

**CATASTRO DEL ACUEDUCTO URBANO DE ORTEGA – TOLIMA,
EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**DANIEL FELIPE OLIVERA TORO
ING. AMBIENTAL Y SANITARIO**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

**CATASTRO DEL ACUEDUCTO URBANO DE ORTEGA – TOLIMA,
EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**DANIEL FELIPE OLIVERA TORO
ING. AMBIENTAL Y SANITARIO**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO OPCIÓN PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	13
1.1. DESCRIPCIÓN	13
1.2. DELIMITACIÓN.....	13
1.3. FORMULACIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1. ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	18
4.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	18
4.1.2. OBRAS DE CAPTACIÓN	18
4.1.3. OBRAS DE TRANSPORTE DEL AGUA.....	18
4.1.4. TRATAMIENTO DEL AGUA	18
4.1.5. ALMACENAMIENTO DE AGUA	19
4.1.6. DISTRIBUCIÓN	19
4.2. MUNICIPIO DE ORTEGA, TOLIMA	20
4.2.1. GENERALIDADES	20
4.2.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ORTEGA	21
4.3. CATASTRO DE REDES.....	21
4.5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	22
4.5.1. MODELO DE DATOS RASTER	22
4.5.2. MODELO DE DATOS VECTOR	23
4.5.3. BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	23
4.5.4. GEODATABASE PERSONAL	23
4.6. ANTECEDENTES	24
4.6.1. ANTECEDENTE 1	24

4.6.2. ANTECEDENTE 2	26
4.6.3. ANTECEDENTE 3	27
4.7. MARCO NORMATIVO	29
5. METODOLOGÍA	30
5.1. TIPO DE TRABAJO	30
5.2. PROCEDIMIENTO	30
5.2.1. FASE 1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..	30
5.2.2. FASE 2. VISITAS DE CAMPO A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	33
5.2.3. FASE 3. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	36
5.2.4. FASE 4. MATERIALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	40
6. RESULTADOS.....	42
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	42
6.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACUEDUCTO URBANO	42
6.1.2. CONSULTAS GRÁFICAS A LA GEODATABASE PERSONAL	42
6.1.3. GENERACIÓN DE MAPA BASE DEL CASCO URBANO DE ORTEGA	46
6.1.4. GENERACIÓN DEL PLANO MAESTRO DE LA RED DE ACUEDUCTO URBANO	47
6.1.5. ZONA I.....	48
6.1.6. ZONA II.....	49
6.1.7. ZONA III.....	50
6.1.8. ZONA IV	51
6.1.9. ZONA V	52
6.1.10. ZONA VI	53
6.1.11. ZONA VII	54
6.1.12. ZONA VIII	55
6.1.13. ZONA IX	56
6.1.14. ZONA X	57
6.1.15. ZONA XI	58

6.1.16. ZONA XII	59
6.1.17. CONVENCIONES DEL PROYECTO.....	60
6.1.18. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE TUBERÍAS.....	60
6.1.19. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE ACCESORIOS.....	60
6.1.20. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE VÁLVULAS	61
6.1.21. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE HIDRANTES.....	61
6.1.22. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE PILAS DE MUESTREO .	61
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de la cabecera municipal de Ortega tomada en el año 2002.....	14
Figura 2. Mapa veredal de Ortega.	20
Figura 3. Detalle red de acueducto zona urbana a diciembre de 2009.....	25
Figura 4. Concentración de estrato 3.....	26
Figura 5. Información del sistema de alcantarillado de Tame.....	27
Figura 6. Información del sistema de acueducto de Tame.	27
Figura 7. Simbología del catastro de agua potable de Cantón Paute, Ecuador.....	28
Figura 8. Modelo E/R del catastro de agua potable de Cantón Paute, Ecuador. ...	28
Figura 9. Catastro urbano de Ortega.	31
Figura 10. División político administrativa y límites de Ortega.	31
Figura 11. Plano de la red de acueducto de Ortega.	32
Figura 12. Plano del acueducto de Ortega – 2014.....	32
Figura 13. Plano acueducto de Ortega – 2011.	33
Figura 14. Tanque elevado de compensación.	35
Figura 15. Caja de protección de válvula.....	35
Figura 16. Válvula de ventosa de la red de distribución.....	35
Figura 17. Válvula de corte de la red de distribución.	35
Figura 18. Hidrante y válvula auxiliar de hidrante.	35
Figura 19. Pila de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua.	35
Figura 20. Entidades y atributos del proyecto.....	36
Figura 21. Dominios del proyecto de catastro de Ortega.....	38
Figura 22. Detalle gráfico de la geodatabase, ejemplo: pilas de muestreo.....	39

Figura 23. Datos importados a la geodatabase personal del acueducto de Ortega.	40
Figura 24. Características técnicas de los tramos de tubería de acueducto de Ortega.	42
Figura 25. Consulta longitud total de la red de distribución.	43
Figura 26. Consulta diámetros de la red terciaria.	43
Figura 27. Consulta número de ventosa en la red.	44
Figura 28. Consulta número de taponos en la red de distribución.	44
Figura 29. Consulta número de hidrantes.	45
Figura 30. Consulta número de pilas de muestreo.	45
Figura 31. Mapa base de Ortega corregido.	46
Figura 32. Plano maestro de la red de acueducto urbano de Ortega.	47
Figura 33. Acueducto urbano de Ortega - Zona I.	48
Figura 34. Acueducto urbano de Ortega - Zona II.	49
Figura 35. Acueducto urbano de Ortega - Zona III.	50
Figura 36. Acueducto urbano de Ortega - Zona IV.	51
Figura 37. Acueducto urbano de Ortega - Zona V.	52
Figura 38. Acueducto urbano de Ortega - Zona VI.	53
Figura 39. Acueducto urbano de Ortega - Zona VII.	54
Figura 40. Acueducto urbano de Ortega - Zona VIII.	55
Figura 41. Acueducto urbano de Ortega - Zona IX.	56
Figura 42. Acueducto urbano de Ortega - Zona X.	57
Figura 43. Acueducto urbano de Ortega - Zona XI.	58
Figura 44. Acueducto urbano de Ortega - Zona XII.	59
Figura 45. Convenciones del catastro de acueducto urbano de Ortega.	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco normativo del proyecto de catastro en Ortega.	29
Tabla 2. Identificación de características y detalles técnicos de los elementos que conforman la red de distribución del municipio de Ortega.	35
Tabla 3. Características del conjunto de tuberías del acueducto urbano de Ortega.	60
Tabla 4. Accesorios del acueducto urbano de Ortega.	61
Tabla 5. Válvulas del acueducto urbano de Ortega.	61
Tabla 6. Hidrantes del acueducto urbano de Ortega.	61
Tabla 7. Pilas de muestreo del acueducto urbano de Ortega.	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plano maestro del catastro de acueducto urbano de Ortega.

GLOSARIO

Accesorios: elementos componentes del sistema de tuberías, diferentes de ellas, tales como uniones, codos, tees, etc. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Acometida de acueducto: derivación de la red de distribución que se conecta al registro de corte del inmueble. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Aducción: componente que transporta agua cruda o sin tratamiento a flujo libre o a presión. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Almacenamiento: lugar donde se retiene un volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

ArcGIS: complejo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. (ESRI, 2017)

Bocatoma: estructura hidráulica que capta el agua de la fuente superficial para el sistema de acueducto. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Captación: conjunto de estructuras que captan el agua de una fuente de abastecimiento. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Catastro de redes: el catastro de la red de distribución de agua potable es un sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada y relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y cualquier accesorio o complemento que este incorporado. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

Conducción: componente que transporta agua potable, a flujo libre o a presión. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Cota batea: nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Cota clave: nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Fontanero: persona especializada en la instalación, mantenimiento y reparación de las conducciones de agua. (Real Academia Española, 2017)

Geodatabase de archivos: es una colección de archivos en una carpeta en el disco que puede almacenar, consultar y administrar datos espaciales y datos no espaciales. Su tamaño máximo predeterminado es de 1 TB, pero puede llegar a tener un tamaño máximo de 256 TB. (ESRI, 2017)

Geodatabase personal: es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos espaciales como datos no espaciales. Estas bases de datos tienen un tamaño máximo de 2 GB (gigabytes), solo puede ser editada por un usuario a la vez y se crea en ArcGIS. (ESRI, 2017)

Geodatabase corporativa o multiusuario: colección de datos alojados como tablas en una base de datos relacional, puede no tener límite de tamaño y de cantidad de usuarios. Se almacenan en bases de datos relacionales con Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, entre otros. (ESRI, 2017)

Georreferenciar (referenciación): acción de ubicar uno o varios puntos a partir de un grupo de puntos semejantes previamente localizados. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Macromedidor: aparato utilizado para medir grandes caudales en puntos específicos del sistema de acueducto. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

MAGNA-SIRGAS: Marco Geocéntrico Nacional de referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Micromedición: sistema de medición del caudal de agua que consumo cada suscriptor del acueducto en un periodo determinado. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Persona prestadora del servicio: aquellas que prestan algún servicio conforme a la Ley 142 de 1994 o aquella que modifique, adicione o sustituya. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Plan de ordenamiento territorial: conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP): conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad de agua potable. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Pozo de succión: estructura que contiene agua y es extraída por bombeo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Presión de trabajo: presión a la cual la tubería debería trabajar a lo largo de su vida útil. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Profundidad: diferencia de nivel entre la superficie del terreno o la rasante y la cota clave de la tubería. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Red de distribución: conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Red matriz: parte de la red de distribución que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Reposición: reemplazo de un activo que por sus condiciones ya no es apto para cumplir a cabalidad con su función, bien por que agotó su vida útil o no es eficiente en su operación. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Sectorización: división de una red de distribución en varios sectores hidráulicos, con puntos definidos de entrada de agua, independiente, optimizando la operación del sistema. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Servicio público domiciliario de acueducto: es la distribución municipal de agua apta para consumo humano, incluida su conexión y medición. También hacen parte las actividades de captación de agua, aducción, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución. (El Congreso de Colombia, 1994)

Sistema de información geográfico (SIG): sistema que permite relacionar una base de datos georreferenciada y así poder generar mapas con la información disponible del proyecto. Permite obtener planos rápidamente de las tuberías de acuerdo a su rugosidad, pérdidas menores, edad, diámetro o caudal, entre otros. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Tanque de almacenamiento: depósito de agua en un sistema de acueducto para suplir las demandas en momentos picos. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Usuario: persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público. (El Congreso de Colombia, 1994)

RESUMEN

El presente trabajo consiste la realización de un catastro de la red del acueducto urbano del municipio de Ortega, incorporándolo dentro de una base de datos geográfica. Desarrollado en cuatro fases, iniciando con una fase exploratoria, donde se compila, se analiza y selecciona la información requerida. Posteriormente, se hacen algunas visitas de campo para verificar los datos y contrastar con la información obtenida en la primera fase. Finalmente se procesa la información con ayuda de la aplicación SIG: ArcGIS, y Microsoft Excel, para ser incorporada en una personal geodatabase y se ostenta mediante un plano maestro de las redes de acueducto del municipio con los detalles técnicos más relevantes.

Con el catastro de redes, se logra cuantificar un total 17.38 Km de tuberías de diámetros entre 10 pulgadas y 1 pulgada, que se encargan de suministrar el agua hacia los diferentes barrios del municipio de Ortega. Además de un total de 207 accesorios, 67 válvulas, 20 hidrantes y 3 pilas de muestreo para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano.

Por otro lado, el presente proyecto careció de medios para corroborar lo proporcionado por las diferentes fuentes de información, tales como apiques o georreferenciación de componentes con equipos de precisión. Se encontraron varias dudas e inconsistencias que tuvieron que ser resueltas por el personal de fontanería con mayor experiencia y conocimiento en el tema. Por lo tanto, se concluyó que no es apropiado el uso de esta información para la ubicación exacta de los objetos que allí se representan.

PALABRAS CLAVES: Ortega, catastro de redes, SIG, acueducto.

ABSTRACT

The present work consists of the realization of a cadaster of the urban aqueduct network from the municipality of Ortega, incorporating it into a geographic database. Developed in four phases, starting with an exploratory phase, where the required information is compiled, analyzed and selected. Subsequently, some field visits are made to verify the data and contrasting with the information obtained in the first phase. Finally, the information is processed with the help of the GIS application: ArcGIS, and Microsoft Excel, to be incorporated into a personal geodatabase and held by a master plan of the aqueduct networks of the municipality with the most relevant technical details.

With the cadaster of networks, it is possible to quantify a total of 17.38 Km of pipes with diameters among 10 inches and 1 inch, which are responsible for supplying the water to the different neighborhoods from the municipality of Ortega. In addition to a total of 207 accessories, 67 valves, 20 hydrants and 3 sampling piles for the monitoring and control of water quality for human consumption.

On the other hand, the present project lacked means to corroborate the information provided by the different sources of information, such as test pits or georeferencing of components with precision equipment. Several doubts and inconsistencies were found that had to be resolved by the plumbing staff with more experience and knowledge in the subject. Therefore, it was concluded that using this information is not appropriate for the exact location of the objects represented therein.

KEY WORDS: Ortega, cadaster of networks, GIS, aqueduct.

INTRODUCCIÓN

El servicio público domiciliario de acueducto se define como el servicio municipal de captación, tratamiento, almacenamiento, transporte y distribución de agua apta para consumo humano a los diferentes consumidores. Es competencia de cada municipio asegurar que se preste dicho servicio de forma correcta y eficiente a sus habitantes. Asimismo, la Constitución Política de Colombia establece en su artículo 366 que: es finalidad del estado la solución de las necesidades insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento ambiental.

El acueducto de Ortega ha sido operado por la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ortega – EMPORTEGA E.S.P. por más de veinte (20) años. Sin embargo, los frecuentes cambios de dirigentes y equipos de trabajo en la empresa, el uso de información analógica que reposa en archivos olvidados, entre otros, han dejado vacíos de información a través del tiempo sobre los sistemas operados, que incluso al día de hoy no se han podido subsanar. Por ejemplo, el desconocimiento del trazado de las redes de acueducto municipal, sus diámetros, profundidades de instalación han generado constantes inconvenientes en las obras que se realizan en el municipio, ya sea porque los equipos y maquinarias perforan la tubería o por cierres de válvulas innecesarios que afectan a los usuarios.

El Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, obliga a las empresas prestadoras del servicio de acueducto a referenciar sus componentes y a mantener el catastro de redes actualizado con los diferentes detalles técnicos necesarios para operar de manera correcta y eficiente el sistema.

La implementación de una base de datos geográfica para las redes de acueducto, permite un análisis rápido de la información, mejorando tiempos de respuesta para la atención de fugas y labores de mantenimiento, permite tener un inventario actualizado del sistema de acueducto urbano, cuantificar los activos físicos de la empresa, conocer la concentración de usuarios en los diferentes estratos socioeconómicos y contar con un insumo muy valioso para proyectos de inversión.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN

El servicio de acueducto prestado por la empresa de servicios públicos domiciliarios de Ortega – EMPORTEGA E.S.P, demanda una gran cantidad de recursos con el fin de garantizar condiciones aceptables de calidad y cantidad. Para garantizar dichas condiciones, se debe contar con una infraestructura sólida de bocatomas, líneas de aducción, líneas de conducción, plantas de tratamiento de agua potable – PTAP, tanques de almacenamiento y redes de distribución. (López Cualla, 2003)

Hoy en día, EMPORTEGA E.S.P no tiene un catastro de redes que permita identificar y ubicar de forma rápida y precisa los elementos que constituyen el acueducto urbano. Por el contrario, el acueducto es operado por personal: coordinador de unidad operativa y fontaneros, que llevan bastante tiempo en la empresa y tienen el conocimiento de cómo funciona el sistema. Pero, no llevan un registro, no alimentan una base de datos con información inherente a la red, peor aún, no cuentan con un inventario de activos físicos. Por tanto, un catastro de redes se vuelve de suma importancia para registrar y archivar información georreferenciada con todos los detalles técnicos de: tuberías, accesorios, diámetros, tipo de material, hidrantes y demás complementos que se encuentran instalados. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

Es importante resaltar, que la red de acueducto urbano a la que hace referencia el presente informe, está constituida únicamente por la red de distribución, la cual a su vez representa al conjunto de tuberías encargadas de suministrar el agua desde un punto de entrada en la cabecera municipal, hasta las diferentes zonas donde se encuentran los suscriptores o usuarios del servicio. (López Cualla, 2003)

1.2. DELIMITACIÓN

El catastro del sistema de acueducto se realizó para la cabecera municipal de Ortega (Tolima). En la Figura 1, se puede ver la zona de influencia directa del proyecto.

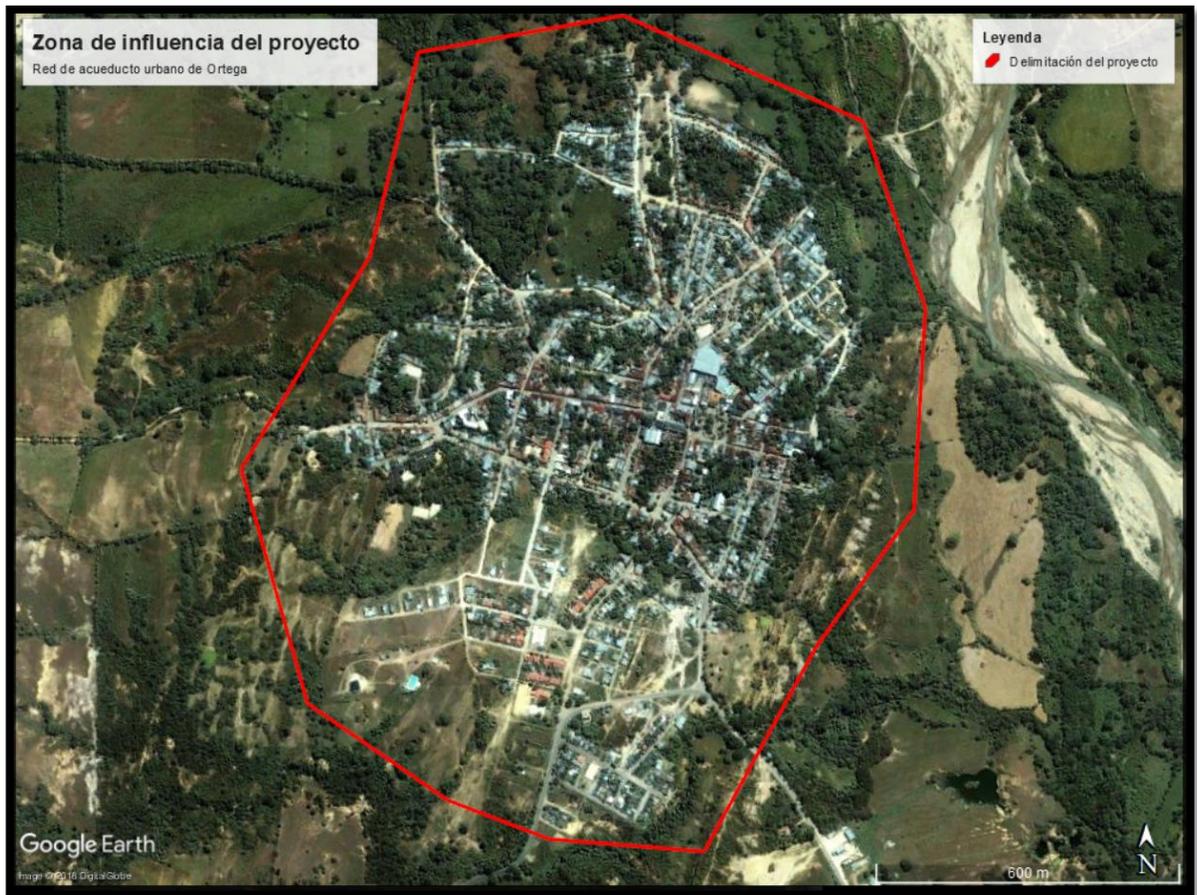


Figura 1. Imagen satelital de la cabecera municipal de Ortega tomada en el año 2002.

Fuente: (GOOGLE, 2002).

1.3. FORMULACIÓN

El proyecto permitirá responder a los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo realizar un catastro de redes mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica – SIG?
- ¿Cuáles son los detalles técnicos de los elementos que componen el sistema de acueducto urbano de Ortega (Tolima)?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el catastro del acueducto urbano de Ortega – Tolima, empleando Sistemas de Información Geográfica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los componentes del sistema de acueducto urbano.
- Construir la base de datos geográfica del acueducto urbano.
- Representar en mapas temáticos los elementos que componen la red de acueducto urbano.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en el municipio de Ortega, no se cuenta con un catastro de redes de acueducto urbano que permita a los funcionarios de la empresa de servicios públicos (EMPORTEGA E.S.P), reconocer y ubicar de forma detallada y ágil elementos como: tuberías, codos, uniones, válvulas y demás componentes de la red. Disponer de un catastro, facilita a la empresa prestadora el conocimiento, planeación y operatividad del servicio de acueducto.

Contar con un catastro de redes de acueducto, permite a la empresa gozar de una visión panorámica del área urbana del municipio mediante un mapa maestro a escala no mayor a 1:5000, el cual a su vez se encarga de destacar aspectos urbanísticos como: calles, carreras, parques, zonas de mercado, áreas residenciales y por supuesto, el trazado de la red. También, la construcción de mapas zonales en donde se representen con mayor detalle las tuberías y demás accesorios. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

Además, la materialización de este instrumento permitirá obtener beneficios tales como:

- ✓ Panorama general y actualizado de la red de acueducto municipal.
- ✓ Eliminar el desconocimiento que tiene el personal interno y externo de la empresa sobre el recorrido de la red dentro del perímetro urbano.
- ✓ Controlar eficientemente el porcentaje de pérdidas de agua potable debido a fugas, roturas, entre otros.
- ✓ Conocer detalles técnicos de los elementos de la red.
- ✓ Ejecutar maniobras de operación y control con seguridad y exactitud, basándose en el conocimiento puntual de la ubicación y condiciones técnicas de cada elemento de la red.
- ✓ Reducción de tiempos en términos operacionales de fontaneros.
- ✓ Operación eficiente del sistema de tuberías que abastece al municipio.
- ✓ Mejorar el servicio en términos de cantidad y calidad de agua.
- ✓ La información será documentada y archivada, por tanto, estará disponible en todo momento para el personal de la empresa (gerente, coordinador de área operativa, fontaneros y demás).
- ✓ Servir como instrumento de análisis, evaluación, formulación y desarrollo empresarial de la empresa de servicios públicos domiciliarios – EMPORTEGA E.S.P. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)
- ✓ Servir como instrumento de apoyo para la elaboración de los planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

La aplicación de un Sistema de Información Geográfica – SIG permite capturar, analizar, sintetizar, manipular, administrar y visualizar eficientemente toda la

información que se requiere en la elaboración del catastro de la red de acueducto urbano.

Por último pero no menos importante, el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017 ordena realizar la descripción de la infraestructura existente del sistema, para este caso, un catastro de redes actualizado que incluya un inventario de tuberías existente, su localización y el mayor número posible de detalles técnicos de los accesorios, sin olvidar válvulas e hidrantes. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4. MARCO TEÓRICO

4.1. ABASTECIMIENTO DE AGUA

Conjunto de obras y/o actividades que se encargan de llevar el agua a la comunidad o punto de interés. Cualquier sistema de abastecimiento tiene los siguientes elementos: fuente de abastecimiento, obras de captación, obras de transporte, tratamiento del agua, almacenamiento y distribución. (López Cualla, 2003)

4.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Son aquellas de carácter superficial como ríos, lagos, embalses o agua lluvia, o de carácter subterráneo. La elección del tipo de fuente depende de la calidad, cantidad y localización de la misma. (López Cualla, 2003)

4.1.2. OBRAS DE CAPTACIÓN

Son aquellas que se encargan de captar el agua de la fuente de abastecimiento. Generalmente, la captación en aguas superficiales se hace a través de bocatomas y de aguas subterráneas a través de pozos. (López Cualla, 2003)

4.1.3. OBRAS DE TRANSPORTE DEL AGUA

En el caso del transporte del agua, el término adecuado depende del tipo de fluido. Cuando se realiza el transporte de agua cruda o sin tratamiento, se habla de aducción. Cuando el agua ya ha pasado por un tratamiento, se le llama conducción.

Por otra parte, dependiendo de las condiciones topográficas, el transporte de agua se puede realizar por canales o conductos cerrados como tuberías, aprovechando la acción de la gravedad o por bombeo. Sin embargo, para evitar la contaminación del agua en la conducción (agua tratada) se prefiere por la utilización de tubería a presión. (López Cualla, 2003)

4.1.4. TRATAMIENTO DEL AGUA

Conjunto de obras y actividades que se encargan de remover diferentes elementos patógenos para la población abastecida. El tratamiento es necesario para que el agua sea apta para consumo humano. Por ejemplo, la cloración es un proceso del tratamiento que permite eliminar microorganismos causantes de enfermedades y mantener el agua libre de ellos. (López Cualla, 2003)

4.1.5. ALMACENAMIENTO DE AGUA

Son estructuras que permiten retener el líquido para mantener presiones sobre la red y para atender periodos en que la demanda sea mayor que el suministro. (López Cualla, 2003)

4.1.6. DISTRIBUCIÓN

Es la actividad de llevar el agua hasta los diferentes consumidores. Por ejemplo, puede hacerse por medio de pilas públicas o por medios complejos como redes de distribución (conjunto de tuberías) que se encargan de llevar a cada predio o domicilio. (López Cualla, 2003)

También se puede definir como el conjunto de tuberías que se encargan de suministrar agua potable a los diferentes usuarios de un acueducto en términos aceptables de calidad y cantidad. La red de distribución se conforma de los siguientes componentes:

- Línea matriz: conjunto de tuberías que conecta el tanque de almacenamiento con un punto de entrada a la red. (López Cualla, 2003)
- Red principal o matriz: conjunto de tuberías con diámetro mayor a 12 pulgadas. Se encarga de llevar el agua a las diferentes zonas de la población y sobre la cual recae la modelación hidráulica para garantizar caudal y presión exigida por norma. En poblaciones menores de 60.000 habitantes, no existe esta red, pues la secundaria hace sus veces. (López Cualla, 2003)
- Red secundaria: conjunto de tuberías de diámetros menores de 12 pulgadas y mayores o iguales a 4 pulgadas. (López Cualla, 2003)
- Red terciaria o menor: conjunto de tuberías alimentado por la red secundaria y con diámetros iguales o menores de 3 pulgadas mayores o iguales a 1 ½ pulgadas. (López Cualla, 2003)
- Acometida domiciliaria: es la conexión que se hace desde la red menor hasta el predio. Los diámetros van desde ½ pulgada hasta 3 pulgadas generalmente. Sin embargo, este último depende de las necesidades y tipo de usuario. (López Cualla, 2003).
- Línea lateral: conjunto de tuberías encargada de llevar el agua a hidrantes, pilas públicas, pilas de muestreo de agua. (IDECA, 2017)

➤ Accesorios:

Son aquellos complementos de la red que permiten que esta misma funcione correctamente. Allí podemos encontrar: uniones, codos, tees, reducciones, anclajes, válvulas, hidrantes, entre otros. (López Cualla, 2003)

Válvulas de corte: permiten aislar sectores en caso de emergencias.

Válvula de purga: permite labores de mantenimiento del sistema y descarga a la red de alcantarillado. (López Cualla, 2003)

Válvula de ventosa: permite la remoción de aire que puede impedir el tránsito normal del agua dentro de la tubería. (López Cualla, 2003)

Hidrante: accesorio utilizado para obtener agua a presión, atender incendios o abastecer de agua en bloque. (López Cualla, 2003)

4.2. MUNICIPIO DE ORTEGA, TOLIMA

4.2.1. GENERALIDADES

El Municipio de Ortega está situado al sur del Departamento del Tolima, recostado a las estribaciones orientales de la Cordillera Central e incluido en la subcuenca del Río Magdalena. Coordenadas geográficas 4°07'26" N, 75°26'29" O; una altura media de 402 msnm y temperatura promedio de 26°C. Sus 945,93 kilómetros cuadrados están establecidos en el Gran Valle del Alto Magdalena; posee aproximadamente 4.81 kilómetros cuadrados en área urbana y 941,12 kilómetros cuadrados en zona rural. El área urbana está dividida por 15 barrios y el área rural por 123 veredas, 1 centro poblado y 31 caseríos. (Gobernación del Tolima, 2011)

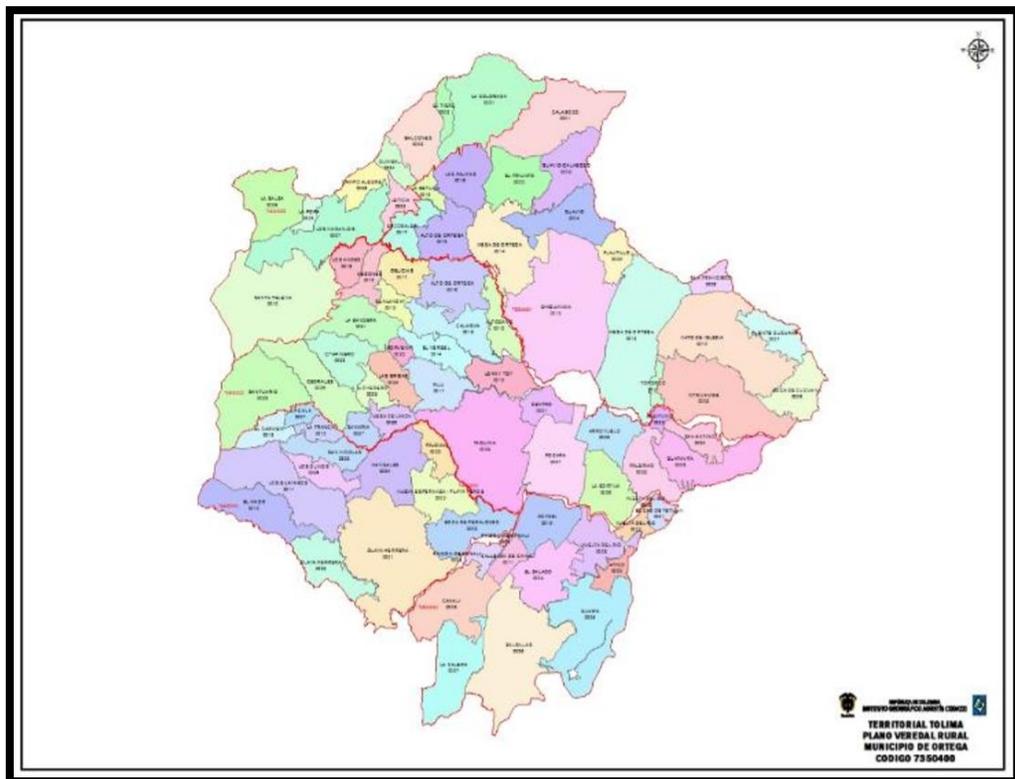


Figura 2. Mapa veredal de Ortega.
Fuente: (Gobernación del Tolima, 2011)

Los barrios del área urbana son: Caracolí, El Centro, La Vega, Los Alpes, Nicolás Ramírez, El Paraíso, La Esperanza, Nueva Granada, San Fernando, Villa Hermosa, Luis Carlos Galán, La Alameda, El Porvenir, Techitos y El Edén. (Gobernación del Tolima, 2011)

4.2.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ORTEGA

La cabecera municipal tuvo durante treinta (30) años el servicio por bombeo de aljibes, en la zona de amortiguación del río Ortega y cerca del perímetro urbano. Este abastecimiento contaba con tres (3) casetas, un (1) cuarto de máquinas, un (1) tanque elevado e infraestructura de distribución domiciliaria en acero galvanizado y asbesto cemento. Durante este tiempo el acueducto fue manejado por una junta administradora del municipio y luego por las Empresas Públicas del Tolima “EMPOLIMA”. Se inició la gestión para la construcción del acueducto por gravedad, materializándose el proyecto en 1992 y poniéndose en funcionamiento en 1994 bajo la administración de la Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios, adscrita a la Alcaldía Municipal. En 1997 se descentralizó y en 1998 empieza a funcionar como Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ortega – EMPORTEGA E.S.P. (Alcaldía Municipal de Ortega, 2001)

Este acueducto por gravedad cuenta con un sistema de captación convencional lateral que toma agua del río Anabá, la quebrada Anabacito y la quebrada Maco. Tiene una capacidad de 33 litros por segundo, cinco (5) operaciones para el tratamiento del agua y una red de distribución que se caracteriza por estar compuesta de tres materiales: Asbesto cemento, acero galvanizado y PVC. (Alcaldía Municipal de Ortega, 2001)

Los acueductos rurales se caracterizan por ser convencionales, no tener planta de tratamiento y tomar el agua de acuíferos que nacen en el mismo sector o zona, captan el agua y por gravedad la distribuyen a las familias utilizando manguera de polipropileno o tubería PVC. En épocas de verano se disminuye la capacidad de captación, viéndose obligado el usuario a buscar el líquido por otros medios. Los acueductos rurales referidos para el estudio son aquellos que tienen infraestructura de captación, conducción, desarenador, tanque de almacenamiento y distribución domiciliaria. Con base en estos parámetros el sector cuenta con trece (13) acueductos regionales y diecisiete (17) veredales con una cobertura de setenta (70) veredas. Como fuentes secundarias fueron inventariados ciento diecinueve (119) aljibes en la zona cálida. (Alcaldía Municipal de Ortega, 2001)

4.3. CATASTRO DE REDES

Es un sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada (fichas, planos, etc.) y relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y todo complemento importante que tenga incorporado la red. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

Se debe contar con un catastro de la red de acueducto actualizado que incluya un inventario de tuberías existentes, su localización y las especificaciones de cada componente. Además, se deben incluir las válvulas e hidrantes que formen parte de la red de distribución con todas sus especificaciones. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Son un conjunto de recursos que permiten procesar, almacenar, analizar y producir información de tipo espacial y alfanumérica. Constituida por el software, hardware, recursos humanos, procedimientos y los datos geográficos. Algunas de las funcionalidades que tienen los SIG son:

- Digitalización de mapas
- Edición de mapas
- Estructuración topológica
- Proyección de mapas
- Modelaciones superficiales

Los SIG son muy utilizados en áreas como: agricultura, uso del suelo, conservación, planificación urbana y rural, gestión forestal, gestión de recursos pesqueros, geología, arqueología, hidrología, servicios públicos, entre otros.

Los SIG se desenvuelven en toda clase de aspectos relacionados con la planificación y gestión territorial, tanto urbana como rural, de grandes y pequeñas zonas geográficas. También se aplica a la gestión catastral, explotación de recursos naturales, prevención de desastres, etc. Un SIG responde a las preguntas: ¿Qué hay?, ¿Dónde?, ¿Qué ha cambiado desde?, ¿Qué tipo de patrones existen?, ¿Qué pasa sí? (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002)

4.5.1. MODELO DE DATOS RASTER

Se basa en una matriz de celdas en filas y columnas, cada celda puede almacenar información de una variable (precipitación, temperatura). (Pucha Cofrep, y otros, 2017). En este modelo, el espacio geográfico es dividido en sectores de forma regular denominada comúnmente píxel. De esta forma se forma una malla coordinada de pixeles los cuales toman un valor representativo de su posición geográfica. Cuanto más pequeño sea el píxel, más precisa la información. Un modelo raster puede ser una imagen satelital, una imagen escaneada, una fotografía aérea. (Puerta Tuesta, Rengifo Trigozo, & Bravo Morales, 2011)

4.5.2. MODELO DE DATOS VECTOR

Es donde los objetos espaciales son representados con puntos, líneas y polígonos. Para este modelo se trabajan objetos discretos con entidades geométricas, suponiendo que sus características son constantes. (Pucha Cofrep, y otros, 2017)

4.5.3. BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para aplicaciones SIG. Se encarga de asociar los datos espaciales con sus respectivos atributos. (Puerta Tuesta, Rengifo Trigozo, & Bravo Morales, 2011)

- ArcGIS: es una aplicación SIG, el cual posee una interfaz gráfica de usuario, de manejo sencillo con el ratón, posibilita cargar fácilmente datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas. (Puerta Tuesta, Rengifo Trigozo, & Bravo Morales, 2011)
- Geodatabase de ArcGIS: colección de conjuntos de datos geográficos de varios tipos, contenidos en una carpeta de sistemas de archivo común (File geodatabase), una base de datos de Microsoft Access (Personal geodatabase) o una base de datos relacional multiusuario (DBMS) (por ejemplo ORACLE, PostgreSQL). (ESRI, 2017)

4.5.4. GEODATABASE PERSONAL

Es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos espaciales como datos no espaciales. Estas bases de datos tienen un tamaño máximo de 2 GB (gigabytes), solo puede ser editada por un usuario a la vez y se crea en ArcGIS. Los datos almacenados pueden ser de tipo: 1. Conjunto de datos de entidades (Feature Dataset), 2. Clase de entidad (Feature Class), 3. Tabla (Table), 4. Catálogo de raster (Raster Catalog), 5. Conjunto de datos raster (Raster Dataset), 6. Conjunto de datos de mosaico (Mosaic Dataset), 7. Conjunto de datos esquemáticos (Schematic Dataset) y 8. Caja de herramientas (Toolbox). (ESRI, 2017)

- Clases de entidad (Feature Class): es una colección de entidades geográficas que comparten el mismo tipo de geometría, por ejemplo, puntos, líneas o polígonos. (ESRI, 2017)
- Conjunto de datos de entidades (Feature Dataset): colección de clases de entidad (Feature Class) que comparten un sistema de coordenadas en común. Se utilizan para integrar espacial o temáticamente clases de entidad

relacionadas. El propósito de organizar las clases de entidad para poder generar una topología, red geométrica, entre otras. (ESRI, 2017)

- Dominios: son reglas que describen los valores legales de un tipo de campo. Se utilizar para limitar los valores permitidos en cualquier atributo concreto de una tabla o clase de entidad. Si las entidades de una clase de entidad o los objetos no espaciales de una tabla han agrupado en subtipos, se pueden asignar diferentes dominios de atributo a cada uno de los subtipos. (ESRI, 2017)
- Subtipos: son un subconjunto de entidades de una clase de entidad u objetos de una tabla, que comparten los mismos atributos. Se utiliza como método para categorizar los datos. (ESRI, 2017)
- Topología: es una colección de reglas que permite a las geodatabases modelar relaciones geométricas con mayor precisión. Las entidades que participan en una topología siguen siendo clases de entidad simples; lo que hace la topología es describir cómo las entidades se pueden relacionar espacialmente. La topología ayuda a garantizar la integridad de los datos. (ESRI, 2017)

4.6. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan algunos documentos, relacionados con el proyecto: *“Catastro de la red de acueducto urbano del municipio de Ortega (Tolima) mediante el uso de SIG”*. Vale la pena mencionar que los estudios citados en este numeral, sirven de referencia para el correcto desarrollo de este trabajo.

4.6.1. ANTECEDENTE 1

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

La inclusión del SIG en esta empresa a finales del siglo veinte, le ha permitido manejar un flujo de información enorme, pues el nivel de complejidad del sistema obliga a realizar operaciones de forma eficiente y rápida. Según datos de la empresa, el sistema de acueducto se abastece de dos cuencas hidrográficas (río Blanco y río Chinchiná) con sus respectivas áreas de conservación y reforestación, alrededor de 5.255 Ha. Con ayuda de 11 bocatomas y 29.16 Km de aducciones que se encargan de llevar el agua a las plantas de tratamiento Luis Prieto Gómez I y II y la planta de Niza, las cuales tienen capacidad instalada de 1.466 LPS y 600 LPS respectivamente. Posteriormente, la empresa lleva el agua potable a cada uno de los hogares de la ciudad con sus más de 554 Km de redes en el área urbana y 275 Km en área rural. Además, para complementar el sistema, se les suma 38 tanques

de almacenamiento en la zona urbana y 17 en la zona rural, 919 hidrantes, 668 válvulas de control, 4.753 válvulas del sistema y alrededor de 109 mil usuarios.

Con este nuevo sistema de administración de información, se solucionaron muchos inconvenientes por la falta de información oportuna, confiable y en tiempo real para la toma de decisiones en la operación diaria de los sistemas de acueducto y alcantarillado. Los softwares utilizados por la empresa son ArcGIS y manejadores de bases de datos como SQLServer y ORACLE. Algunos de los datos que permitieron identificar la inclusión de estas aplicaciones se muestran en la Figura 3 y Figura 4 a continuación:

Diámetro	Longitud (m)	Diámetro	Longitud (m)	Material	Longitud (m)
1/2"	3.678,7	200 mm	4.528,1	AC	95.319,6
3/4"	1.417,2	24"	476,9	ACERO	811,4
1"	15.333,4	25 mm	935,4	GRP	70,8
1-1/4"	208,2	250 mm	251,7	HD	1.552,6
1-1/2"	3.610,6	3"	224.146,0	HF	27.950,5
10"	8.755,7	315 mm	86,8	HG	19.642,3
110 mm	18.470,1	32 mm	967,4	PE	41.279,5
12"	2.687,7	4"	74.118,7	PVC	367.612,6
14"	5.862,3	50 mm	1.224,7	Total	554.239,3
15"	13,7	500 mm	70,8		
16"	844,5	6"	28.829,9		
16 mm	3.943,1	63 mm	2.507,0		
160 mm	1.516,1	8"	21.072,4		
2"	120.768,2	9"	871,1		
2-1/2"	193,9	90 mm	6.496,0		
20 mm	353,2	Total	554.239,3		

Figura 3. Detalle red de acueducto zona urbana a diciembre de 2009.
Fuente: (Giraldo Fadul, 2010).

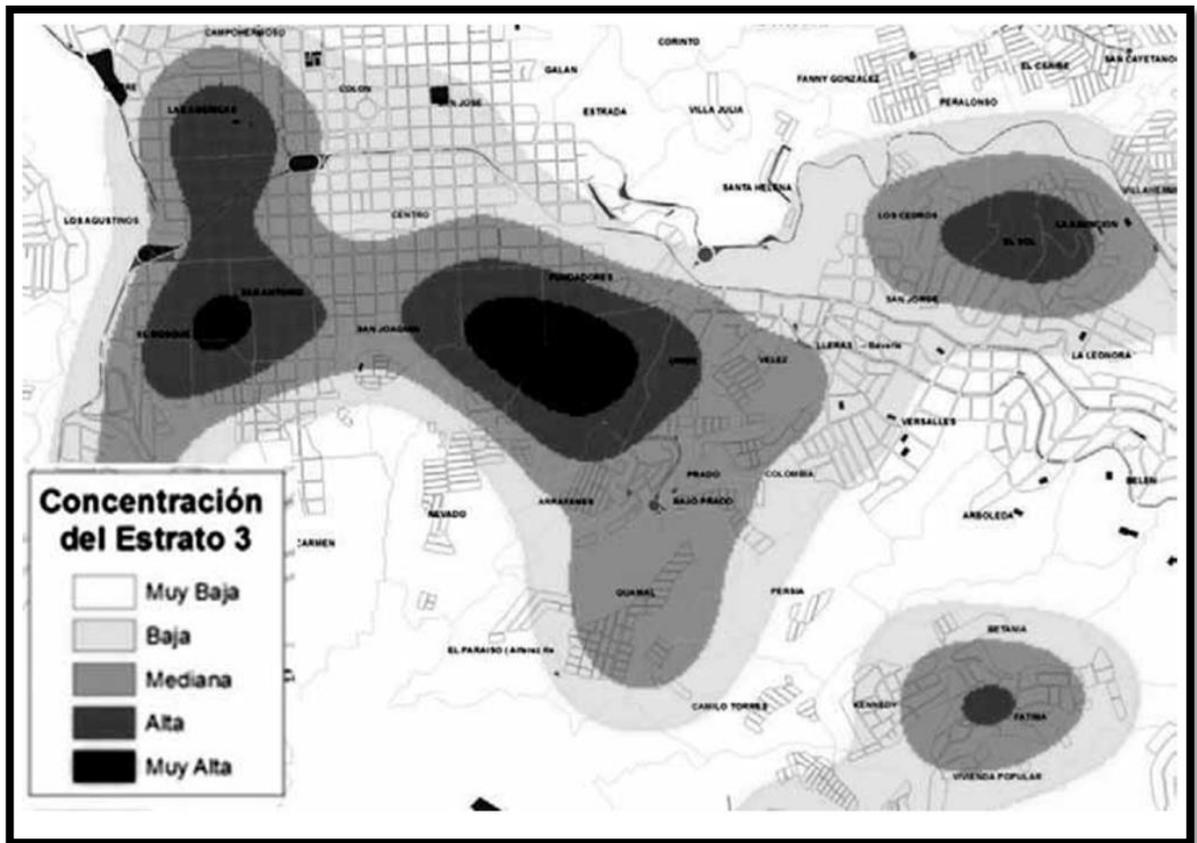


Figura 4. Concentración de estrato 3.
Fuente: (Giraldo Fadul, 2010).

4.6.2. ANTECEDENTE 2

Elaboración del catastro de redes de acueducto y alcantarillado en el municipio de Tame, departamento de Arauca.

Mediante un contrato de consultoría, la empresa de servicios públicos de Tame contrata la elaboración del catastro de redes del acueducto y alcantarillado de ese municipio. Para este proyecto fue necesaria la utilización de equipos topográficos de precisión para el levantamiento de información planimétrica, altimétrica y georreferenciación de las redes y demás complementos. Recopilación de información existente de la zona y realización de apiques para corroborar información a detalle. El procesamiento de la información se hizo con ayuda de softwares ArcGIS, InfoWater, InfoSewer y una base de datos en Microsoft Access. Gracias a esto, se lograron obtener los resultados plasmados en la Figura 5 y Figura 6.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO	
ALCANTARILLADO SANITARIO	
Longitud total de las redes de alcantarillado Sanitario:	116771,54m
Número total de cámaras de inspección:	1430 und
Número total de descargas:	5 und
Número total de aliviaderos:	1,00 und
Número total de cámaras iniciales:	159 und
Proceso de tratamiento:	Dos (2) Lagunas de Oxidación y una (1) planta de tratamiento de lodos activados.

Figura 5. Información del sistema de alcantarillado de Tame.
Fuente: (Ingenieros Consultores S.A.S., 2011).

SISTEMA DE ACUEDUCTO	
ELEMENTO	CANTIDAD
Longitud total de las redes	159,28 km
Válvulas Compuerta	273 und
Válvulas Ventosa	18 und
Válvulas Purga	66 und
Hidrantes	25 und
Tuberías	213 und

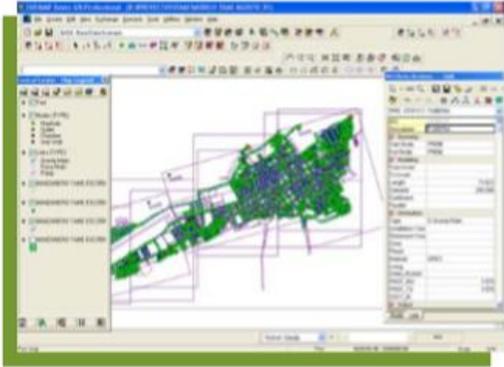


Figura 6. Información del sistema de acueducto de Tame.
Fuente: (Ingenieros Consultores S.A.S., 2011).

Finalmente, se concluye que con el catastro se mejoró la eficiencia en la operación de ambos sistemas, además de facilitar el desarrollo de valorización de activos de los sistemas de acueducto y alcantarillado y parámetros como el estado de las redes, valor de futuras reposiciones, entre otros. (Ingenieros Consultores S.A.S., 2011)

4.6.3. ANTECEDENTE 3

Sistemas de información geográfica aplicado al catastro de agua potable de Cantón Paute, Ecuador.

La inclusión de un SIG en este proyecto, permitió dar solución a la gestión de redes de agua potable de Cantón Paute, provincia de Azuay (Ecuador). Con ello se logró incorporar información exacta de los elementos que constituyen el sistema y descartar totalmente el uso de los catastros desactualizados hechos a papel. Los softwares utilizados allí son: “.NET”, Map Object de ESRI y Microsoft Access. Las

entidades gráficas empleadas en este proyecto son: tubería, tapones, válvulas, hidrantes y conectores. En la Figura 7 se ilustran los diferentes símbolos utilizados.

SIMBOLO	NOMBRE SIMBOLO	DESCRIPCION
	100_val_aislamiento	Válvula de control (aislamiento)
	100_val_air	Válvula de aire
	100_val_op	Válvula de operación o seccionamiento
	100_val_rom_pre	Válvula rompedora de presión
	100_Hid	Hidrante
	100_val_pur	Válvula de purga
	100_tap	Tapón
	100_red	Reductor
	100_uni	Unión
	100_est_bom	Estación de bombeo
	100_trp	Tanque rompe presión
	100_tan_res	Tanque de reserva
	100_pla_tra	Planta de tratamiento
	100_cap	Captacion

Figura 7. Simbología del catastro de agua potable de Cantón Paute, Ecuador.
Fuente: (López Espinoza, 2012).

Por otra parte, la Figura 8 muestra el diagrama Entidad-Relación o E/R de los datos espaciales.

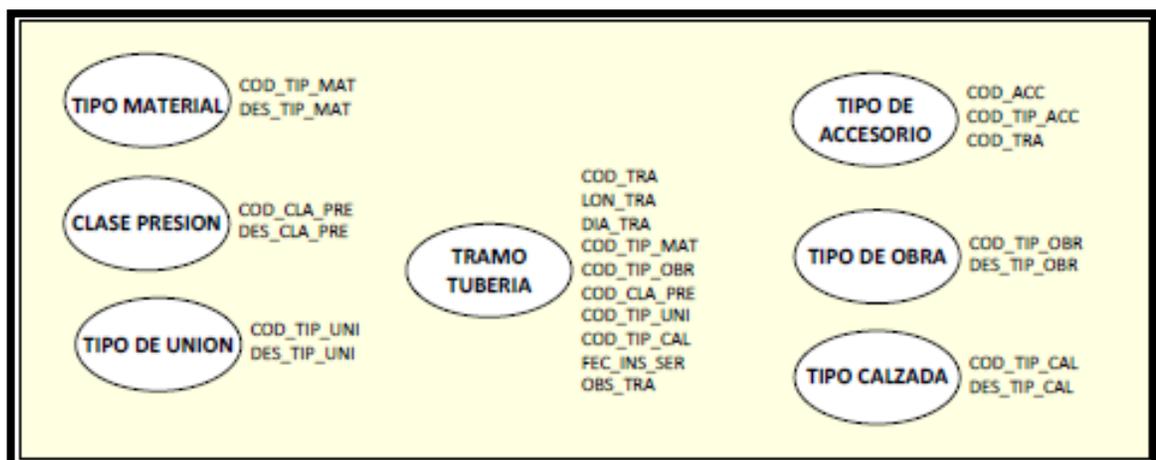


Figura 8. Modelo E/R del catastro de agua potable de Cantón Paute, Ecuador.
Fuente: (López Espinoza, 2012).

4.7. MARCO NORMATIVO

A continuación, la Tabla 1 presenta la normatividad aplicable al proyecto, dada por nivel jerárquico.

NORMA	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN CON EL PROYECTO
Resolución 0330 de 2017 (Junio 08)	El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017.	<p>Artículo 1. Esta resolución establece los requisitos técnicos que debe cumplir la infraestructura de los servicios públicos (Acueducto, Alcantarillado y Aseo) en sus diferentes etapas.</p> <p>Artículo 41. Se deben referenciar y registrar las características geográficas de todos los componentes del Acueducto, Alcantarillado y Aseo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Para trabajar información geográfica se deben seguir los lineamientos del CONPES 3585 de 2009. ➤ Se debe utilizar sistema de referencia MAGNA-SIRGAS adoptado para Colombia. <p>Artículo 42. Debe contarse con un catastro de la red actualizado que incluya un inventario de las tuberías existentes, su localización y las características de cada accesorio que se considere estratégico. Además se deben incluir válvulas e hidrantes que conformen la red de distribución.</p>
CONPES 3585 de 2009 (Febrero 16)	El Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES aprueba el documento de consolidación de la política nacional de información geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE.	<p>Anexo A. Las empresas de servicios públicos tienen la responsabilidad de la generación de información geográfica en cuanto a la temática de suministro de agua potable y disposición de aguas de desecho.</p>

Tabla 1. Marco normativo del proyecto de catastro en Ortega.

Fuente: Autor, 2017.

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE TRABAJO

El presente trabajo se plantea como un desarrollo tecnológico, puesto que consiste en el uso de saberes científicos existentes para la producción de un nuevo producto o servicio. Al mismo tiempo, el área geográfica de interés carece de conocimientos en el tema de catastros de redes y del uso de SIG para la administración de la información y la toma de decisiones.

5.2. PROCEDIMIENTO

5.2.1. FASE 1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- ❖ Compilar información concreta del municipio de Ortega: información cartográfica análoga y digital, plan básico de ordenamiento territorial, plan maestro de acueducto y alcantarillado, manual de procedimientos del acueducto de EMPORTEGA E.S.P, información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, entre otros.
- ❖ Revisar estudios previos hechos sobre la red de acueducto municipal.
- ❖ Convertir archivos CAD a formato SHAPE.
- ❖ Sintetizar la información pertinente para el desarrollo del proyecto.

En esta fase, fue necesario un proceso complejo de compilación, ordenamiento, selección y verificación de la información contenida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT del municipio y de la archivada en la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ortega – EMPORTEGA E.S.P. De allí, se toma el plano de catastro municipal (Figura 9), división político administrativa y límites municipales (Figura 10) y tres planos de redes de acueducto (Figura 11, Figura 12 y Figura 13), los dos últimos en formato analógico y el resto de ellos en formato DWG (archivo de AutoCAD). Aquellos archivos que se encontraron en formato CAD fueron convertidos a formato SHAPE para su posterior análisis y edición en ArcGIS.

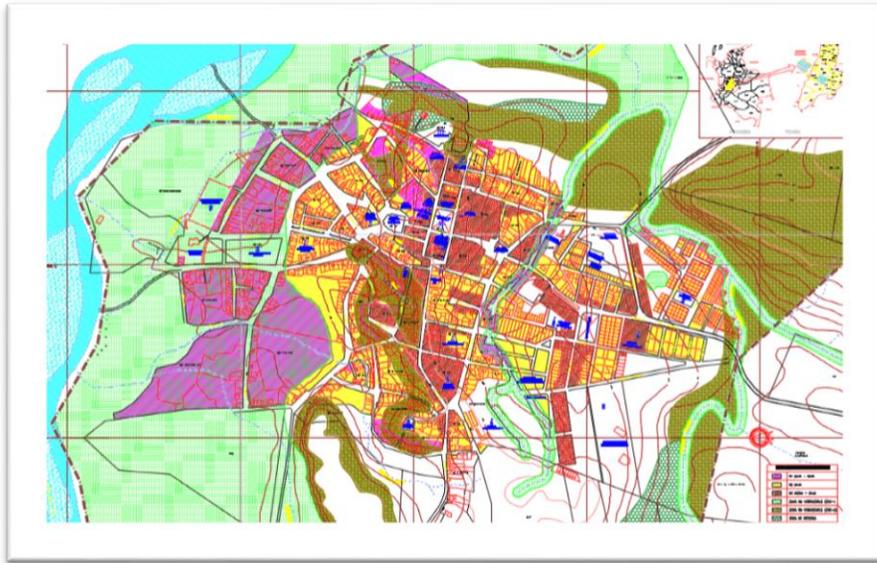


Figura 9. Catastro urbano de Ortega.
 Fuente: (El Concejo Municipal de Ortega, Tolima, 2001)

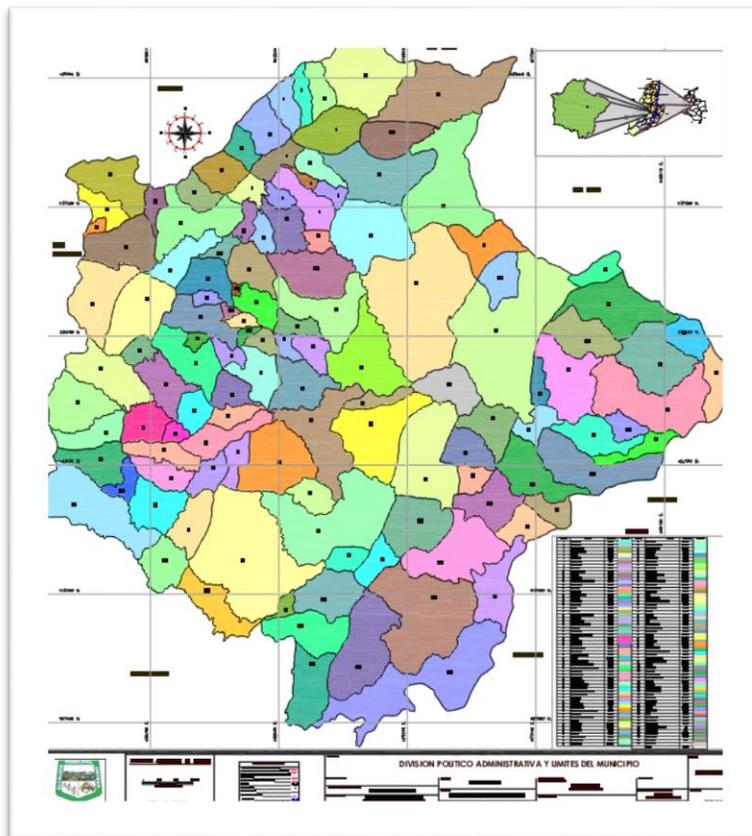


Figura 10. División político administrativa y límites de Ortega.
 Fuente: (El Concejo Municipal de Ortega, Tolima, 2001).

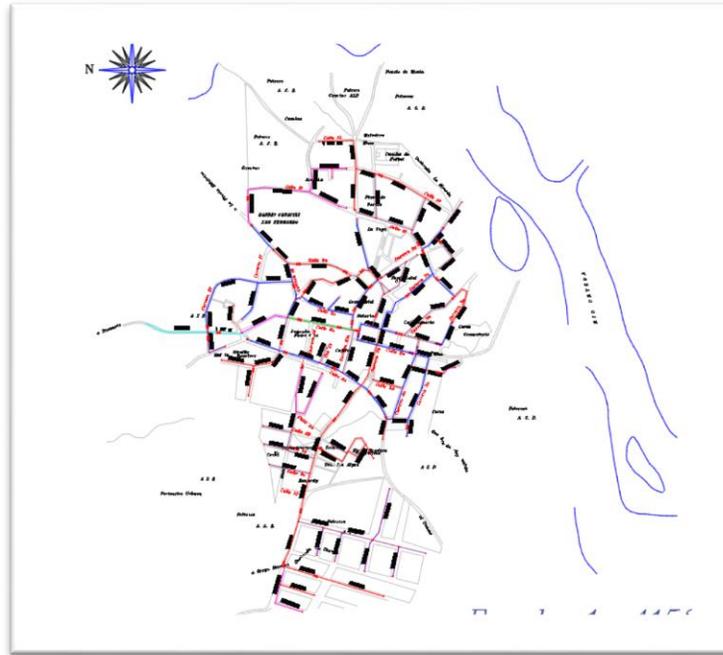


Figura 11. Plano de la red de acueducto de Ortega.
Fuente: (EMPORTEGA E.S.P., 2017).

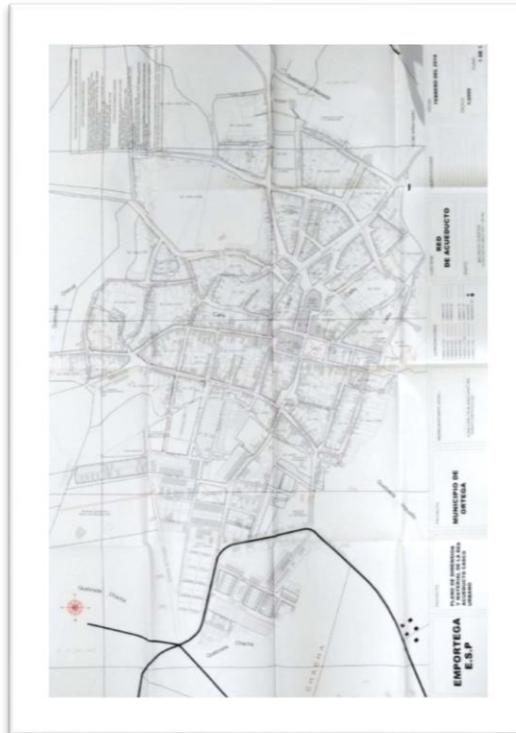


Figura 12. Plano del acueducto de Ortega – 2014.
Fuente: (EMPORTEGA E.S.P., 2017).



Figura 13. Plano acueducto de Ortega – 2011.
Fuente: (EMPORTEGA E.S.P., 2017).

Para el desarrollo del catastro de la red, se toma bibliografía del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y las pautas del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017, Resolución 0330 de 2017.

5.2.2. FASE 2. VISITAS DE CAMPO A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

- ❖ Elaborar tablas de caracterización o fichas técnicas de los elementos de la red de acueducto de Ortega.
- ❖ Identificar sitios de interés dentro del perímetro urbano.
- ❖ Caracterizar cada elemento de la red con el apoyo del área operativa de la empresa de servicios públicos.
- ❖ Verificar información de la red con el personal de fontanería.

Con ayuda del programa Microsoft Excel, se realizan fichas técnicas de caracterización para los elementos de la red, cumpliendo los requerimientos del RAS 2017. A continuación, se enlistan los detalles:

Tubería:

- Categoría de red.
- Estado.
- Diámetro en pulgadas.
- Material.
- Fabricante.
- Clase.
- Presión de trabajo.
- Longitud del tramo.
- Tipo de terreno rasante.
- Profundidad, entre otros.

Accesorios, válvulas, hidrantes y pilas de muestreo:

- Coordenadas X, Y.
- Diámetros de accesorios y válvulas.
- Material.
- Fabricante.
- Tipo de terreno rasante
- Cota rasante.
- Localización relativa.
- Número de bocas del hidrante.
- Diámetro de entrada y salida del hidrante, entre otros.

Se realizaron recorridos exhaustivos por la red de distribución para anotar los detalles técnicos mencionados anteriormente. Además de identificar algunos aspectos urbanísticos como parques, establecimientos comerciales, instituciones educativas, canchas deportivas, hospitales, entre otros. Ver Tabla 2. Lo anterior, a fin de referenciarlos y sea menos compleja la lectura de planos por parte del área de fontanería.

Luego, se procede a realizar verificaciones de la información compilada con el personal más antiguo de fontanería y se corrigen algunos de los detalles técnicos de los elementos de la red. En los casos en que no es posible verificar la información, se establece la información que otorga el personal más antiguo del área de fontanería.



Figura 14. Tanque elevado de compensación.



Figura 15. Caja de protección de válvula.



Figura 16. Válvula de ventosa de la red de distribución.



Figura 17. Válvula de corte de la red de distribución.



Figura 18. Hidrante y válvula auxiliar de hidrante.



Figura 19. Pila de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua.

Tabla 2. Identificación de características y detalles técnicos de los elementos que conforman la red de distribución del municipio de Ortega.

Fuente: Autor, 2017.

5.2.3. FASE 3. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

- ❖ Crear una geodatabase personal en ArcGIS.
- ❖ Estructurar la geodatabase personal con dominios y subtipos.
- ❖ Importar las clases de entidades del acueducto a la geodatabase personal.

Para diseñar la base de datos geográfica, es necesario conocer cuáles son las entidades y atributos que tendrán lugar en el proyecto. Para esto fue necesario un arduo proceso de análisis de las etapas anteriores, para finalmente concluir el siguiente esquema. Ver Figura 20.

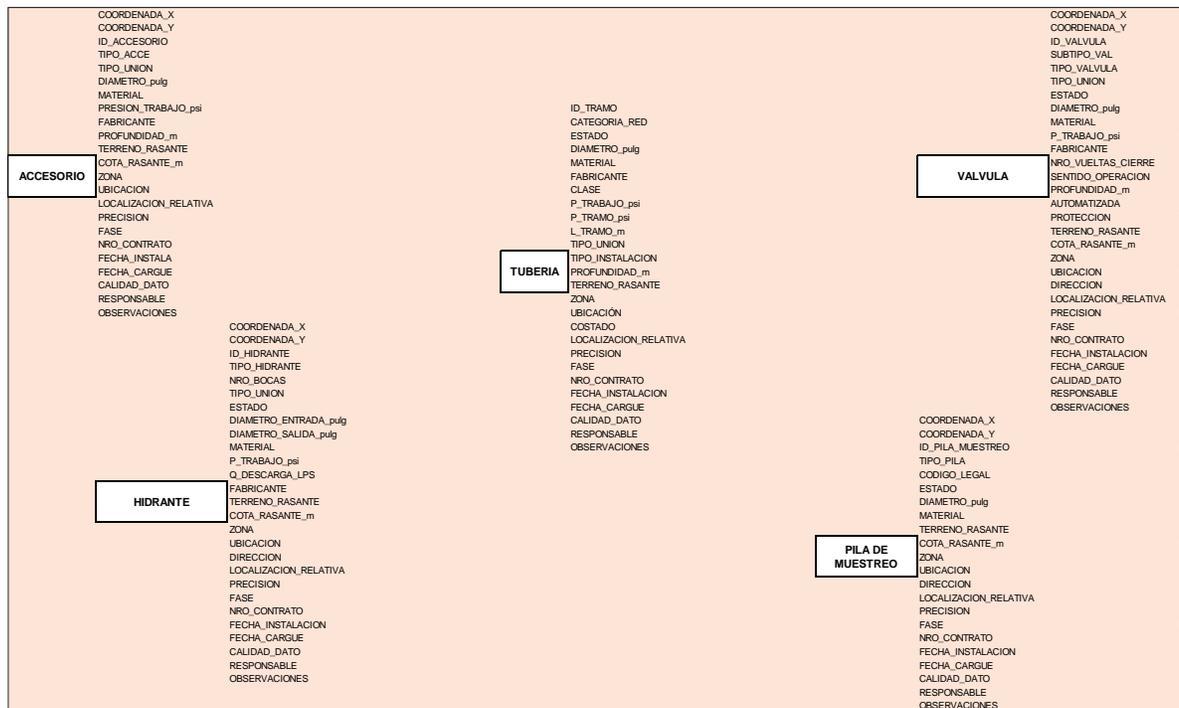


Figura 20. Entidades y atributos del proyecto.

Fuente: Autor, 2018.

Las geometrías de las entidades son las siguientes: tubería: tipo línea; para accesorio, válvula, hidrante y pilas de muestreo corresponde de tipo punto.

Con base al esquema anterior y debido a la carencia que tiene la empresa de servicios en cuanto a personal con conocimientos de software especializado como ArcGIS, se crea una base de datos personal de Microsoft Access con ayuda de la herramienta ArcCatalog de ArcGIS (personal geodatabase), lo que permite contar con el registro o inventario de redes de acueducto y ser usado con menos dificultad por la empresa. A continuación, se detalla su estructura.

Para limitar los valores de los diferentes atributos, se especifican algunos dominios como: ver también *Figura 21*.

- Categoría de red: red principal o matriz, red secundaria, red terciaria o menor y línea lateral.
- Estado: en servicio, defectuoso(a), fuera de servicio y N.D.
- Material: asbesto cemento, cloruro de polivinilo, plástico flexible, cobre, hierro acerado, hierro dúctil, hierro fundido, hierro galvanizado, polietileno de alta densidad, otro y N.D.
- Tipo de unión: bridada, soldada, roscada, campana y espigo y N.D.
- Terreno rasante: tierra, asfalto, concreto, adoquín, prado, otro y N.D.
- Tipo de accesorio: unión, codo, tee, tee doble, tapón, reducción, yee, yee doble, collar de derivación, anclaje, macromedidor y galápago.
- Tipo de válvula: válvula de corte, purga, ventosa, reguladora de presión, reguladora de caudal, de paso directo, de alivio, auxiliar de hidrante y otra.
- Tipo de hidrante: caja y torre.
- Pila de muestreo: caja de protección y llave a la intemperie.

Coded value domain Subtipo_Categoría_Red	
Description	Segun tamaño de
Field type	tubería
Split policy	Long integer
Merge policy	Default value
Code	Description
1	Red principal o matriz
2	Red secundaria
3	Red terciaria o menor
4	Linea lateral

Coded value domain Subtipo_Válvula	
Description	
Field type	Long integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
1	Válvula de corte
2	Válvula de purga
3	Válvula de ventosa
4	Válvula reguladora de presión
5	Válvula reguladora de caudal
6	Válvula de paso directo
7	Válvula de alivio
8	Válvula auxiliar de hidrante
9	Otra

Coded value domain Subtipo_Accesorios	
Description	Solo uniones, tees, reducciones, etc
Field type	Long integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
2	Codo
3	Tee
4	Tee doble
6	Buje
7	Yee
8	Yee doble
10	Anclaje
11	Macromedidor
1	Unión
5	Tapón
9	Collar de derivación
12	Galápago

Coded value domain Subtipo_Hidrante	
Description	
Field type	Long integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
1	Caja
2	Torre

Coded value domain Estado	
Description	Del accesorio o de la
Field type	red
Split policy	String
Merge policy	Default value
Code	Description
ES	En servicio
DEF	Defectuoso(a)
FS	Fuera de servicio
0	N/D

Coded value domain Subtipo_pila_muestreo	
Description	
Field type	Long integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
1	Caja de protección
2	Llave a la intemperie

Coded value domain Material	
Description	
Field type	String
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
AC	(AC) Asbesto cemento
PVC	(PVC) Cloruro de polivinilo
CU	(CU) Cobre
HA	(HA) Hierro acerado
HF	(HF) Hierro fundido
HG	(HG) Hierro galvanizado
PEAD	(PEAD) Polietileno de alta densidad
OTRO	Otro
0	N/D
PFUAD	(PF + UAD) Plástico flexible
HD	(HD) Hierro dúctil

Coded value domain Fase	
Description	Si esta materializado o
Field type	no
Split policy	String
Merge policy	Default value
Code	Description
1	Existente
2	Propuesto

Figura 21. Dominios del proyecto de catastro de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

Seguido, se categorizan las entidades con los siguientes subtipos: ver ejemplo de pilas de muestreo, Figura 22.

- ✓ Subtipos categoría de red: 1. red principal o matriz, 2. red secundaria, 3. red terciaria o menor y 4. línea lateral.
- ✓ Subtipos Válvula: 1. Válvula de corte, 2. Válvula de purga, 3. Válvula de ventosa, 4. Válvula reguladora de presión, 5. Válvula reguladora de caudal, 6. Válvula de paso directo, 7. Válvula de alivio, 8. Válvula auxiliar de hidrante y 9. Otra.
- ✓ Subtipo accesorio: 1. Unión, 2. Codo, 3. Tee, 4. Tee doble, 5. Tapón, 6. Buje, 7. Yee, 8. Yee doble, 9. Collar de derivación, 10. Anclaje, 11. Macromedidor y 12. Galápago.
- ✓ Subtipo hidrante: 1. Caja y 2. Torre.
- ✓ Subtipo pila de muestreo: 1. Caja de protección y 2. Llave a la intemperie.

Simple feature class						Geometry	Point
Pilas_Muestreo						Contains M values	No
						Contains Z values	No
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Prec-ision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
COORDENADA_X	Double	Yes			0	0	
COORDENADA_Y	Double	Yes			0	0	
ID_PILA_MUESTREO	String	Yes					50
SUBTIPO_PILA	Long integer	Yes	1	Subtipo_pila_muestreo	0		
CODIGO_LEGAL	String	Yes					50
ESTADO	String	Yes		Estado			50
DIAMETRO_pulg	String	Yes		Diámetro			50
MATERIAL	String	Yes		Material			70
TERRENO_RASANTE	String	Yes		Terreno_Rasante			50
COTA_RASANTE_m	Double	Yes			0	0	
ZONA	String	Yes		Zona			50
UBICACION	String	Yes		Ubicación			50
DIRECCION	String	Yes					50
LOCALIZACION_RELATIVA	String	Yes					50
PRECISION_	String	Yes		Precisión			50
FASE	String	Yes		Fase			50
NRO_CONTRATO	String	Yes					50
FECHA_INSTALACION	Date	Yes			0	0	8
FECHA_CARGUE	Date	Yes			0	0	8
CALIDAD_DATO	String	Yes		Calidad_Dato			50
RESPONSABLE	String	Yes	EMPORTEGA E.S.P.				50
OBSERVACIONES	String	Yes					255

Subtypes of Pilas_Muestreo				
Subtype field SUBTIPO_PILA				
Default subtype 1		List of defined default values and domains for subtypes in this class		
Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
1	Caja de protección	ESTADO		Estado
		DIAMETRO_pulg		Diámetro
		MATERIAL		Material
		TERRENO_RASANTE		Terreno_Rasante
		ZONA		Zona
		UBICACION		Ubicación
		PRECISION_		Precisión
		FASE		Fase
2	Llave a la intemperie	CALIDAD_DATO		Calidad_Dato
		ESTADO	ES	Estado
		DIAMETRO_pulg	0.5	Diámetro
		MATERIAL		Material
		TERRENO_RASANTE		Terreno_Rasante
		ZONA		Zona
		UBICACION	1	Ubicación
		PRECISION_	3	Precisión
FASE	1	Fase		
CALIDAD_DATO	2	Calidad_Dato		

Figura 22. Detalle gráfico de la geodatabase, ejemplo: pilas de muestreo. Fuente: Autor, 2018.

Finalmente, se importan los datos correspondientes a tuberías, válvulas, accesorios, hidrantes y pilas de muestreo de la información obtenida de la empresa de servicio públicos y demás fuentes de información, con los detalles técnicos de cada elemento y se editan los metadatos. Ver Figura 23.



Figura 23. Datos importados a la geodatabase personal del acueducto de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

5.2.4. FASE 4. MATERIALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- ✓ Crear el mapa base para el catastro del acueducto en ArcGIS a partir de las diferentes fuentes de información consultadas.
- ✓ Elaborar el plano maestro de la red de acueducto urbano del municipio de Ortega con su respectiva zonificación utilizando ArcGIS.

Utilizando la aplicación CAD2SHAPE, se convierten los archivos de las diferentes fuentes bibliográficas consultadas, en especial la del PBOT del municipio, con el fin de elaborar el mapa base. Estos archivos se encontraban en formatos CAD y fueron llevados a SHAPEFILE para ser trabajados en el software ArcMap de ArcGIS. Allí, se establecen varias capas, entre ellas: aspectos urbanísticos, cuerpos de agua, curvas de nivel, malla vial, predial, veredas.

Por otra parte, se identifican y trazan doce (XII) zonas geográficas dentro del mapa base con la finalidad de hacer más fácil el manejo de la información y representar con mayor detalle las características de cada una de ellas.

Posteriormente, se ingresan los datos correspondientes a tuberías, accesorios, válvulas, hidrantes y pilas de muestreo de la geodatabase personal creada en la fase anterior. Se realizar algunos ajustes de los datos con el modo edición de ArcGIS y luego se genera la salida gráfica del catastro del acueducto de Ortega, resaltando los aspectos de mayor relevancia y pertinencia para la empresa de servicios públicos. Es importante resaltar que toda la información geográfica es desarrollada en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS tal como lo señala el RAS.

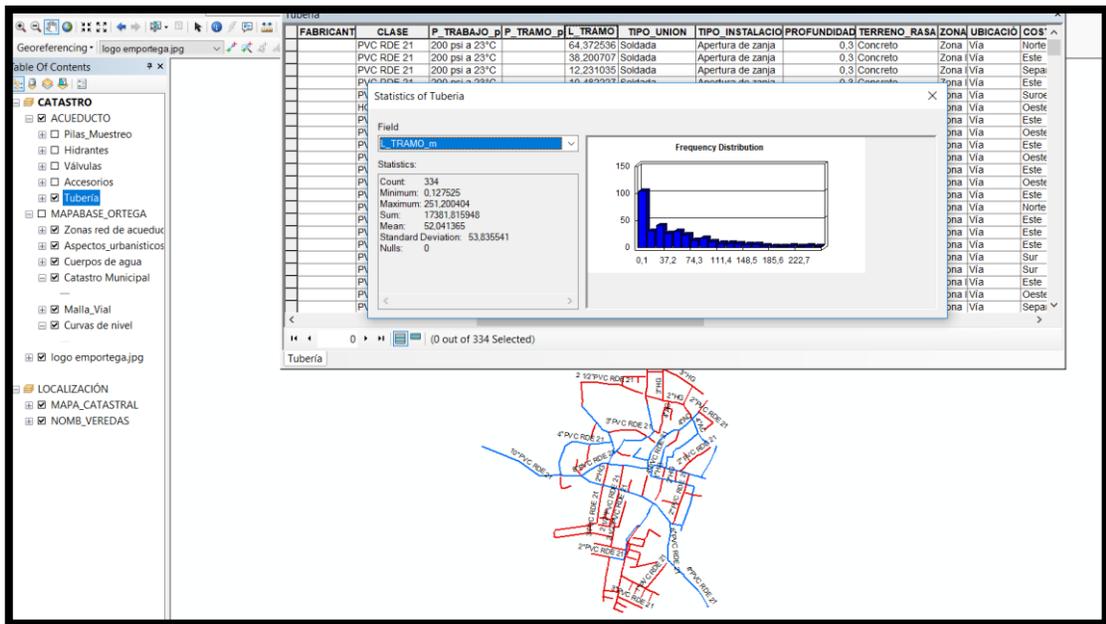


Figura 25. Consulta longitud total de la red de distribución.
Fuente: Autor, 2018.

¿De qué diámetros se compone la red terciaria o menor del acueducto urbano de Ortega?

Respuesta: 1", 2", 2 ½", 3" y 4".

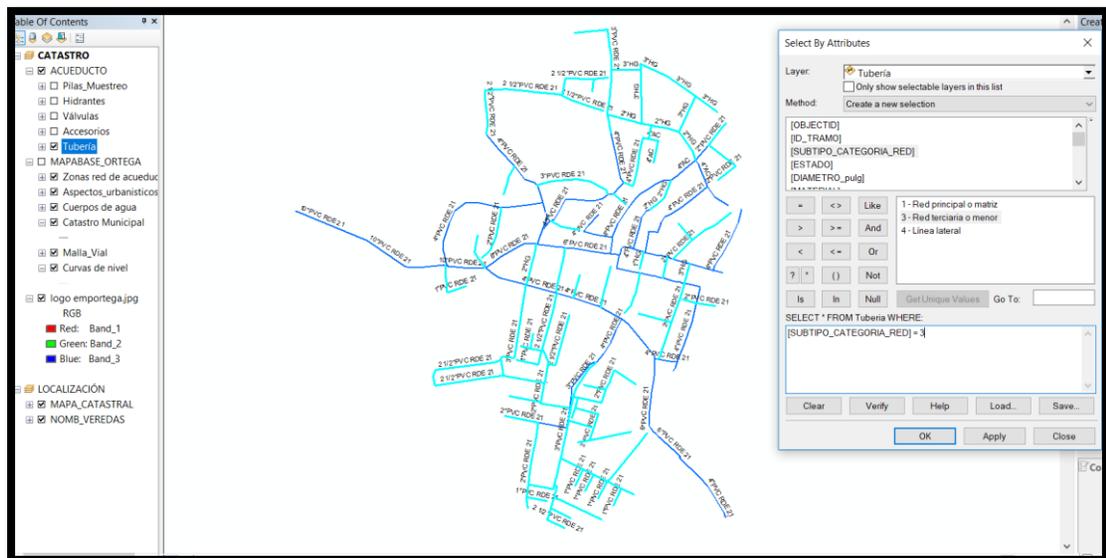


Figura 26. Consulta diámetros de la red terciaria.
Fuente: Autor, 2018.

- **Válvulas**

¿Cuántas válvulas de ventosa tiene la red de distribución?

Respuesta: 3 válvulas de ventosa.

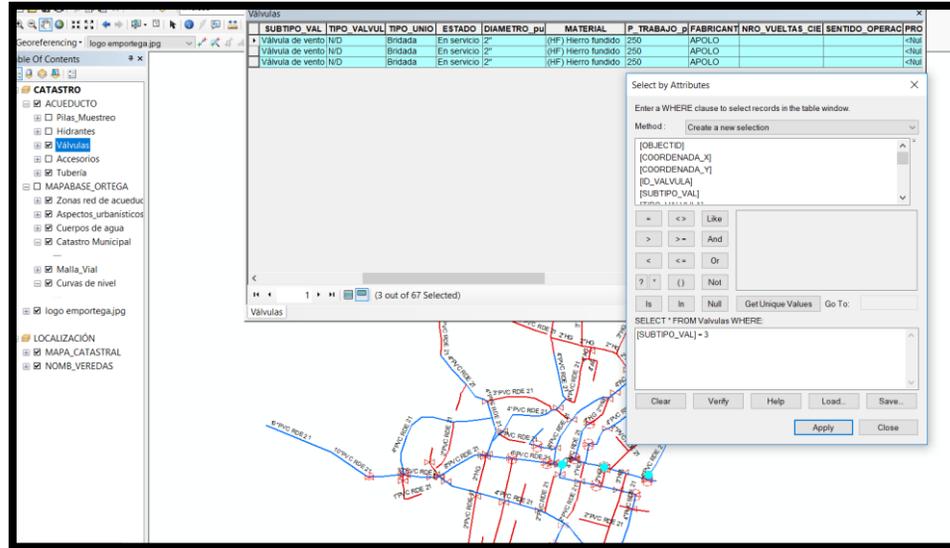


Figura 27. Consulta número de ventosa en la red.

Fuente: Autor, 2018.

- **Accesorios:**

¿Cuántos tapones tiene la red de distribución?

Respuesta: 56 tapones.

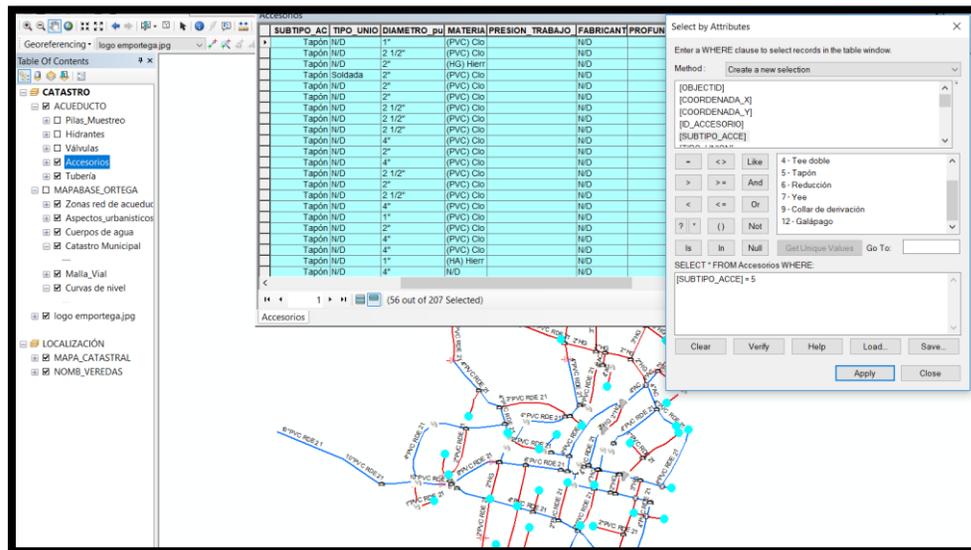


Figura 28. Consulta número de tapones en la red de distribución.

Fuente: Autor, 2018.

- **Hidrantes:**

¿Número de hidrantes en el casco urbano?
 Respuesta: 20 hidrantes.

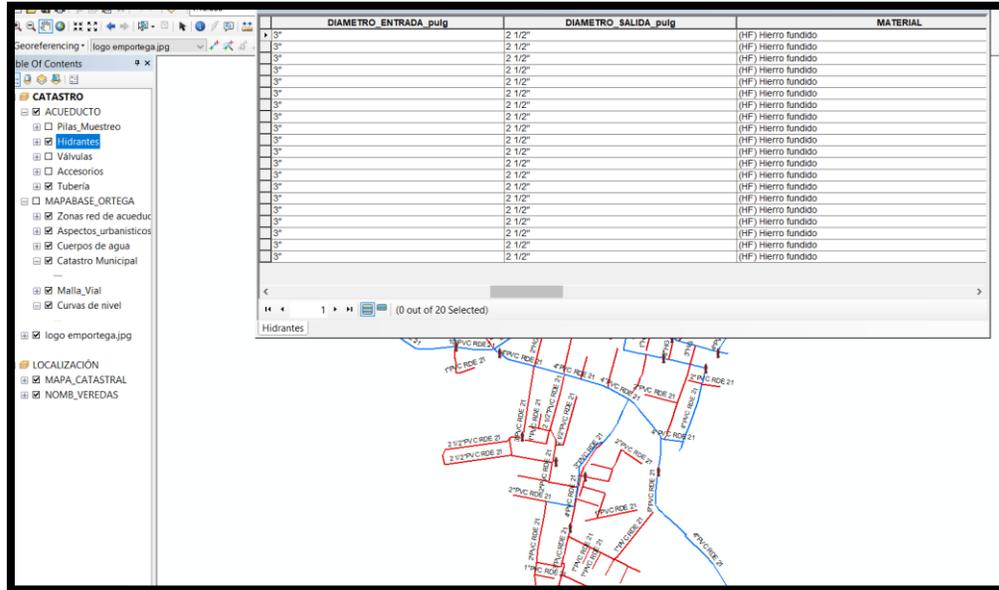


Figura 29. Consulta número de hidrantes.
 Fuente: Autor, 2018.

- **Pilas de muestreo:**

¿Cuántas pilas de muestreo para control y vigilancia de la calidad del agua están en buen estado?
 Respuesta: 3 pilas.

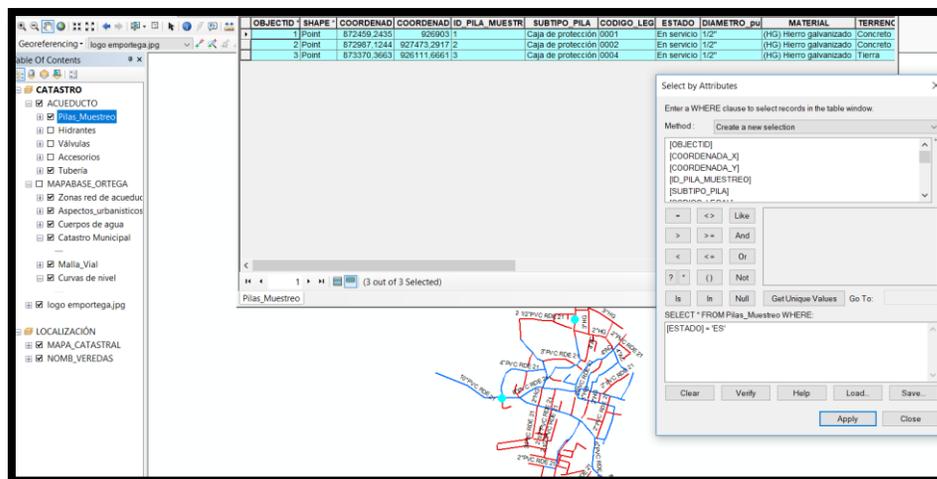


Figura 30. Consulta número de pilas de muestreo.
 Fuente: Autor, 2018.

6.1.3. GENERACIÓN DE MAPA BASE DEL CASCO URBANO DE ORTEGA

Es de aclarar que el mapa base a utilizar en este proyecto es el plano de estratificación urbana que se encuentra en el PBOT del año 2001. Sin embargo, fue necesario corregir el norte geográfico ya que apuntaba hacia el este. Por otra parte, el archivo se convirtió de tipo DWG a Shapefile, obteniendo el siguiente resultado:

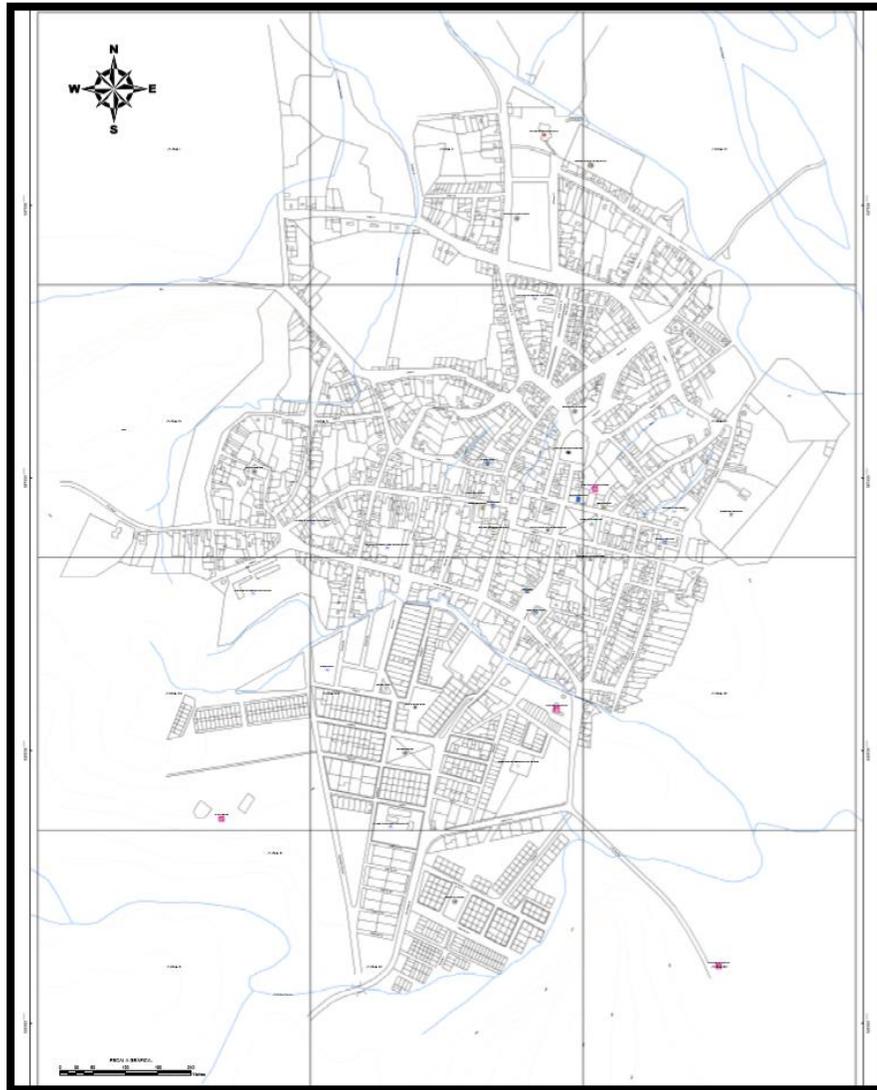


Figura 31. Mapa base de Ortega corregido.
Fuente: (El Concejo Municipal de Ortega, Tolima, 2001).

6.1.4. GENERACIÓN DEL PLANO MAESTRO DE LA RED DE ACUEDUCTO URBANO

Este plano en escala 1:2000 incluye la información del conjunto de tuberías que conforman la red de distribución del casco urbano junto con los accesorios, válvulas, hidrantes y pilas de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Para mayor detalle ver *Anexo A*.

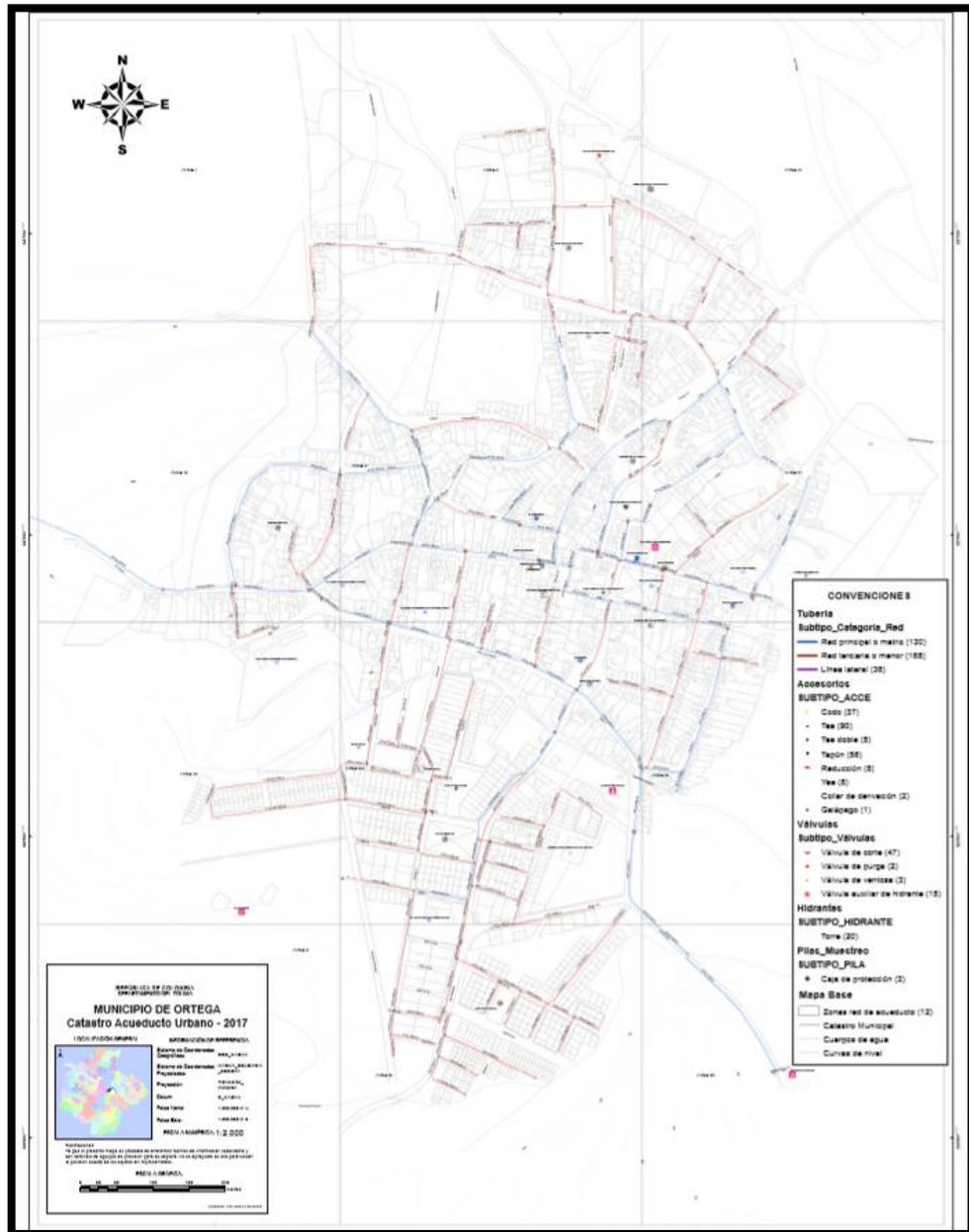


Figura 32. Plano maestro de la red de acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.5. ZONA I

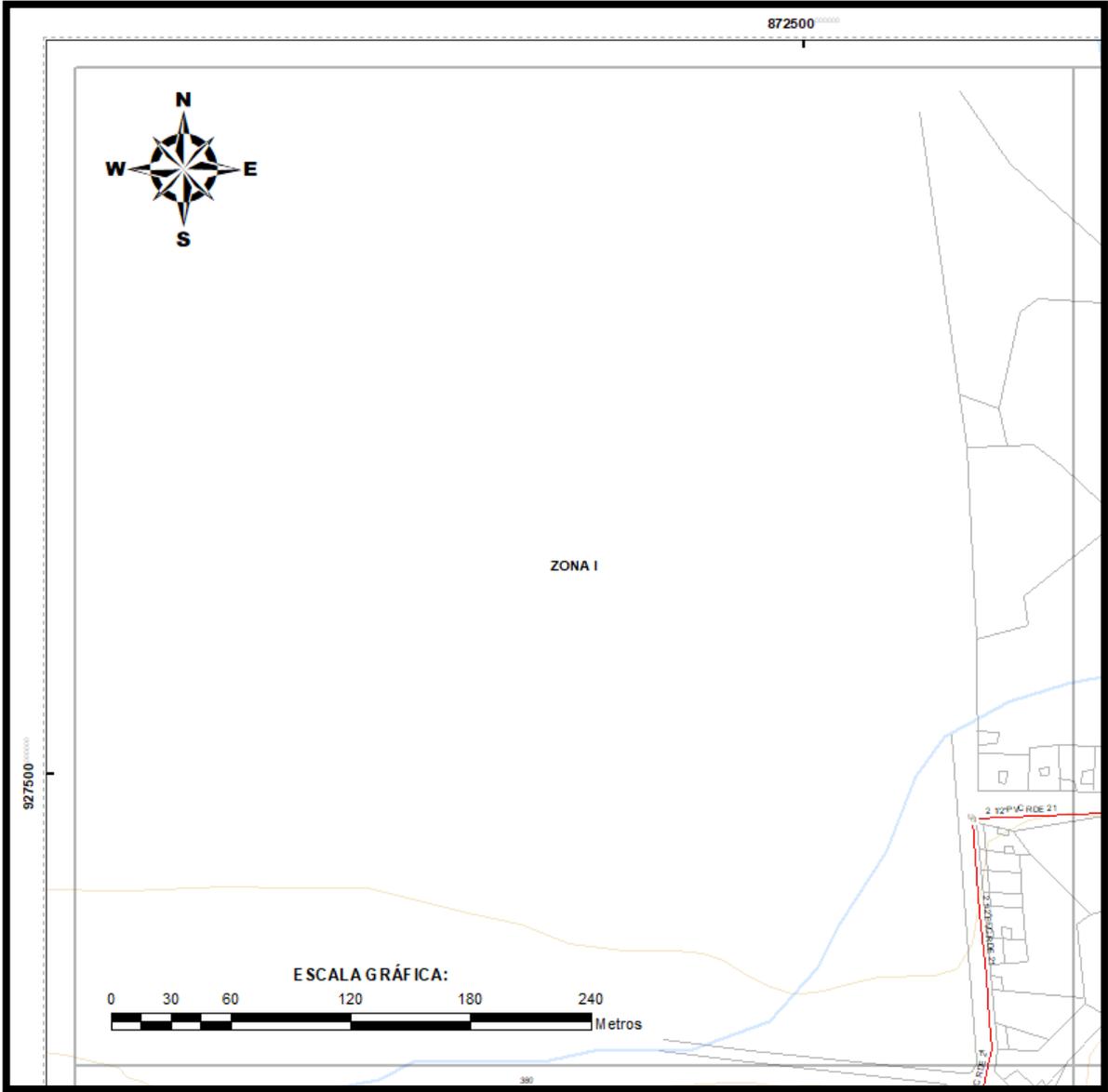


Figura 33. Acueducto urbano de Ortega - Zona I.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.6. ZONA II

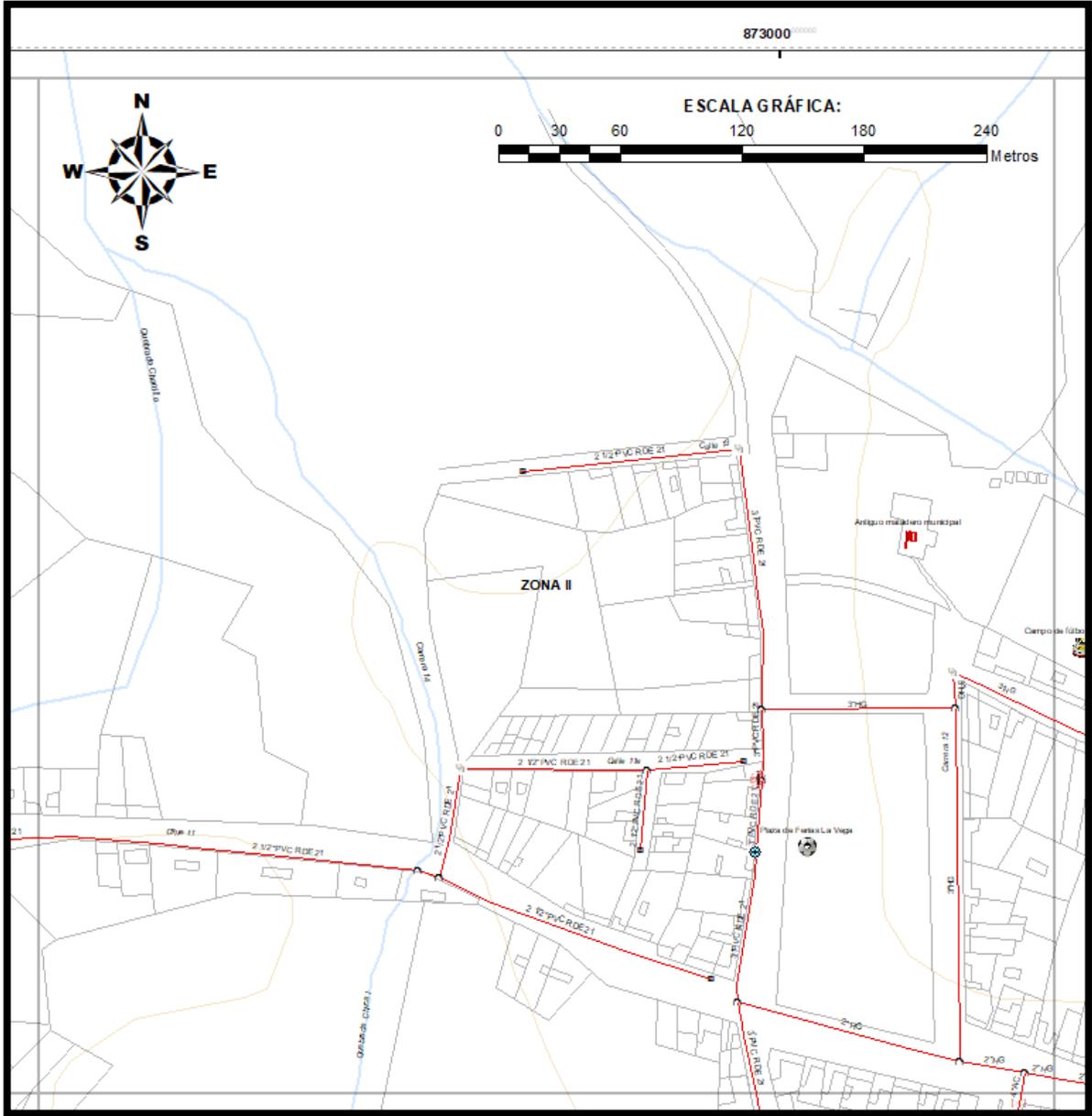


Figura 34. Acueducto urbano de Ortega - Zona II.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.7. ZONA III

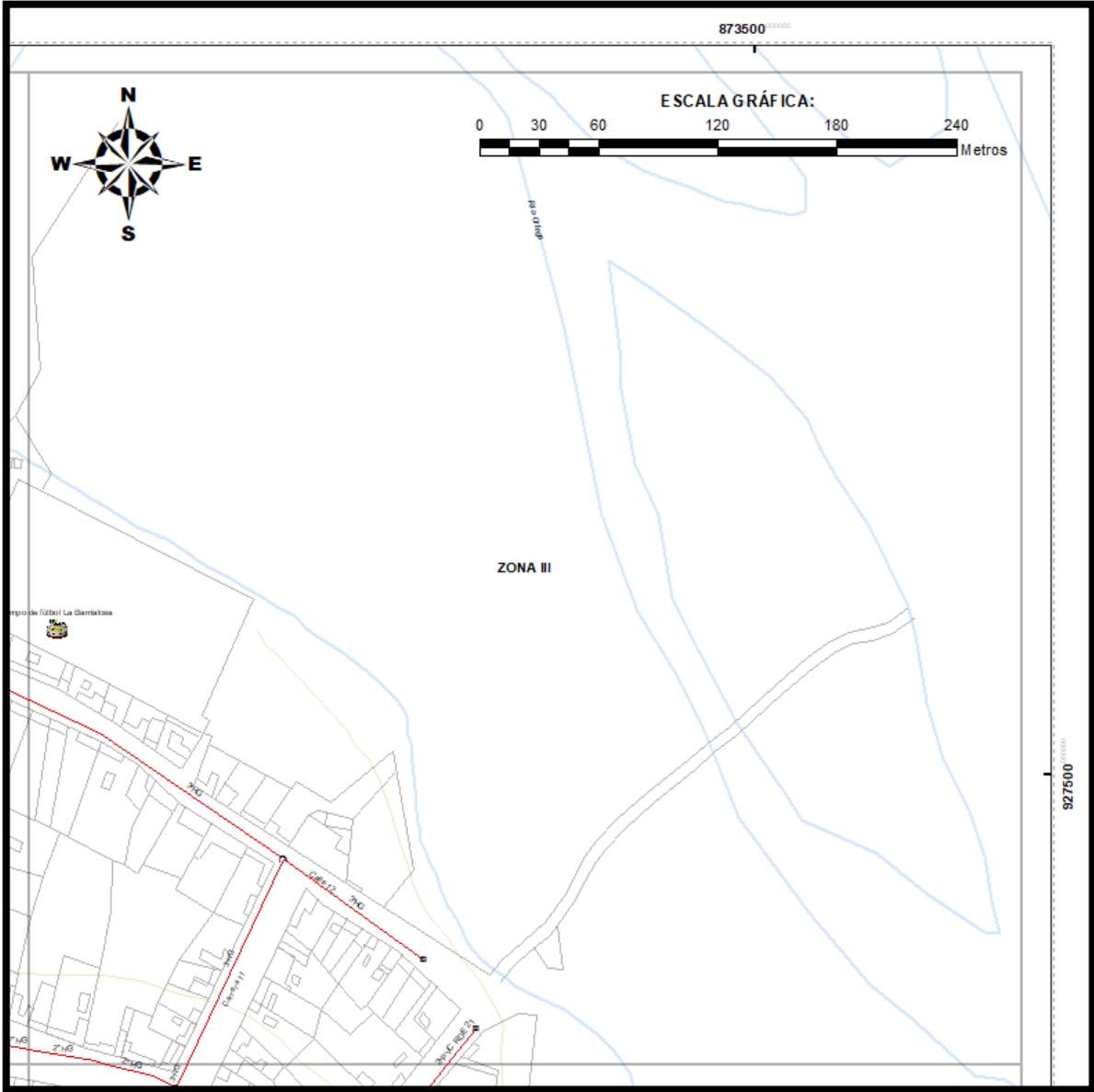


Figura 35. Acueducto urbano de Ortega - Zona III.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.8. ZONA IV

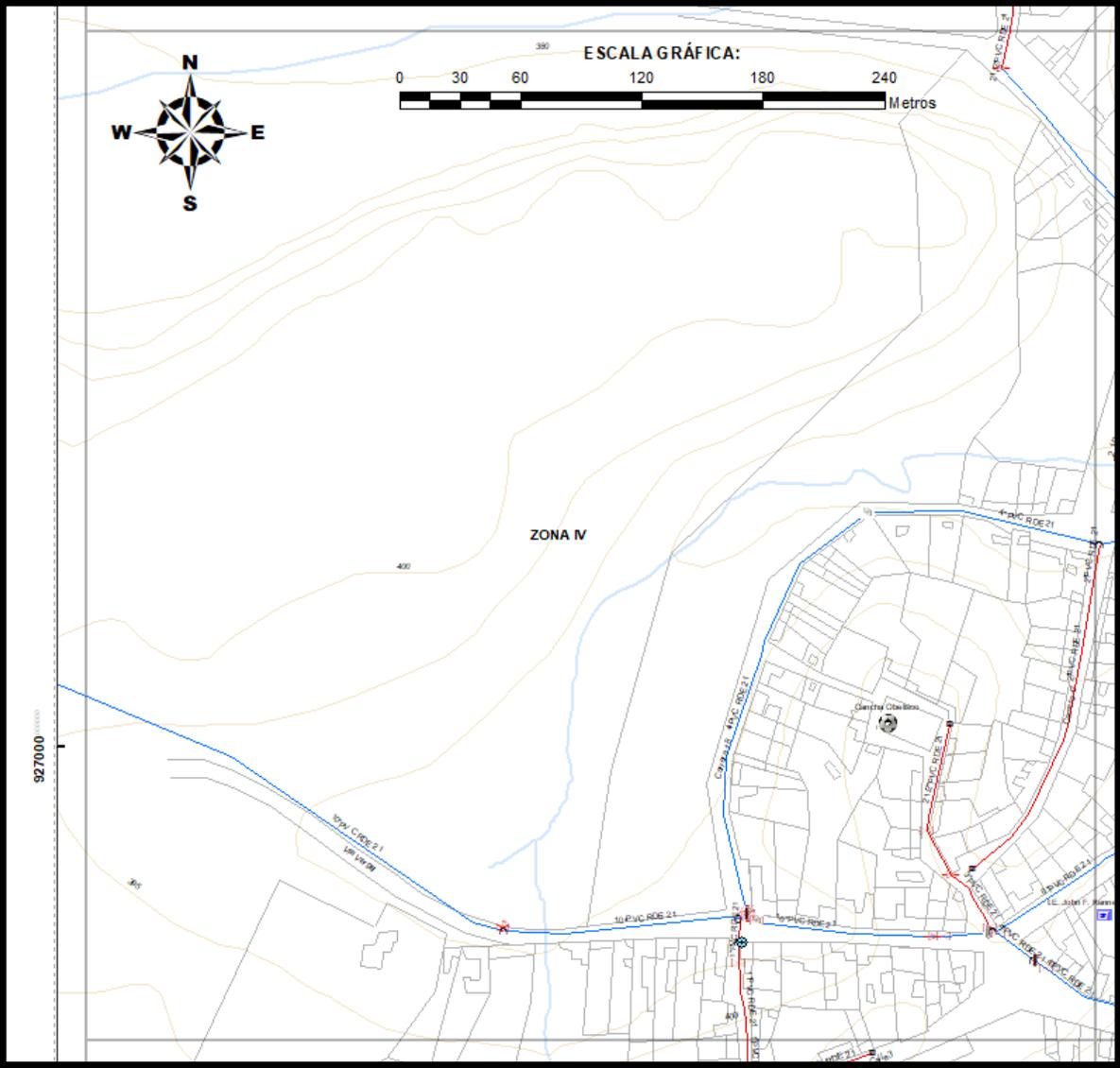


Figura 36. Acueducto urbano de Ortega - Zona IV.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.9. ZONA V

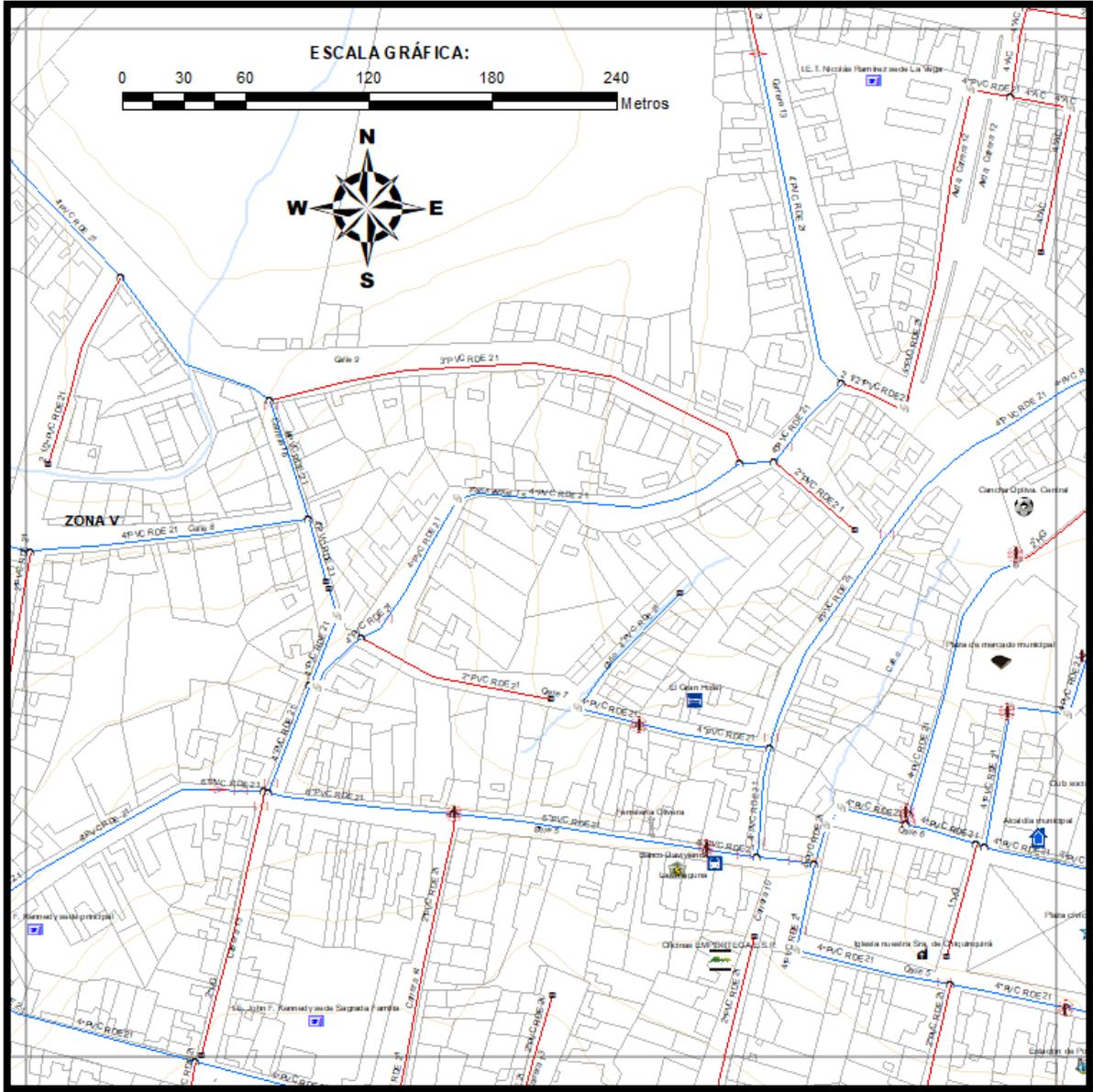


Figura 37. Acueducto urbano de Ortega - Zona V.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.10. ZONA VI

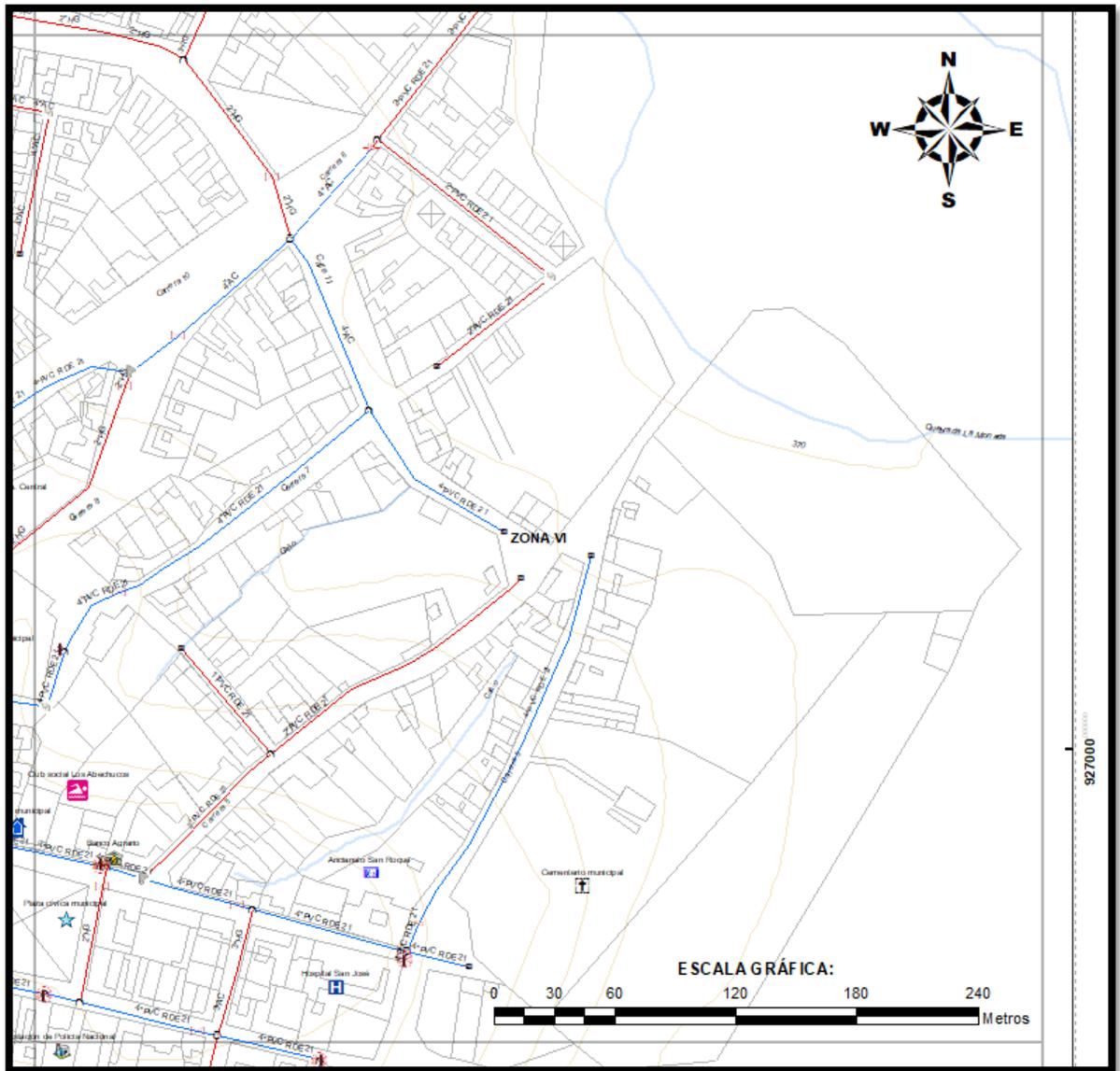


Figura 38. Acueducto urbano de Ortega - Zona VI.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.11. ZONA VII

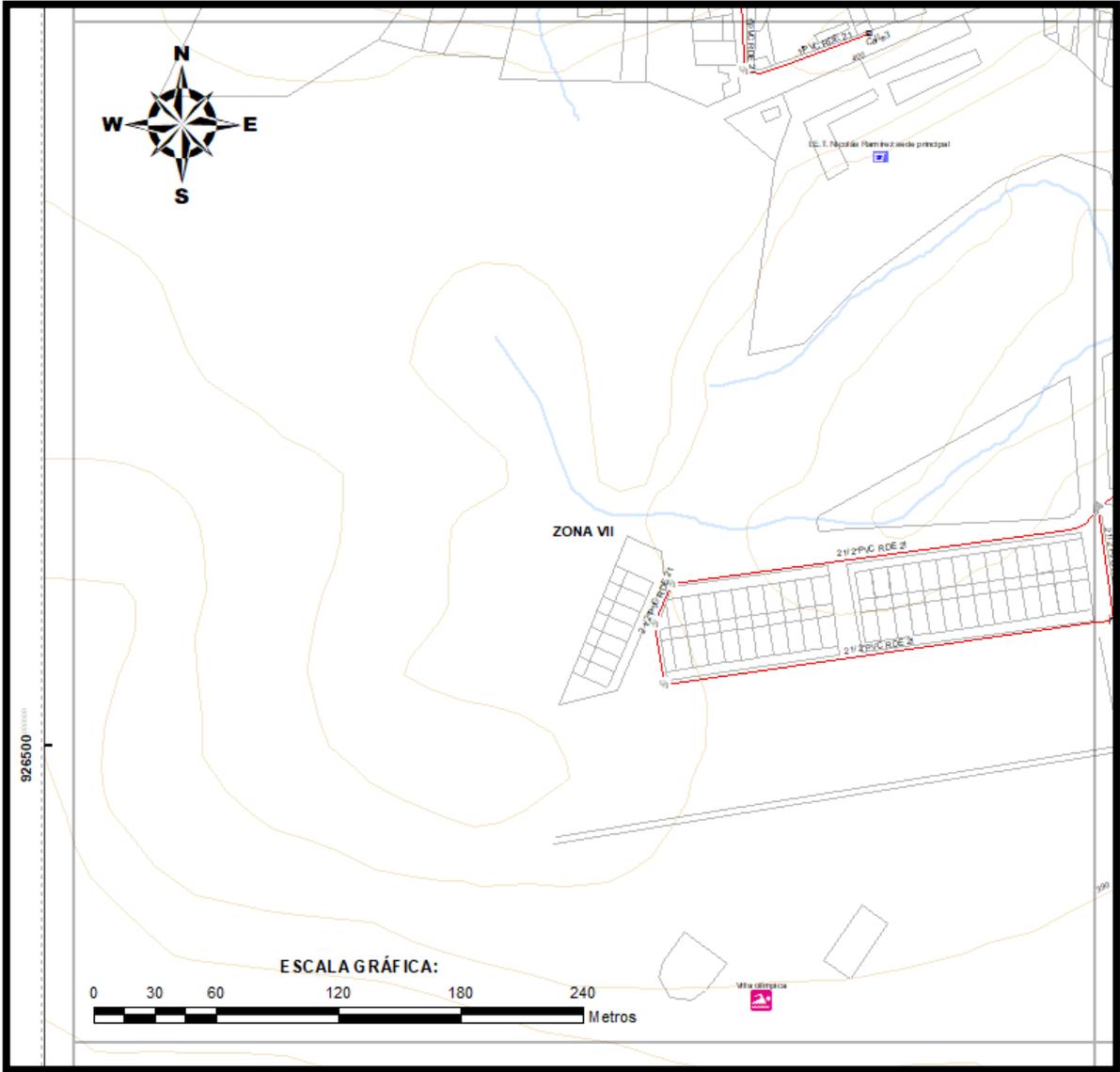


Figura 39. Acueducto urbano de Ortega - Zona VII.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.12. ZONA VIII

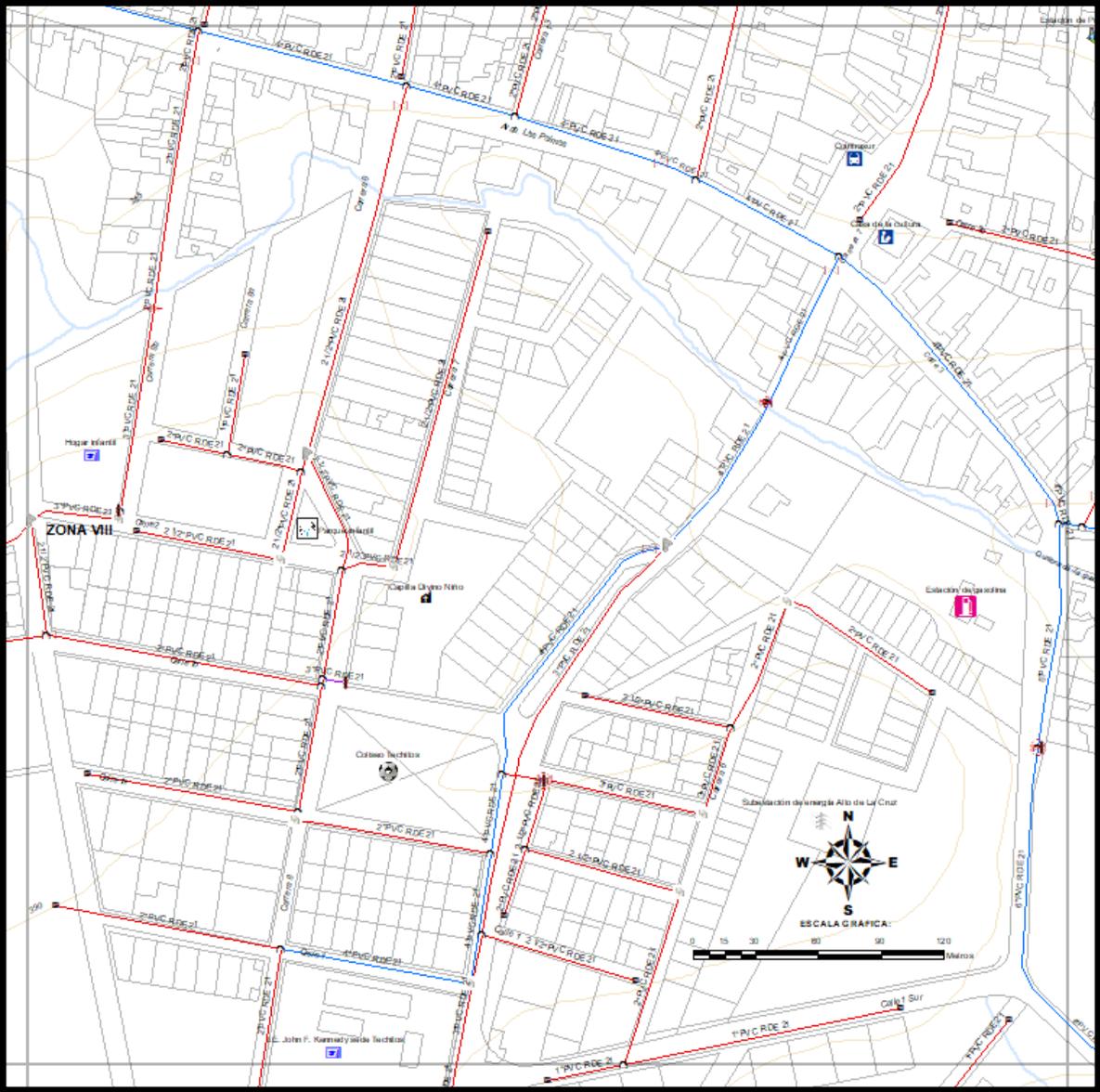


Figura 40. Acueducto urbano de Ortega - Zona VIII.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.13. ZONA IX

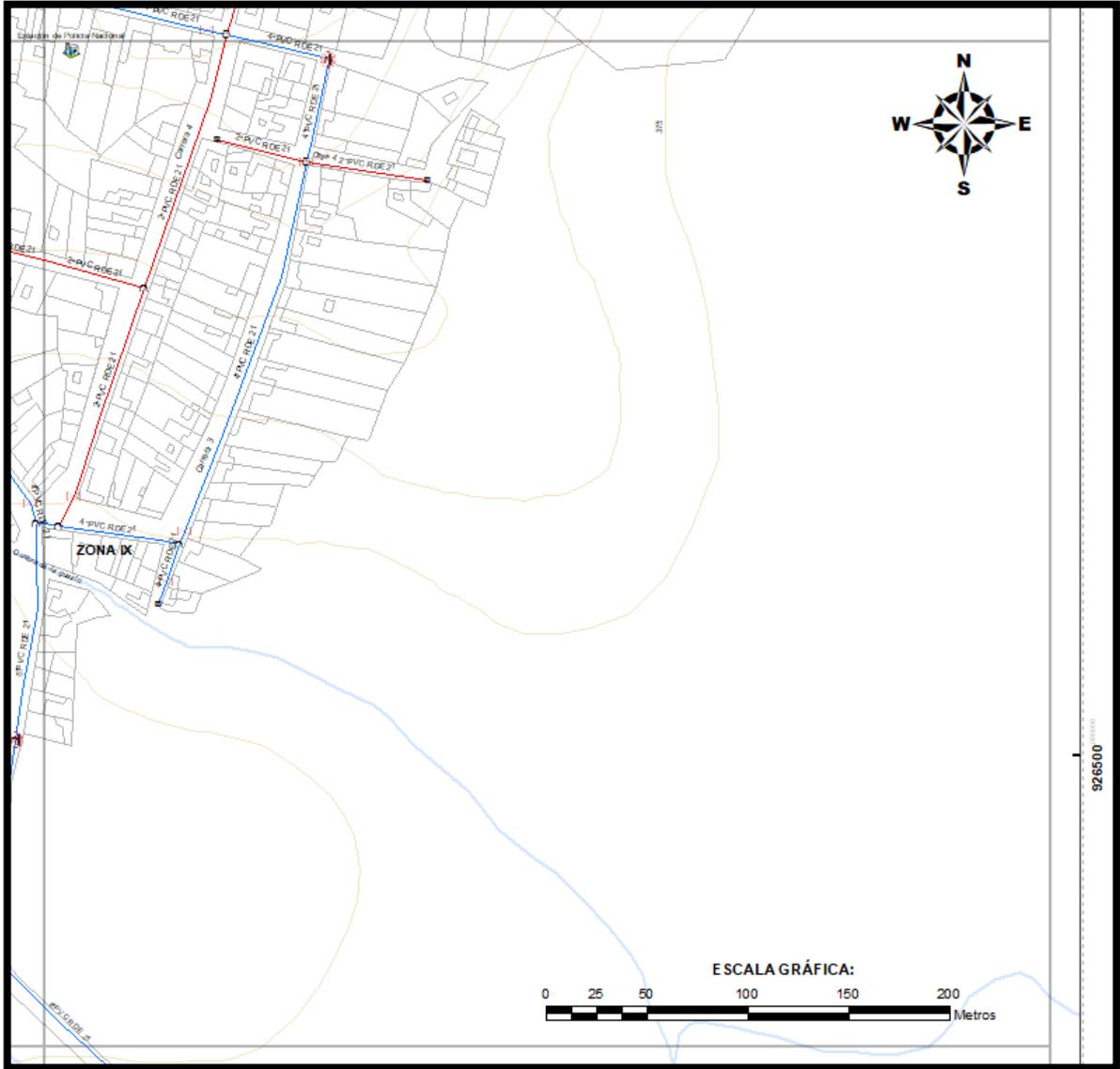


Figura 41. Acueducto urbano de Ortega - Zona IX.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.14. ZONA X

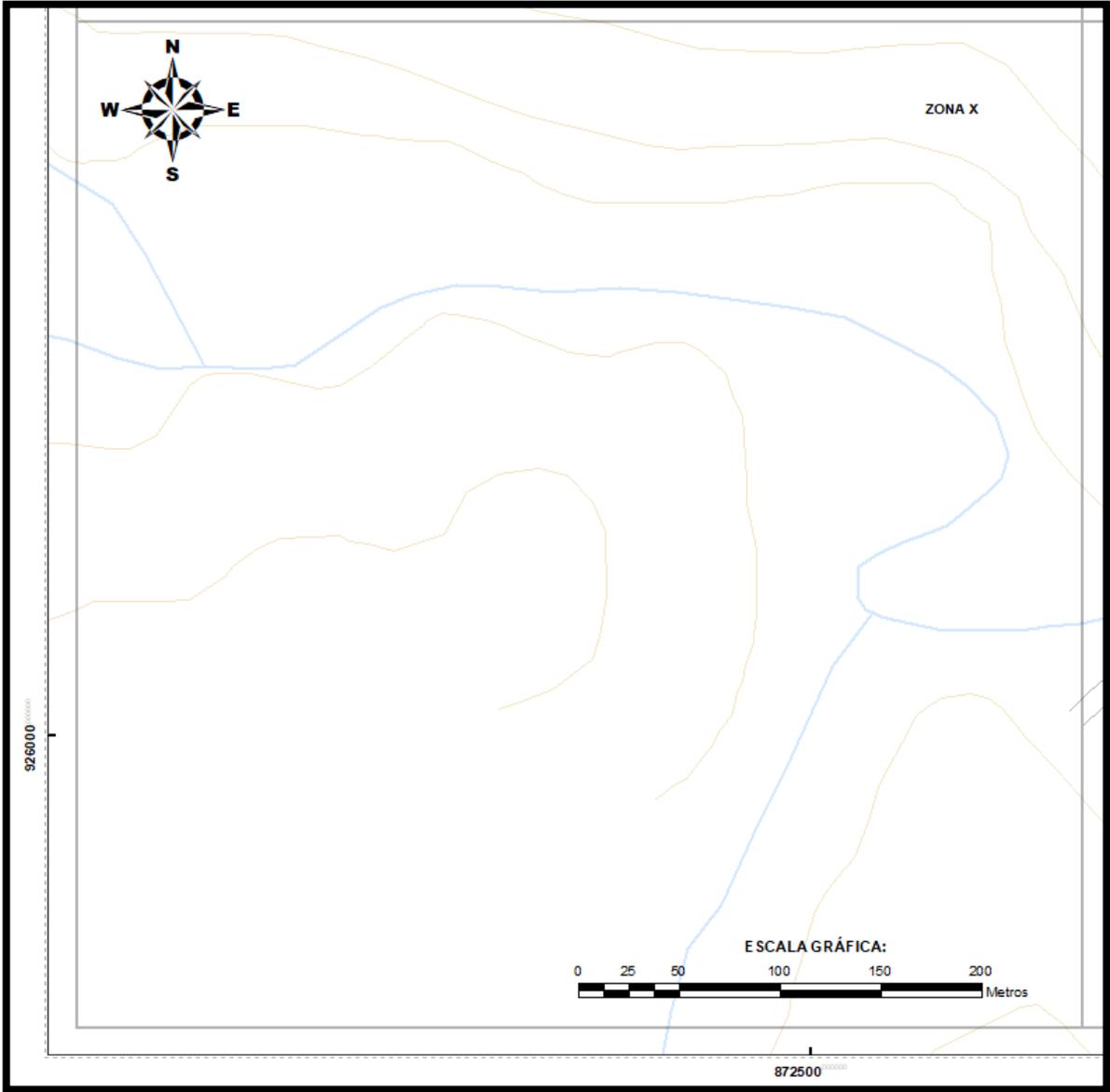


Figura 42. Acueducto urbano de Ortega - Zona X.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.15. ZONA XI

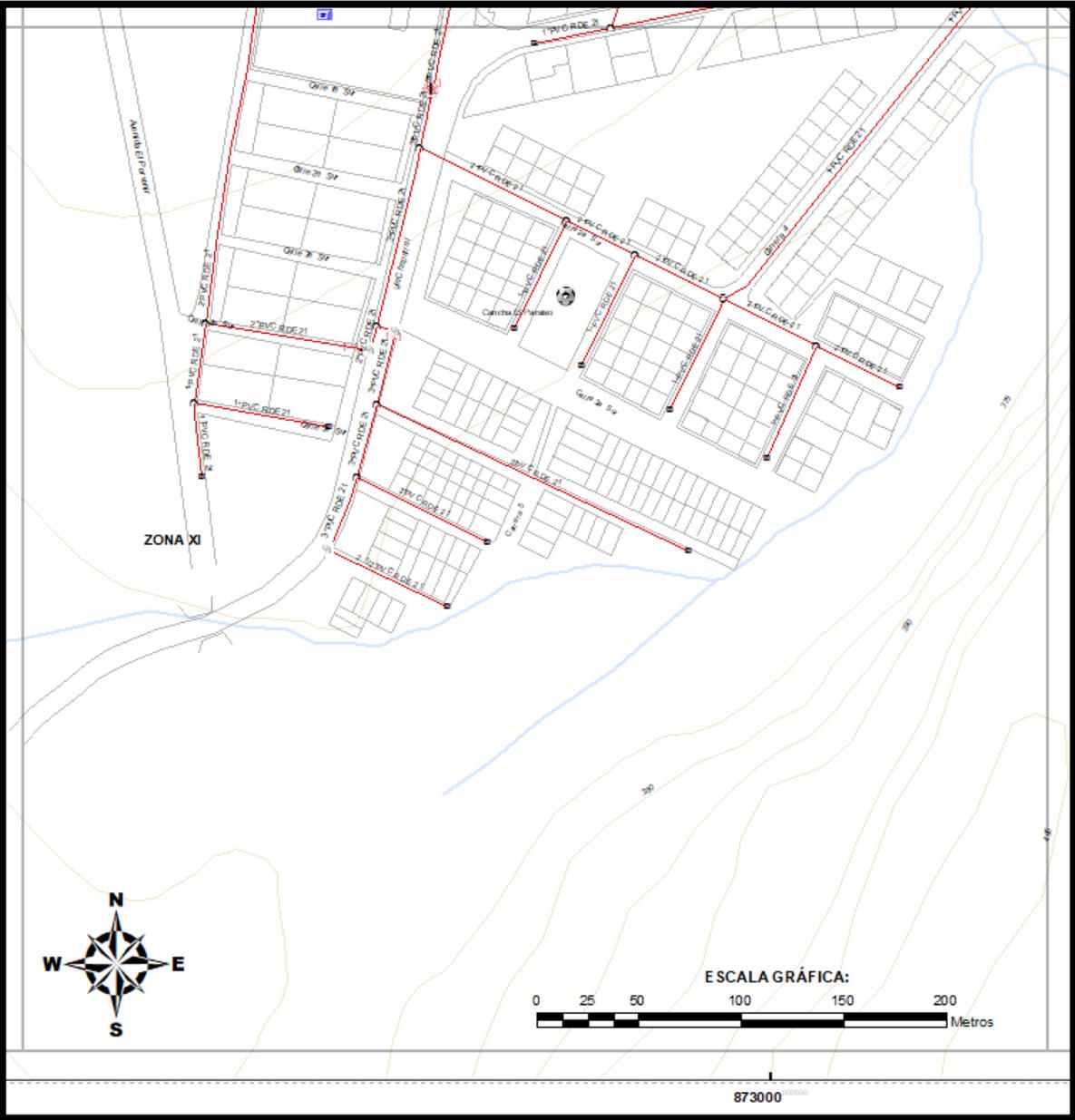


Figura 43. Acueducto urbano de Ortega - Zona XI.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.16. ZONA XII

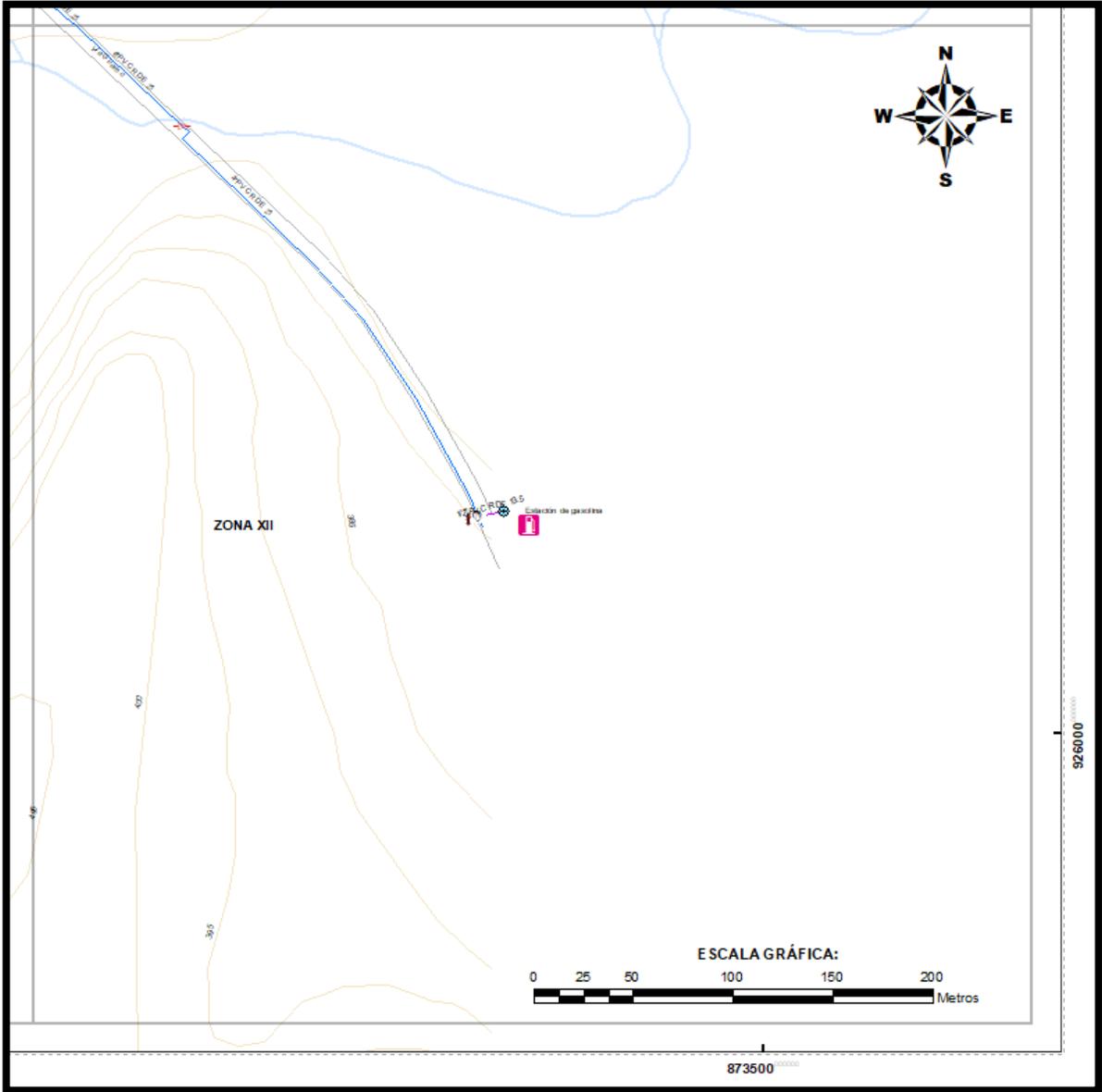


Figura 44. Acueducto urbano de Ortega - Zona XII.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.17. CONVENCIONES DEL PROYECTO

CONVENCIONES		
Tubería	Accesorios	Válvulas
Subtipo_Categoría_Red	SUBTIPO_ACCE	Subtipo_Válvulas
— Red principal o matriz (130)	◡ Codo (37)	✂ Válvula de corte (47)
— Red terciaria o menor (168)	◡ Tee (90)	✂ Válvula de purga (2)
— Línea lateral (36)	◡ Tee doble (5)	✂ Válvula de ventosa (3)
Hidrantes	◡ Tapón (56)	✂ Válvula auxiliar de hidrante (15)
SUBTIPO_HIDRANTE	✂ Reducción (8)	Pilas_Muestreo
┆ Torre (20)	▶ Yee (8)	SUBTIPO_PILA
Mapa Base	◡ Collar de derivación (2)	◉ Caja de protección (3)
□ Zonas red de acueducto (12)	◡ Galápago (1)	
— Catastro Municipal		
— Cuerpos de agua		
— Curvas de nivel		

Figura 45. Convenciones del catastro de acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2017.

6.1.18. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE TUBERÍAS

Realizando el análisis de los datos se obtuvo la siguiente información:

Longitud total red de acueducto urbano	17.382 metros
Tubería de 10"	624 metros
Tubería de 8"	196 metros
Tubería de 6"	644 metros
Tubería de 4"	5.718 metros
Tubería de 2 1/2"	2.520 metros
Tubería de 2"	4.076 metros
Tubería de 1"	1082 metros
Tubería de 1/2"	15 metros
Tubería en PVC	15.524 metros
Tubería en HG	1.452 metros
Tubería en AC	405 metros

Tabla 3. Características del conjunto de tuberías del acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

6.1.19. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE ACCESORIOS

Total de accesorios en la red	207
--------------------------------------	------------

Codo	37
Tee	90
Tee doble	5
Tapón	56
Reducción	8
Yee	8
Collar de derivación	2
Galápago	1

Tabla 4. Accesorios del acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

6.1.20. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE VÁLVULAS

Total de válvulas del acueducto urbano	67
Válvulas de corte	47
Válvulas de purga	2
Válvulas de ventosa	3
Válvulas auxiliares de hidrante	15

Tabla 5. Válvulas del acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

6.1.21. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE HIDRANTES

Hidrantes de torre	20
Diámetro de entrada	3"
Diámetro de salida	2 1/2"
Material	Hierro Fundido (HF)
Nro. de bocas	2

Tabla 6. Hidrantes del acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

6.1.22. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE PILAS DE MUESTREO

Cajas de protección de pilas de muestreo	3
Diámetro de la tubería	1/2"
Estado de las pilas	En servicio
Material de la llave	Hierro Galvanizado (HG)
Ubicación	Acera

Tabla 7. Pilas de muestreo del acueducto urbano de Ortega.
Fuente: Autor, 2018.

7. CONCLUSIONES

- La red de acueducto urbano del municipio de Ortega cuenta con 17.38 Km de tuberías de diámetros entre 10 pulgadas y 1 pulgada, que se encargan de suministrar el agua hacia los diferentes barrios. Complementándose con un total de 207 accesorios, 67 válvulas, 20 hidrantes y 3 pilas de muestreo para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano.
- Se evidencia que el trazado del acueducto corresponde a una configuración de red mixta, puesto que la mayoría de los tramos cuentan con una tubería principal de suministro y terminan en puntos ciegos (red abierta). Sin embargo, existen sectores donde se forman interconexiones entre los ramales (red cerrada) como es el caso de la carrera 15 con calle 9, la avenida Las Palmas con carrera 3 y 4, la carrera 10 con calle 11, entre otros.
- La red no cumple el RAS 2017 en cuanto a la sectorización del sistema, el cual consiste en el aislamiento de zonas con un punto de entrada de agua al mismo, dotado por un equipo de medición como un macromedidor y de igual forma en el punto de salida hacia otro sector, impidiendo evaluar y controlar los índices de pérdidas, facilitar labores de operación y mantenimiento, establecer consumos reales, conexiones clandestinas y en sí favorecer el ahorro en los costos de operación del sistema.
- Se determinó que en algunas zonas la tubería fue instalada a profundidades mínimas, incumpliendo el reglamento técnico RAS que establece que deben estar a 1 metro de la cota clave de la tubería en vías con tráfico vehicular.
- Existen 1.852 metros de tubería en hierro galvanizado (HG) y asbesto cemento (AC) en el barrio La Vega con cerca de 30 años de antigüedad, que están presentando constantes fugas e intermitencias en el servicio por la fatiga de los materiales.
- El catastro de la red de acueducto del municipio de Ortega mejoró el desarrollo del área operativa de la empresa de servicio en los siguientes aspectos: envío de cuadrillas de fontaneros con el equipo necesario para atender inconvenientes en la red, apoyándose del mapa previamente para conocer el lugar a trabajar, los materiales a utilizar y los elementos de la red que pueden estar generando problemas; realizar los cierres de las válvulas necesarias para aislar solo los sectores afectados y generar menor incomodidad en los usuarios por la interrupción del servicio.
- El presente proyecto se realizó a partir de información secundaria, no fue posible corroborar esta misma mediante apiques o georreferenciación de componentes con equipos de precisión en las vías por carencia de

presupuesto. Fue un procesamiento de información archivada tanto en las oficinas de la Secretaría de Planeación e Infraestructura y de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ortega, en especial del área de fontanería. Por lo tanto, se concluye que no es apropiado su uso para ubicar la posición exacta de los objetos allí representados.

- El uso de herramientas SIG en las empresas prestadoras del servicio de acueducto es de vital importancia para apoyar la planeación, el mantenimiento y operación de las redes. Permittedose mantener información actualizada y facilitando la consulta de información para el ordenamiento e inversión de proyectos de desarrollo en el sector de agua potable.

8. RECOMENDACIONES

- La empresa de servicios públicos de Ortega deberá mantener la información actualizada cada vez que se haga modificaciones o labores de mantenimiento en la red, cuando se ejecuten obras de inversión que impliquen reposición de la tubería del acueducto existente.
- Es importante que cada vez que se presenten nuevos proyectos de reposición de tuberías, se establezca dentro del levantamiento topográfico el trazado de la red, georeferenciando cada elemento instalado y suministrando la información a la empresa de servicios para que la procese y pueda mantener actualizado el catastro de la red.
- La información de este proyecto debe ser utilizada para consulta y de apoyo a las labores operativas de la empresa de servicios, no se debe utilizar para ubicar con exactitud los elementos que allí se representan. La empresa de servicio deberá contratar el personal idóneo junto con los equipos necesarios para realizar la referenciación adecuada de las redes de acueducto conforme a las directrices establecidas en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Cuando se realicen labores de mantenimiento o atención de fugas en el sistema, el fontanero deberá anotar los detalles técnicos de la red y en acompañamiento del jefe de la unidad operativa, contrastar la información del catastro de redes con los datos obtenidos en campo, y si es necesario realizar los ajustes pertinentes a la base de datos geográfica.
- Realizar el catastro de usuarios para incorporar en la base de datos geográfica del acueducto, detallando coordenadas de los micromedidores, tipo de usuario, propietario, estrato y demás información que permita una operación más eficiente del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- AECID. (2015). Obtenido de Agencia Española de Cooperación:
<http://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Divulgaci%C3%B3n/07-Dossier%20de%20Prensa%20agua.pdf>
- Arboleda, L. F. (2006). *Breve descripción del sector Acueducto y alcantarillado en Colombia*. Obtenido de <http://www.unperiodico.unal.edu.co>
- Ávila, C. (24 de Marzo de 2015). *¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia?* Obtenido de El Tiempo:
<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/agua-potable-en-colombia-/15445939>
- Casma, J. (13 de Mayo de 2015). Obtenido de América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed:
http://internacional.elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html
- Defensoría del Pueblo. (2007). Obtenido de <http://www.defensoria.gov.co/attachment/174/defensorial57.pdf>
- El Concejo Municipal de Ortega, Tolima. (2001). *Acuerdo No. 012 de 2001. Por el cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el municipio de Ortega, Tolima*. Ortega.
- El Congreso de Colombia. (1994). *Ley 142 del 11 de julio de 1994*. Bogotá D.C.
- EMPORTEGA E.S.P. (2017). *Plano de la red de acueducto urbano*. Ortega.
- ESRI. (1 de Marzo de 2017). Obtenido de Sitio Web de ESRI:
<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>
- Estudio Nacional del Agua. (2014). *Istituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/elpais/archivos/estudios-colombia.pdf>
- Fernández Crespo, J., & Garcés, P. (2003). *El agua, un recurso indispensable*. Obtenido de <http://www.ayudaenaccion.org/contenidos/documentos/El%20agua%20un%20recurso%20indispensable.pdf>

- Giraldo Fadul, V. (2010). Optimización operativa de Aguas de Manizales S.A. ESP, a partir de la implementación del SIG. *Ventana Informática N 22 Universidad de Manizales*, 77-103.
- Gobernación del Tolima. (2011). *Estadísticas 2011-2014 Ortega*. Ibagué.
- GOOGLE. (2002). Obtenido de GOOGLE EARTH: <https://www.google.com.co/maps/search/maps/@3.9331617,-75.2259665,1956m/data=!3m1!1e3?dcr=0>
- IDECA. (1 de Marzo de 2017). Obtenido de IDECA: <http://metadatos.ideca.gov.co/geoportal/csw?getxml=%7B68DB7BEF-21C5-411E-B21C-0D4F6FD7BF56%7D>
- Ingenieros Consultores S.A.S. (2011). ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA. Tame, Arauca, Colombia.
- López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López Espinoza, H. T. (2012). *Sistemas de información geográfica aplicado al catastro de agua potable del Cantón Paute, Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Catastro de redes - Municipios menores y zonas rurales*. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Sanemiento Básico - RAS*. Bogotá D.C.
- ONU. (2012). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Informe del GLAAS de 2012: análisis y evaluación mundiales del saneamiento y el agua potable de ONU-Agua: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/91344/1/9789243503363_spa.pdf
- Pucha Cofrep, F., Fries, A., Cánovas García, F., Oñate Valvidieso, F., Gonzáles Jaramillo, V., & Pucha Cofrep, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. Ediloja Cía. Ltda.
- Puerta Tuesta, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011). *ArcGIS Básico 10*. Tingo María - Perú: Universidad Agraria de la Selva.

Real Academia Española. (1 de Marzo de 2017). Obtenido de <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=ID6CJZ7>