

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES

La evaluación inicial de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Chitaga evidencio patrones de comportamiento asociados a la falta de direccionamiento, gestión y control de la operatividad de los mismos por parte de la Secretaria de Servicios Públicos y Domiciliarios, la cual se estaba presentando por la dificultad de manejo y análisis de información que se encontraba en forma dispersa; en el desarrollo del trabajo fue centralizada, clasificada, digitalizada y analizada.

El resultado del presente proyecto obedece a una base de datos de información geográfica gestionada en QGIS, planificada y creada a partir de las necesidades actuales y potenciales del municipio; su uso y eficiencia de aplicación, dependerá principalmente de la importancia que le den los gestores del acueducto y del alcantarillado, quienes deberán actualizarla y mantenerla, pero al tiempo, podrán obtener buenos resultados a partir de su uso, en cuanto a gestión, administración y funcionamiento. La información de todo el sistema y sus elementos se maneja de manera digital, actualizando permanentemente cualquier cambio o intervención sobre el mismo, producto de órdenes de trabajo o reparaciones, garantizando su disponibilidad en todo momento y conservación se ha convertido en una herramienta importante de administración de los activos que hacen posible la operación del sistema y permiten su ubicación en un entorno geográfico.

Como se mencionó anteriormente, cada objeto tiene relacionados unos atributos, que se refieren a la información relacionada con el elemento en la realidad, que representa el objeto en el SIG; la consulta de atributos le permite conocer a los gestores del municipio, la información

relacionada con el/los objeto (s) que sean de interés, incluso en tiempo real. Es necesario aclarar que la base de datos desarrollada cuenta con la información antes descrita, sin embargo, esta puede ser ampliada de acuerdo a requerimientos de los gestores, incluso enlazada con otras bases de datos como censos, usuarios, etc.

La relación costo beneficio, en este punto resulta importante mencionar los costos que representa la implementación de la propuesta. El uso de QGIS software motor de SIG de libre acceso y sin costo alguno obedece a las potentes, llamativas, precisas, vistosas, y de calidad funcionalidades que este nos ofrece, así como la operación del SIG, la capacitación de la estudiante, la planificación, diseño, creación y puesta en marcha lo cual supone un costo representativo, con el desarrollo del presente proyecto, se están evitando estos costos, que hace más factible la implementación del SIG para la gestión del acueducto y del alcantarillado objeto de estudio.

En términos generales, La implementación del SIG aquí propuesta, supone una mejoría en algunos de los procesos que actualmente se llevan a cabo por los administradores de los sistemas de acueducto y alcantarillado; así mismo representa una puerta abierta a muchas opciones de esta herramienta, enfocadas a trabajos de gestión, mantenimiento, mejoras, etc., de estas obras civiles.

El desarrollo del proyecto de investigación cumplió las expectativas esperadas por la estudiante.

CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio de Chitagá tener instalados elementos de medición como un medidor de flujo o un manómetro a la entrada de la red en la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Se recomienda para próximos diseños o ampliaciones de red que las tuberías del sistema de alcantarillado combinado cumplan con el diámetro mínimo establecido en la resolución 0330 de 12” de diámetro comercial.

Se recomienda a los municipios cuando se realice el catastro de redes tratar de recopilar la mayor información posible acerca de los elementos de las redes de recolección de aguas residuales y las redes de distribución de agua potable.

Se sugiere actualizar periódicamente la base de datos, el contar con información actualizada, completa y confiable, permitirá un uso bastante completo de las aplicaciones de un SIG.

Se recomienda adjuntar información de usuarios, tener los usuarios referenciados geográficamente en el sistema y acceder a los datos básicos como nombre, teléfono, último consumo, valor de factura, estrato, entre otros esto podría ayudar aún más a la globalización del SIG.

Además, realizar mantenimiento a los elementos que componen estos sistemas tan importantes para el municipio ya que según el catastro realizado algunos de ellos para seguir brindando bienestar a la comunidad deben ser o cambiados o realizarles manteniendo y limpieza constante.

Por su parte, la información disponible relacionada con Sistemas de Información Geográfica, incluso aplicada a acueductos y alcantarillados, es aceptable, pudiendo observar que existen casos de estudio en aplicaciones similares; es necesario que en Colombia se continúe promocionando y normalizando el uso de esta herramienta, que, bajo softwares comerciales, pueden ser de gran potencial para la gestión de una entidad.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño, A. Z., & Cadena, Y. K. (2014). *Uso de Sistemas de Información Geográfica en la Determinación de Amenazas por Inundación en el Municipio de Chía*. Bogota D.C: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de Landslide & Slope Instability Geohazards: Classification Schemes - Hutchinson: http://www.ukgeohazards.info/pages/eng_geol/landslide_geohazard/eng_geol_landslides_classification_hutchinson.htm
- Biblioteca Virtual, Biblioteca Luis Ángel Arango. (11 de 02 de 2021). *Sistema de Información Geográfica*. Bogotá. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografica/geo42.htm>
- Biere, R., & Aitziber, E. (2010). Herramienta para el diagnóstico de la accesibilidad en entornos de patrimonio histórico, en base a escaneo láser y realidad virtual. *ACE Architecture, City and Environment (Arquitectura Ciudad y Entorno)*, 61-90.
- Borscosque, J. (1997). Apuntes sobre sistemas de Información Geográficos. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Geográfica. Universidad de Santiago de Chile.
- Buitrago, S. A. (Agosto de 2018). *Propuesta de Implementación de un SIG para la Administración y Gestión del Sistema de Acueducto del Municipio de Bagá Solano Chocó*. Bogotá D.C: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de Estabilidad de Taludes: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- Cesario, L. (1986). Denver's Mapping Information Management System. *AWWA Annual Conference. Denver Colorado (USA)*, 669-681.
- Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana De Ingeniería.

- Díaz, D. B., & Mercado, N. E. (18 de 09 de 2016). *Gestión de Redes de Acueducto del Municipio de San Juan Nepomuceno Bolívar Mediante la Implementación de Herramientas SIG*. Manizales: Universidad de Manizales. Obtenido de <http://www.idiger.gov.co/rmovmasa>
- Díaz; Mercado. (2016). *Gestión de Redes de Acueducto del Municipio de San Juan Nepomuceno Bolívar Mediante la Implementación de Herramientas SIG*. Manizales.
- Domínguez, M. P. (2014). *Extensión de Aplicaciones mediante Python embebido*.
- Empresas Públicas de Medellín. (2021). *EPM*. Obtenido de EMP: <https://www.epm.com.co/site/>
- EPA. (2005). *Manual del Usuario SWMM*.
- EPM. (Version 08). Instructivo para al rferenciación de los sistemas de acueducto y alcantarillado. En E. P. EPM. Medellín.
- Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I., & Zerger, A. (2001). *Introducción a los SIG*. The University of Melboune.
- ESRI. (2016). *ArcGis for Desktop*. Obtenido de Recuperado el 02 de Febrero 2021: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/gdb-architecture/the-geodatabase-is-object-relational.htm>
- Fadul, V. G. (2010). Optimización operativa de Aguas de Manizales S.A. ESP, a partir de la implementación del SIG. *Centro de Investigaciones y Desarrollo- Facultad de Ingeniería- Universidad de Manizales*, 77-103. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/exploring-digital-elevation-models.htm>
- Fragoso, L., Ruiz, J. R., & Juárez, A. B. (2013). Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, Vol XXXIV, N° 1, Ene-Abril, 112-126.

Gobernación de Norte de Santander- DAG Ingeniería. (2014). *CONTRATACIÓN DE UNA CONSULTORÍA ESPECIALIZADA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS INDICADORES Y LA GENERACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LA LÍNEA BASE DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS, PARA EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER. INFORME DIAGNÓSTICO - MUNICIPIO DE CHITAGÁ: SECRETARÍA AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.*

Google Earth. (13 de 02 de 2021). *Localización Municipio de Chitagá.* Obtenido de Google Earth Web: <https://earth.google.com/web/@7.13566654,-72.66493094,2332.45094691a,3558.93966546d,35y,105.28130077h,16.55606079t,0r>

Gulf of California Marine Programa. (11 de 02 de 2021). *Importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Conservación.* Obtenido de <http://gulfprogram.ucsd.edu/blog/coastal-and-marine/importancia-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-en-la-conservacion/>

Healey, R. (2001). *Database management systems.* Longley, Goodchild.

IGAC. (2004). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi.* Obtenido de <https://www.igac.gov.co/>

IGAC, I. G. (1998). *Principios básicos de cartografía temática Nancy Aguirre Gutiérrez (Investigación y Coordinación).* Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Jaimes, L. M. (2019). *Elaboración del Catastro de la Red de Alcantarillado Implementando Sistemas de Información Geográfica en el Municipio de Mutiscua Norte de Santander.* Pamplona: Universidad de Pamplona.

- Muñoz, A., Roncancio, C. J., & Mendoza, S. A. (2018). *Implementación de un Sistema de Información Geográfica para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Residual de la Armada Nacional de Colombia*. Bogotá D.C: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Obando, D. (s.f.). *Catastro de redes*.
- Rodriguez, M. L., & Rodriguez, J. F. (2014). *MODELACIÓN Y EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE CHOCONTÁ- CUNDINAMARCA, MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE EPA SWMM*. BOGOTA DC: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.
- Rossiter, D. G. (1994). *Special Topics in Soil, Crop and Atmospheric Sciences*. Obtenido de Land Evaluation, with emphasis on computer application: http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/_static/files/Scas494/s494ch1.pdf
- Sabogal, Z., & Rincón, A. (2017). *ADMINISTRACIÓN DE DATOS GENERADOS POR UN CATASTRO DE REDES POR MEDIO DE HERRAMIENTAS SIG*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Sánchez, I. Y., & Amorós, M. I. (2012). Gestion de acueducto y alcantarillado mediante sistemas de información gográfica. *ING. HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, VOL XXXIII, N° 3, Set-Dic 2012, ISSN 1815-591X*, 44-57.
- Sarría, F. A. (2010). Sistemas de Información Geográfica. En F. A. Sarría, *Sistemas de Información Geográfica* (pág. 7).
- SENA Servicio Nacional de Aprendizaje. (2005). *Fontanería Municipal. Sistemas de Acueductos*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente.

Solano, D. F. (2002). *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Torres, P. A., & Vélez, V. H. (2010). *Diagnóstico y actualización del catastro de las redes matrices de acueducto del municipio Dosquebradas Risaralda*. Pereira: Universidad Libre.

Zarzosa, N. L., & Andrés, M. N. (2004). *Sistemas de información geográfica. Prácticas con ArcView*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.

ANEXOS



Ilustración 99. Altura de Excavación P-017



Ilustración 98 Pozo Sin Tapa P-020



Ilustración 101 Pozo Sin Revestimiento P-027



Ilustración 100 Pozo de Mas de 4 m de Altura P-028



Ilustración 103 Pozo Tapado por la Vía Pavimento Flexible P-031



Ilustración 102 Pozo con Daños de Sobrecarga P-033



Ilustración 105 Pozo Colmatado P-117



Ilustración 104 Pozo Dentro de Estructura del Andén de una casa P-039



Ilustración 106 Escalones y Cañuela P-036



Ilustración 107 Pozo dentro de Lote Privado, Fuera de Servicio P-112



Ilustración 109 Estado de Caja Antes de Descarga o Vertimiento P-049



Ilustración 108 Caja Paralela a la Vía Nacional a Málaga P-155

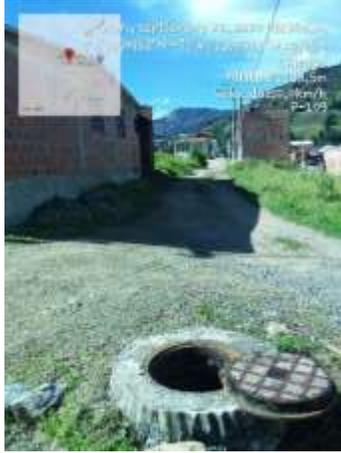


Ilustración 111 Vía Destapada Pozo sobre la Rasante P-109



Ilustración 110 Tapa en Concreto P-050



Ilustración 112 Pausa Activa y Charla a los Trabajadores por parte de la Estudiante de Psicología Marly Cordero



Ilustración 113 V-014 Tapada con una Piedra



Ilustración 114 Sin Tapa V-016



Ilustración 116 Tapa Partida V-020



Ilustración 115 Válvula Reductora de Presión V-037



Ilustración 118 Válvula No Encontrada V-044



Ilustración 117 Tapa Partida V-045

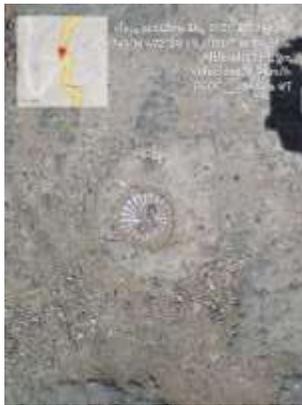


Ilustración 120 Válvula Tapada V-047



Ilustración 119 Hidrante H-001



Ilustración 122 Hidrante H-002



Ilustración 121 Hidrante H-003



Ilustración 123 Hidrante H-006



Ilustración 124 Hidrante H-007



Ilustración 125 Hidrante H-008

DICCIONARIOS DE DATOS

Tabla 5. Diccionario de Datos Tuberías Alcantarillado

ID	N	POZO AL QUE PERTENECE LA TUBERÍA DOMICILIARIA	POZO DE ENTRADA
POZO DE SALIDA	CARACTERIZACIÓN EN EL POZO DE ENTRADA	CARACTERIZACION EN EL POZO DE SALIDA	DIAMETRO
MATERIAL	PROF DE LA TUBERIA EN EL POZO DE ENTRADA	PROF DE LA TUBERIA EN EL POZO DE SALIDA	COTA CLAVE EN EL POZO DE ENTRADA
COTA BATEA EN EL POZO DE ENTRADA	COTA CLAVE EN EL POZO DE SALIDA	COTA BATEA EN EL POZO DE SALIDA	DIRECCION DEL FLUJO DOMICILIARIAS

DIRECCION FLUJO COLECTORES	LONGITUD	PENDIENTE	TIPO DE VIA
IMAGEN			

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ALCANTARILLADO archivo Excel TUBERIAS_ALCANTARILLADO (Ver Apéndice C)

Tabla 6. *Diccionario de Datos Descargas*

ID	COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)	LONGITUD (W)
LATITUD (N)	COTA RASANTE	COTA CLAVE	COTA BATEA
DIAMETRO	DESCARGA	DEL POZO	VOLUMEN

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene.

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ALCANTARILLADO archivo Excel DESCARGAS (Ver Apéndice C)

Tabla 7. *Diccionario de Datos MH*

ID	COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)	LONGITUD (W)
LATITUD (N)	COTA RASANTE	COTA CLAVE	COTA BATEA
DIAMETRO	CONECTA A		

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene.

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ALCANTARILLADO archivo Excel MH (Ver Apéndice C)

Tabla 8. *Diccionario de Datos Válvulas Sistema Acueducto*

ID	DIAMETRO	MATERIAL	PROFUNDIDAD
RASANTE	TIPO	FUNCION	ESTADO
SENTIDO	ESTADO DE SERVICIO	OPERABILIDAD	ESTADO FISICO
EXTREMO	CABEZOTE	TAPA ABRE AL	FECHA
DIRECCION	BARRIO	OBSERVACIONES	

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ACUEDUCTO archivo Excel VALVULAS (Ver Apéndice C)

Tabla 9. *Diccionario de Datos Hidrantes*

ID	DIAMETRO	TIPO	ESTADO FISICO
ESTADO DE OPERABIIDAD	TIPO DE RASANTE	VALVULA A LA QUE CORRESPONDE	FECHA
BARRIO	DIRECCION	OBSERVACIONES	

Nota: Debido a la extensión de las tablas no es posible anexarlas. Se presenta la información que esta contiene.

Este diccionario se encuentra en el Apéndice C carpeta ACUEDUCTO archivo Excel HIDRANTES (Ver Apéndice C)

CONEXIÓN PYTHON BASES DE DATOS

Tuberías

Tabla 10. *Código Python Creación Base de Datos Tuberías Sistema de Alcantarillado*

```
import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("CATASTROTUB")
micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("""
CREATE TABLE TUBERIAS (
ID VARCHAR(10)PRIMARY KEY UNIQUE,
N INTEGER UNIQUE,
```

```
POZO_TUB_DM VARCHAR(10),
POZO_ENTRADA VARCHAR(10),
POZO_SALIDA VARCHAR(10),
CARACT_P_ENTRADA INTEGER,
CARACT_P_SALIDA INTEGER,
DIAMETRO INTEGER,
MATERIAL INTEGER,
PROF_P_ENTRADA INTEGER,
PROF_P_SALIDA INTEGER,
COTA_CLAVE_P_ENTRADA INTEGER,
COTA_BATEA_P_ENTRADA INTEGER,
COTA_CLAVE_P_SALIDA INTEGER,
COTA_BATEA_P_SALIDA INTEGER,
DIRECCION_FLUJO_DM INTEGER,
DIRECCION_FLUJO_COLECTORES INTEGER,
LONGITUD INTEGER,
PENDIENTE INTEGER,
TIPO_VIA INTEGER)
```

'''

tuberias=[

```

("DM1-E", 1, "P-001", "P-001", " ", 1, 0, 4, 1, 1.02, 0, 2415.76, 2415.66, 0.00, 0.00, 1, 0, 0,
0, 0),

("169AO5", 317, " ", "P-169", "O-5", 2, 7, 12, 2, 2.38, 0, 2286.62, 2286.32, 0.00,
2259.04, 0, 4, 144.66, 18.86, 1)
]
micursor.executemany("INSERT INTO TUBERIAS VALUES(
?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)",tuberias)

miconexion.commit()

miconexion.close()

```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 tuberías, la inicial y la final según diccionario de datos.

(ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCANTARILLADO carpeta 2-TUBERIAS archivo Python CATASTRO)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo CATASTROTUB que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

Descargas

Tabla 11. *Código Python Creación Base de Datos Descargas Sistema de Alcantarillado*

```

import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("DESCARGAS")

micursor=miconexion.cursor()

```

```
micursor.execute("""
```

```
CREATE TABLE DESCARGAS (
```

```
ID VARCHAR(5)PRIMARY KEY,
```

```
COORDENADA_X INTEGER,
```

```
COORDENADA_Y INTEGER,
```

```
LONGITUD_N INTEGER,
```

```
LATITUD_W INTEGER,
```

```
COTA_RASANTE INTEGER,
```

```
COTA_CLAVE INTEGER,
```

```
COTA_BATEA INTEGER,
```

```
DIAMETRO INTEGER,
```

```
DESCARGA VARCHAR(50),
```

```
DEL_POZO VARCHAR(10))
```

```
""')
```

```
descargas=[
```

```
("O-1", 1156010.954, 1280978.994, -72.6654057, 7.1339921, 2322.96, 2322.9632, 2322.76,
```

```
8, "QUEBRADA LA VIUDA", "P-038"),
```

```
-----
```

```

("O-9", 1156112.489, 1281755.5, -72.6643235, 7.14182326, 2324.85, 2324.8548, 2324.55, 12,
"QUEBRADA EL ARPERO", "P-049")

]

]

micursor.executemany("INSERT INTO DESCARGAS VALUES(
?,?,?,?,?,?,?,?,?)",descargas)

miconexion.commit()

miconexion.close()

```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 descarga, la inicial y la final según diccionario de datos.

(ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCANTARILLADO carpeta 3-DESCARGAS archivo Python DESCARGAS)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo DESCARGAS que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

MH

Tabla 12. *Código Python Creación Base de Datos MH Sistema de Alcantarillado*

```

import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("MH")

```

```
micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("""

CREATE TABLE MH (

ID VARCHAR(10)PRIMARY KEY,

COORDENADA_X INTEGER,

COORDENADA_Y INTEGER,

LONGITUD_N INTEGER,

LATITUD_W INTEGER,

COTA_RASANTE INTEGER,

COTA_CLAVE INTEGER,

COTA_BATEA INTEGER,

DIAMETRO INTEGER,

CONECTA VARCHAR(10))

""")

mh=[

("MH-01", 1155825.96, 1281816.24, -72.6672029, 7.1425794, 2298.78, 2297.4324, 2297.28,

6, "P-109"),

-----

("MH-38", 1155860.192, 1281700.078, -72.6669191, 7.141427, 2305.9, 2305.7032, 2305.5, 8,

"P-105")

]
```

```
micursor.executemany("INSERT INTO MH VALUES(?,?,?,?,?,?,?,?)",mh)

miconexion.commit()

miconexion.close()
```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 MH, el inicial y el final según diccionario de datos.

(Ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCANTARILLADO carpeta 4-MH archivo Python MH)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo MH que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

Válvulas

Tabla 13.

Código Python Creación Base de Datos Válvulas Sistema de Acueducto

```
import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("VALVULAS")

micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("""

    CREATE TABLE VALVULAS (

    ID VARCHAR(10)PRIMARY KEY,

    DIAMETRO INTEGER,
```

```
MATERIAL INTEGER,  
PROFUNDIDAD INTEGER,  
RASANTE INTEGER,  
TIPO INTEGER,  
FUNCION INTEGER,  
ESTADO INTEGER,  
SENTIDO INTEGER,  
ESTADO_DE_SERVICIO INTEGER,  
OPERABILIDAD INTEGER,  
ESTADO_FISICO INTEGER,  
EXTREO INTEGER,  
CABEZOTE INTEGER,  
TAPA_ABRE_AL INTEGER,  
FECHA DATETIME,  
DIRECCION VARCHAR(50),  
BARRIO VARCHAR(50),  
OBSERVACIONES VARCHAR(100))  
"  
  
valvulas=[  
    ("V-01", 4, 1, 0.3, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 16/10/2020, "CARRERA 3 CALLE 5", "LA  
    AMAPOLA", "-"),
```

```

("V-49", 4, 1, 0.4, 2, 1, 1, 4, 2, 1, 1, 6, 2, 2, 5, 16/10/2020, "CARRERA 8 CALLE 5A", "EL
CARMEN", "PERTENECE A HIDRANTE 08, TAPA PARTIDA")

]

micursor.executemany("INSERT INTO VALVULAS VALUES(
?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)",valvulas)

miconexion.commit()

miconexion.close()

```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 Válvulas, la inicial y la final según diccionario de datos.

(ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCUEDUCTO archivo Python VALVULAS)

Producto de ejecutar el programa se crea archivo VALVULAS que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

Hidrantes

Tabla 14.

Código Python Creación Base de Datos Válvulas Sistema de Acueducto

```

import sqlite3

miconexion=sqlite3.connect("HIDRANTES")

micursor=miconexion.cursor()

micursor.execute("

```

```
CREATE TABLE HIDRANTES (  
  ID VARCHAR(10)PRIMARY KEY,  
  DIAMETRO INTEGER,  
  TIPO INTEGER,  
  ESTADO_FISICO INTEGER,  
  OPERABILIDAD INTEGER,  
  RASANTE INTEGER,  
  VALVULA VARCHAR(10),  
  FECHA DATETIME,  
  BARRIO VARCHAR(50),  
  DIRECCION VARCHAR(50),  
  OBSERVACIONES VARCHAR(100))
```

```
");
```

```
hidrantes=[
```

```
  ("H-01", 4, 2, 1, 1, 1, "V-05", 16/10/2020, "LA AMAPOLA", "CARRERA 4 CALLE 4",  
  "AÑO 2010"),
```

```
-----
```

```
  ("H-08", 3, 1, 1, 1, 1, "V-49", 16/10/2020, "EL CARMEN", "CARRERA 8 CALLE 5A",  
  "HD 150 PSI AÑO 2010 AWWA TORINOM")
```

```
]
```

```

micursor.executemany("INSERT INTO HIDRANTES VALUES(
?,?,?,?,?,?,?,?)",hidrantes)

miconexion.commit()

miconexion.close()
    
```

Nota: Debido a la extensión del código se presenta un resumen de 2 Hidrantes, el inicial y el final según diccionario de datos.

(Ver Apéndice D carpeta PYTHON_ALCUEDUCTO archivo Python HIDRANTES).

Producto de ejecutar el programa se crea archivo HIDRANTES que se puede visualizar en cualquier SGBD en el caso usamos el programa DB Browser para lectura de SQLite.

ESTRUCTURA BASES DE DATOS DB BROWSER

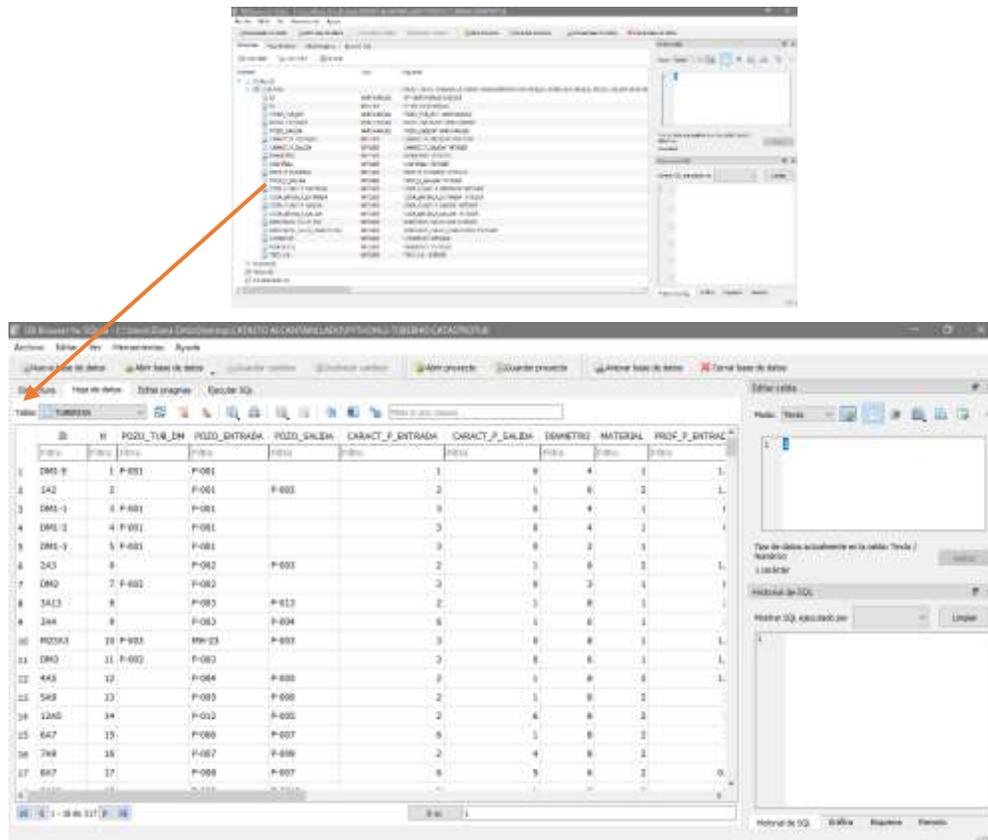


Ilustración 126. Estructura y Base de Datos Tuberías Sistema de Alcantarillado.

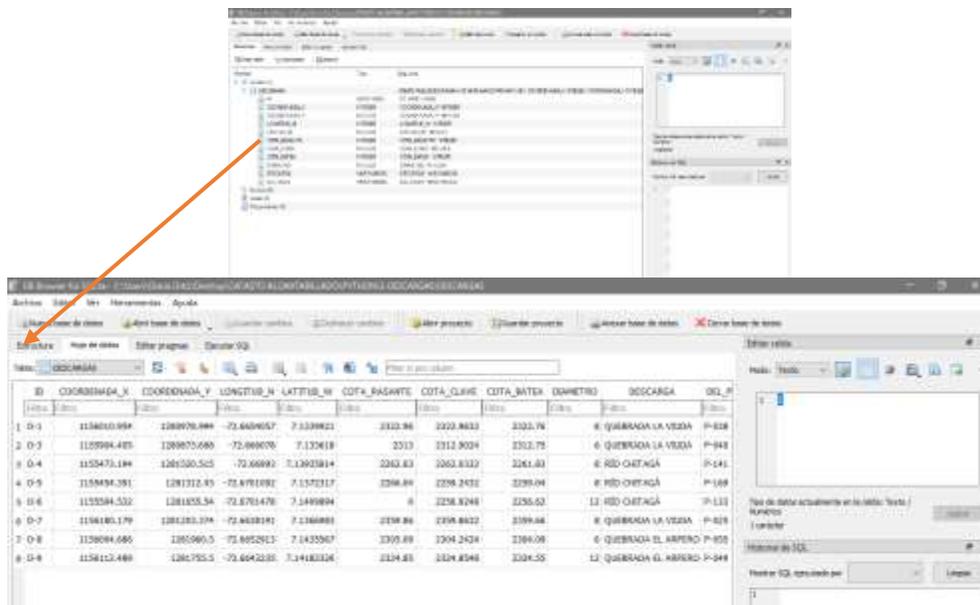


Ilustración 127. Estructura y Base de Datos Descargas Sistema de Alcantarillado

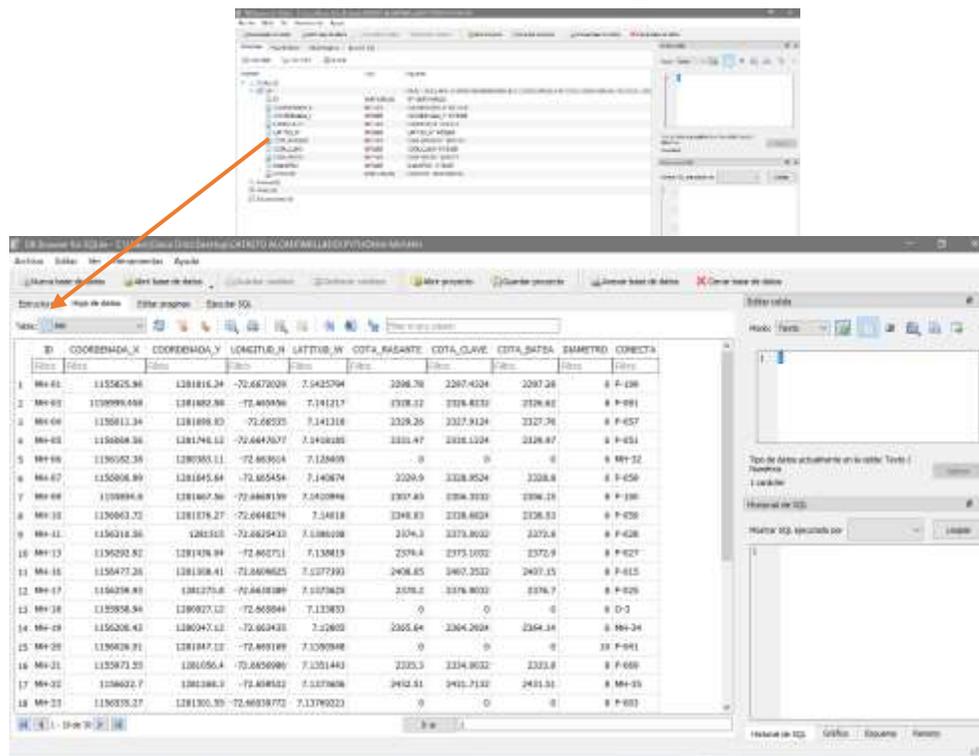


Ilustración 128. Estructura y Base de Datos MH Sistema de Alcantarillado



Ilustración 129. Estructura y Base de Datos Válvulas Sistema de Acueducto

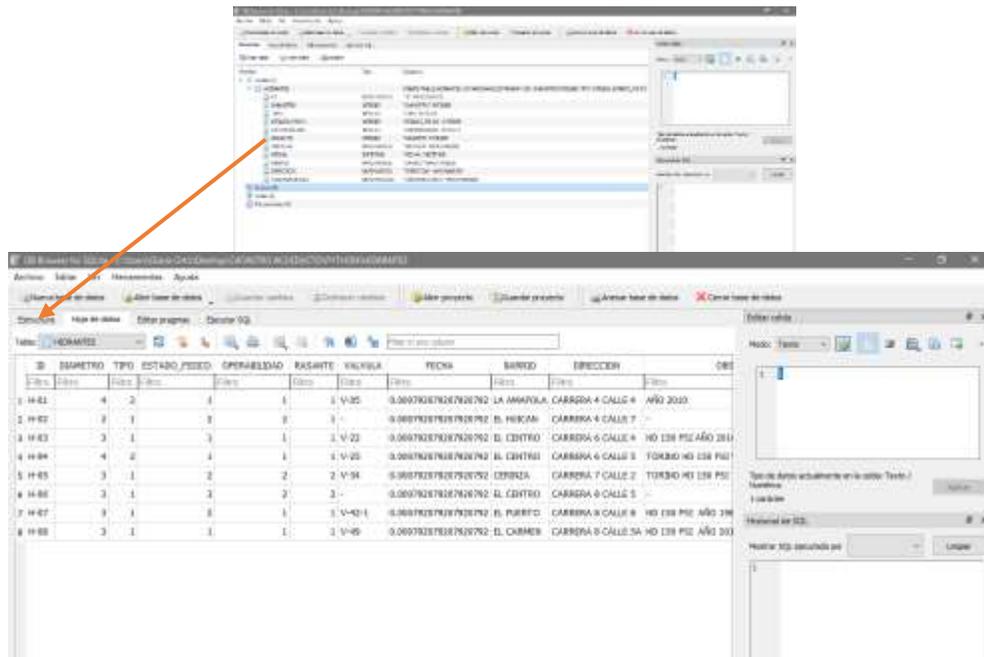


Ilustración 130. Estructura y Base de Datos Hidrantes Sistema de Acueducto

INTERFACES GRAFICAS

The screenshot shows a software window titled "CATALISTRO DE REDES DWTAGA - Sistema Orto-Central" with a menu bar containing "REDO", "BORRAR", "CRUD", "AYUDA", and "CONSULTAS". The main area is titled "RED DE ALCANTARILLADO TUBERIAS" and contains a form with the following fields:

- ID
- NI
- POZO TUBERIA DOMICILIARIA
- POZO DE ENTRADA
- POZO DE SALIDA
- CARACTERIZACION POZO ENTRADA
- CARACTERIZACION POZO SALIDA
- DIAMETRO
- MATERIAL
- PROFUNDIDAD POZO ENTRADA
- PROFUNDIDAD POZO SALIDA
- COTA CLAVE POZO ENTRADA
- COTA BATA POZO ENTRADA
- COTA CLAVE POZO SALIDA
- COTA BATA POZO SALIDA
- DIRECCION FLUJO DOMICILIARIA
- DIRECCION FLUJO COLECTORES
- LONGITUD
- PENDIENTE
- TIPO DE VIA

At the bottom of the form are four buttons: "Crear", "Leer", "Actualizar", and "Borrar".

Ilustración 131 Interfaz DEOC Tuberias Alcantarillado

The screenshot shows a software window titled "CATALISTRO DE REDES DWTAGA - Sistema Orto-Central" with a menu bar containing "REDO", "BORRAR", "CRUD", and "AYUDA". The main area is titled "RED DE ALCANTARILLADO DESCARGAS (Vertimientos)" and contains a form with the following fields:

- ID
- COORDENADA X
- COORDENADA Y
- LONGITUD
- LATITUD
- COTA BASANTE
- COTA CLAVE
- COTA BATA
- DIAMETRO
- FUENTE DE DESCARGA
- DEL POZO

At the bottom of the form are four buttons: "Crear", "Leer", "Actualizar", and "Borrar".

Ilustración 132 Interfaz DEOC Descargas



Ilustración 133 Interfaz DEOC MH

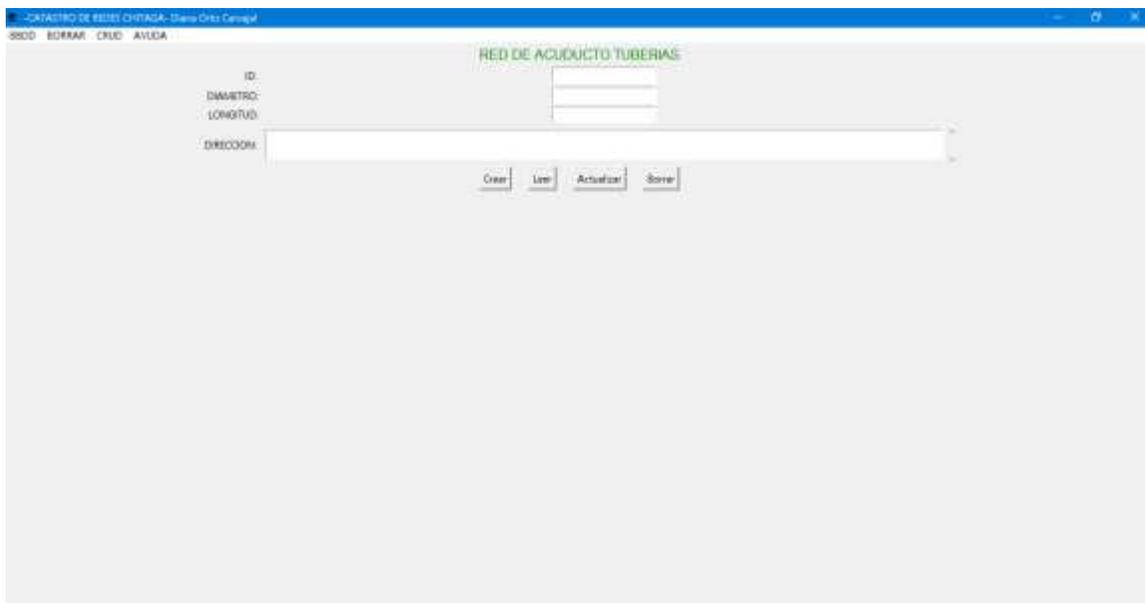


Ilustración 134 Interfaz DEOC Tuberías Acueducto

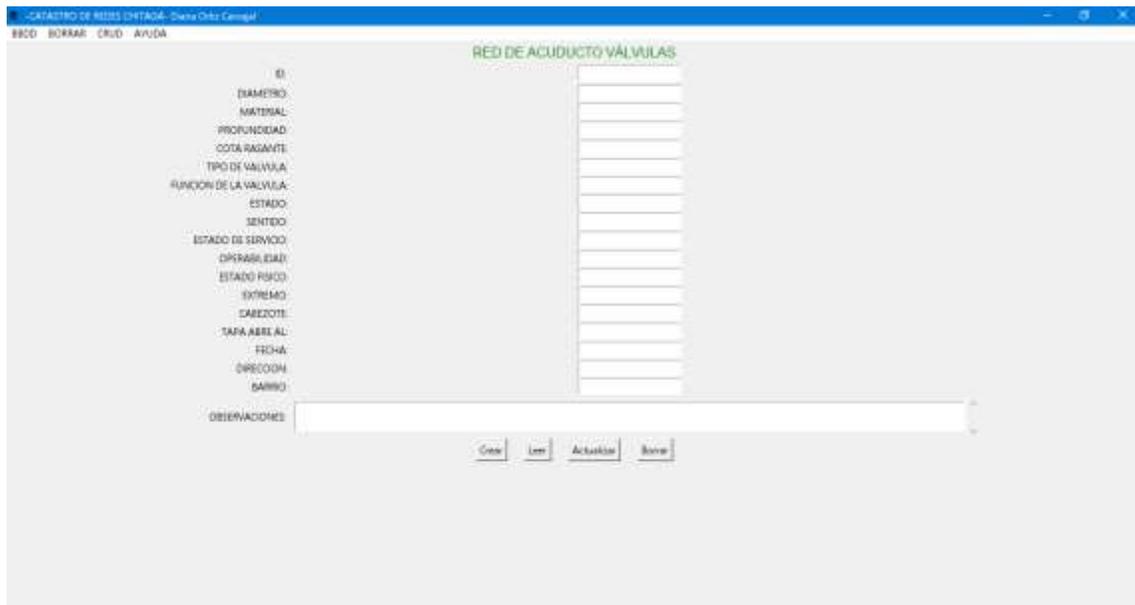


Ilustración 135 Interfaz DEOC Válvulas

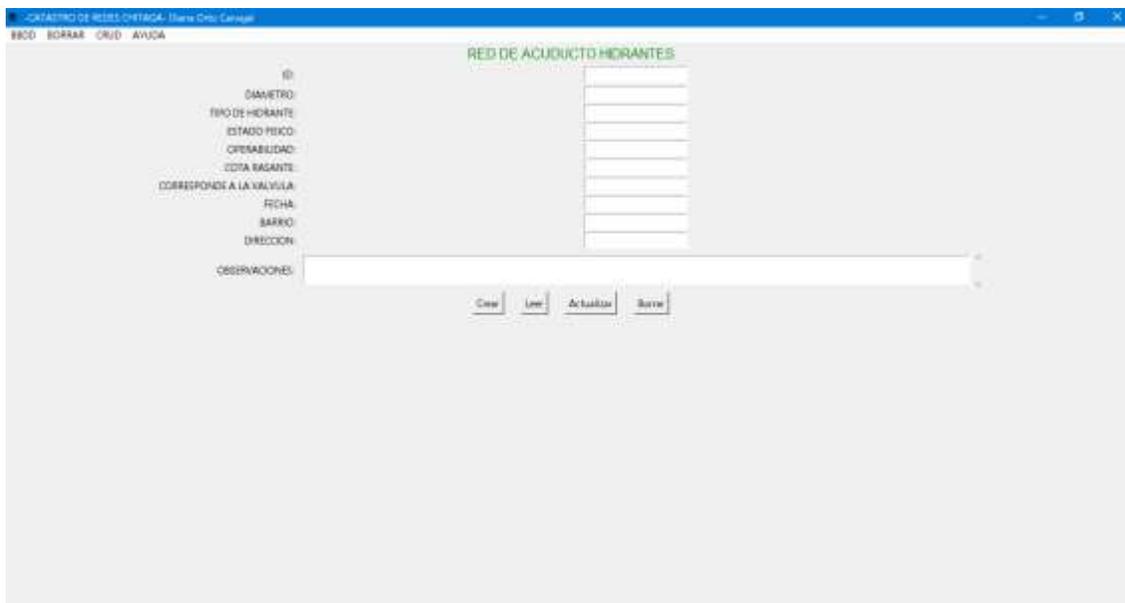


Ilustración 136 Interfaz DEOC Hidrantes