

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Sistema de Información Geográfica aplicado al mejoramiento del
Sistema de Agua Potable de la Parroquia Santa Fé**

Raúl Marcelo Pilamunga Chimborazo

Autor

**Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título de Magíster en
Sistemas de Información Geográfica**

Quito, Agosto 2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Sistema de Información Geográfica aplicado al mejoramiento del
Sistema de Agua Potable de la Parroquia Santa Fé**

Raúl Marcelo Pilamunga Chimborazo

Richard Resl, MSc.

Director del Programa de Maestría en
Sistemas de Información Geográfica

Pablo Cabrera, MSc.

Miembro del Comité de Tesis

Stella de la Torre, Ph.D.,

Decana del Colegio de Ciencias
Ambientales y Biológicas

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.,

Decano del Colegio de Postgrados

Quito, Agosto 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Raúl Marcelo Pilamunga Chimborazo

2012

DEDICATORIA

A DIOS POR SU GUIA ESPIRITUAL

A MI QUERIDA ESPOSA MARICELA

A MIS HIJAS E HIJO; SOFÍA, PAULINA Y SEBASTIAN

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

AL PROGRAMA UNIGIS B-2009

AL SR. RICHARD RESL, PhD, DIRECTOR DE TESIS POR
BRINDARME SUS SABIAS ENSEÑANZAS Y SU PACIENCIA
EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

A LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA
PARROQUIA SANTA FÉ

RESUMEN

La Parroquia Santa Fé, perteneciente al Cantón Guaranda, Provincia Bolívar; cuenta con un sistema de agua potable en regulares condiciones, así como también la Junta Administradora de Agua Potable no cuenta con planos de: las redes conducción y distribución, detalles de las estructuras de captación, detalles de ubicación de las válvulas de control.

Por las razones mencionadas en el párrafo anterior, las autoridades de la parroquia no disponían de una herramienta que les permita indicar espacialmente donde estaban ubicadas esas estructuras para solicitar o emprender actividades de mejoramiento.

En el desarrollo de este trabajo se obtuvo datos espaciales tomados directamente en el sitio de estudio mediante equipo GPS; luego la Junta Parroquial facilitó una planimetría con curvas de nivel del área urbana de la parroquia en la cual constan detalles de calles, delimitación de manzanas y la ubicación de entidades públicas, pero no presentaba ninguna localización de las redes de agua potable.

En este trabajo se presenta la implementación de una metodología para la identificación de los sitios donde se encuentran las redes de conducción y distribución así como también la ubicación de las captaciones y tanques de reserva del sistema de agua potable a partir del uso de herramientas SIG, un componente principal de esas herramientas es el programa ArcGIS, en el cual fueron procesados y analizados todos los datos obtenidos en la zona de estudio.

Como consecuencia de todas esas operaciones se obtuvo dos resultados importantes el primero, mapa o cartografía de la situación actual y el segundo la propuesta de mejoramiento de la red.

ABSTRACT

The Parish Santa Fe, belonging to the Canton Guaranda, Bolivar Province, has a drinking water system in fair condition, as well as the Water Management Board has no plans: transmission and distribution networks, details of structures uptake, location details of the control valves.

For the reasons mentioned in the preceding paragraph, the authorities of the parish did not have a tool that allows them to indicate spatially where these structures were located to request or initiate improvement activities.

In developing this work we obtained spatial data taken directly from the study site using GPS equipment, then the Parish Council provided a contour surveying the urban area of the parish in which details consist the streets, boundaries of blocks and location of public, but showed no localization of drinking water networks.

This paper presents the implementation of a methodology to identify sites where the transmission and distribution networks as well as the location of deposits and reserve tanks of potable water system from the use of GIS tools, a major component of these tools is the program ArcGIS , which were processed and analyzed all the data obtained in the study area.

As a result of all these operations we obtained two important results the first map or mapping the current situation and the second the proposal to improve the network.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del problema	4
1.2 Motivación	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.4.1 Justificación técnica	4
1.4.2 Justificación económica	5
1.4.3 Viabilidad de la investigación	..5
1.4.4 Consecuencias de la investigación	5
1.5 Formulación de limitaciones	5
1.5.1 Limitaciones del estudio	..5
1.5.2 Limitaciones que rodean al estudio	5
2. MARCO METODOLOGICO	6
2.1 Los Sistemas de Información Geográfica	..6
2.2 Componentes de un SIG	6
2.3 Funcionalidades de un SIG	7
2.4 Abastecimiento de agua potable	..8
2.5 Componentes de un abastecimiento de agua	..9
2.5.1 Microcuenca de captación	9
2.5.2 Captación	9
2.5.3 Unidades de rompepresión	..9
2.5.4 Planta de tratamiento	10
2.5.5 Tanque de reserva	10

2.5.6	Red de conducción	10
2.5.7	Red de distribución	10
2.5.8	Dimensionamiento	11
2.6	Los SIG y análisis de redes	14
2.6.1	Redes geométricas	15
2.6.2	Redes de transporte	15
2.7	Datos	15
2.7.1	Clases de datos	16
3.	METODOLOGÍA	17
3.1	Enfoque investigativo	17
3.1.1	Nivel y tipo	17
3.1.2	Contexto de la investigación	17
3.2	Descripción del universo y muestra	21
3.2.1	Descripción del universo	21
3.2.2	Muestra	23
3.3	Procedimiento	25
3.3.1	Trabajo de campo	25
3.3.2	Utilización de ArcGIS	31
3.4	Operacionalización de los objetivos	38
3.4.1	Recopilar información sistemáticamente la información	38
3.4.2	Validación y control de la calidad de la información obtenida	38
3.4.3	Utilización de las herramienta SIG	40
3.4.4	Mapas, reportes, tablas	42
3.4.5	Difusión de la información	42
3.5	Diagramas de flujo de todo el proceso	42
4.	RESULTADOS	46
4.1	Mapa de diagnóstico actual	46
4.2	Mapa de propuesta	47
4.2.1	Área de aportación	47
4.2.2	Red de distribución	49
4.2.3	Red de conducción	53
5.	DISCUSIÓN	55
5.1	Cumplimiento de objetivos	55

5.2	Limitaciones	55
6.	CONCLUSIONES	58
7.	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFIA	63
	GLOSARIO	65
	ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Comparación de funcionalidades SIG vs CAD	3
Tabla 2.1	Tasa de crecimiento anual	12
Tabla 3.1	Descripción sistema de agua potable	22
Tabla 3.2	Descripción de captación y reserva	23
Tabla 3.3	Aforamiento de caudales	27
Tabla 3.4	Posicionamiento espacial de captaciones y estructura de reserva	28
Tabla 3.5	Variaciones de consumo	29
Tabla 5.1	Comparación de resultados	56
Tabla 5.2	Discusión de resultados	57
Tabla 6.1	Diagnóstico antes y después	59

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Componentes de SIG	7
Figura 2.2 Funcionalidades de SIG	8
Figura 2.3 Perfil de conducción a gravedad	9
Figura 2.4 Red de Distribución ramificada	11
Figura 2.5 Red de Distribución en malla	11
Figura 2.6 Nudos y ejes	15
Figura 3.1 Mapa de ubicación de la Parroquia Santa Fé	17
Figura 3.2 Mapa de la Planimetría General de la Parroquia Santa Fé	18
Figura 3.3 Imagen autocad	21
Figura 3.4 Fotografías de personas de la Junta Administradora de Agua	24
Figura 3.5 Vista panorámica de la Parroquia	25
Figura 3.6 Detalle de la línea de conducción	27
Figura 3.7 Imagen de la caja de herramientas ArcToolbox	31
Figura 3.8 Caja de diálogo Import Autocad	32
Figura 3.9 Imagen importada de AutoCAD	32
Figura 3.10 Trazo de las áreas de aportación	33
Figura 3.11 Resultados de operación con áreas de aportación de cada nudo	34
Figura 3.12 Resultado del campo número de habitantes por nudo	35
Figura 3.13 Creación de campo de caudales máximos horarios	36
Figura 3.14 Resultados de consumos máximos y mínimos	36
Figura 3.15 Consulta de datos del nudo a través de la herramienta “i”	37
Figura 3.16 Consulta de un tramo de la red de distribución	37
Figura 3.17 Fotografía de limpieza de tanque reserva 1	38
Figura 3.18 Aforamiento de caudales	39
Figura 3.19 Resultado track de línea de conducción	39
Figura 3.20 Mapa de servicios generales	40
Figura 3.21 Diagrama de implementación de SIG	43
Figura 3.22 Diagrama de recopilación de información	44
Figura 3.23 Diagrama de trabajo de campo	45

Figura 4.1	Mapa de la red de distribución propuesta	46
Figura 4.2	Detalle de la red actual y nudos de la intersección de tubería	47
Figura 4.3	Mapa de las áreas de aportación	48
Figura 4.4	Detalles de área y de habitantes por cada nudo	49
Figura 4.5	Mapa de la red de distribución propuesta	50
Figura 4.6	Detalle de caudales, cotas y presiones de trabajo	51
Figura 4.7	Detalle de atributos de la red de tubería propuesta	52
Figura 4.8	Nómina de usuarios del sistema de agua potable	53
Figura 4.9	Mapa de línea de conducción	54
Figura 4.10	Atributos de la línea de conducción	54
Figura 6.1	Superposición de capas red actual y áreas de aportación propuesta	58
Figura 7.1	Diagrama de alternativas	62

1. INTRODUCCION

Para De Abreu, en un sentido global, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), más que una tecnología, son un instrumento nuevo de percepción y comprensión del territorio. (Abreu, 1996)

Bajo esta definición se puede manifestar que los Sistemas de Información Geográficos, desde sus orígenes hasta el presente han desarrollado tecnología que permite observar o estudiar las características de un territorio para una mejor comprensión del mismo, es decir un SIG puede estar conformado por diferentes capas de información, por ejemplo de un sistema de agua potable se puede obtener capas tales como: áreas de aportación o de influencia, redes de conducción y distribución, detalles de ubicación de válvulas de control, manzanas, nudos de distribución de agua, estructuras de captación, estructuras de reserva reserva, acometidas domiciliarias.

Una de las funcionalidades típicas que se utilizan en el estudio de los problemas ambientales es la superposición de capas por ejemplo en estudios de impacto ambiental si partimos de una base cartográfica y combinándola con información recopilada, el análisis de las características geomorfológicas puede permitir la realización de un esquema predictivo acerca de las consecuencias que se derivarían de la ejecución de algún proyecto de embalse de agua dentro del territorio de la cuenca.

Otra de las funcionalidades de SIG es que realizan mediciones de objetos sobre las capas como longitud de líneas, perímetros y áreas de polígonos, en el caso de una ciudad o centro poblado se puede medir lo anteriormente manifestado y a partir de la cuales se pueden obtener otras medidas tales como pendiente del terreno.

Hoy en día los procesos acelerados de urbanización, han contribuido notablemente a la degradación de los recursos naturales como suelo, agua y aire; por tanto es necesario recurrir a la herramienta SIG para graficar esa problemática y que las autoridades conjuntamente con los ciudadanos tomen las mejores decisiones para gestionar los sistemas de agua potable.

La Junta Administradora de Agua Potable del sector central de la parroquia Santa Fé, perteneciente al cantón Guaranda, Provincia Bolívar, no dispone de alguna herramienta que coadyuve a gestionar el sistema de agua potable, dificultando en gran manera las

actividades de operación y mantenimiento; ya que al no poseer planos o detalles que muestren el sistema espacialmente es difícil visualizar las áreas de cobertura, líneas de conducción o distribución, unidades de reserva.

En la República de Argentina la empresa “Obras Sanitarias Sociedad del Estado” empresa prestadora del servicio de agua potable a la población de la Provincia de San Juan a través del proyecto “Optimización de la Red de Agua Potable” integra la información técnica, administrativa y comercial de la red de agua potable bajo el programa o proyecto denominado SIGRAP, este proyecto incorpora nuevas tecnologías basadas en las Bases de Datos, los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas Avanzados de Cálculo para redes de agua; con la finalidad de mejorar el nivel de servicio de agua potable, atender los requerimientos y aumentar la calidad de vida de los habitantes.

Igualmente en la República Mexicana, el Instituto Tecnológico de Chilpancingo utiliza los Sistemas de Información Geográfica para optimizar las actividades de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica es decir las redes de agua potable, alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas servidas.

En el siguiente cuadro se observa las funcionalidades de un SIG comparándolos con otros métodos, por ejemplo la herramienta CAD:

Funcionalidades de SIG	Otros métodos AUTOCAD
Captura de datos.- Los datos se pueden obtener a través de escaneos, levantamientos topográficos, datos GPS, imágenes satelitales, tablas de bases de datos, dibujos CAD, archivos en papel, aerofotografía.	La captura de datos en este método solo se limita a levantamientos topográficos
Manejo de datos.- Son funciones que permiten administrar las estructuras de datos e interactuar con los sistemas de administración de bases de datos relacionales. Proyección y transformación de coordenadas, Creación y Administración de BD.	Esta herramienta no permite manejar bases de datos
Visualización y consulta.- Consta de un importante conjunto de funciones, entre ellas se destacan herramientas de pantalla, manejo de simbologías, realización de mapas temáticos, creación y generación de textos.	Solo se pueden crear planos o dibujos de obras de infraestructura, diseños de construcciones.
Análisis espacial.- Es una de las características de los SIG permiten procesar los datos geográficos para la obtención de nuevos datos.	No permiten realizar análisis puntuales, no permiten análisis de redes, ya que solo se limita a trazos de áreas, longitudes o figuras.
Salida de datos y presentación.- Los resultados pueden ser presentados como: tablas, reportes, mapas; a través de copias impresas, archivos digitales, imágenes.	Los resultados suelen ser siempre planos impresos.

Tabla 1. Comparación Funcionalidades de SIG vs. CAD

1.1 Formulación del problema

El problema de este estudio es desarrollar una metodología para utilizar herramientas SIG en la cobertura de las áreas de influencia de la red de distribución de agua potable.

1.2 Motivación

El propósito de este estudio es desarrollar un trabajo que pueda ser utilizado por los miembros de la junta administradora de agua potable de la parroquia Santa Fé con la finalidad de ubicar las diferentes estructuras que componen el sistema de agua potable, así como también la red de distribución actual

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de información geográfico para el mejoramiento del sistema de agua potable que abastece a 580 habitantes del sector urbano de la Parroquia Santa Fé.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recopilar sistemáticamente la información espacial y tabular, para obtener detalles de las líneas de conducción y distribución.
- Validar y controlar la calidad de la información obtenida del aforamiento de los caudales para distribución en los circuitos o redes de distribución propuestos.
- Utilizar herramientas SIG para definir las áreas de aportación o cobertura de la red de distribución.
- Generar mapas, reportes, tablas; para la representación espacial del diagnóstico actual, áreas de aportación y de la propuesta de la red de distribución.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

En cuanto a la preservación de la Salud de los seres humanos la OMS manifiesta “un estado de completo bienestar físico, social y mental y no sólo la ausencia de enfermedades”. La utilización de herramientas SIG en el mejoramiento y ampliación de la cobertura de las redes de agua potable que al mismo tiempo incluye operación,

mantenimiento constituyen componentes técnicos que coadyuvan a la conservación de la salud de los seres humanos y del medio ambiente.

Actualmente la distribución de agua potable, en el área de influencia de la actual red de distribución, presenta algunas deficiencias en el control operacional, desconocimiento de caudales distribuidos e inadecuada capacidad hidráulica de distribución, al no tener implementados algunos de los sectores de distribución.

1.4.2 Justificación económica

Con la utilización de herramientas SIG se logrará un mejor control operacional ya que se podrán observar donde están ubicados las unidades de reserva, válvulas de control, optimizando los costos de la operación y mantenimiento del servicio.

1.4.3 Viabilidad de la investigación

La investigación es viable puesto que se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo. Se buscará la autorización y colaboración de los miembros de la Junta Administradora de Agua Potable para ejecutar el estudio. Igualmente se obtendrá el apoyo de la comunidad que busca mejorar la satisfacción de sus necesidades de contar con agua potable segura, lo cual facilitará la obtención de información.

1.4.4 Consecuencias de la investigación

Con las herramientas SIG el estudio conseguirá identificar la actual red de distribución y su área de influencia, así como también se propondrá una nueva alternativa de red de distribución con ampliación de las áreas de influencia; con lo que se buscará mejorar el servicio de agua potable.

1.5 Formulación de limitaciones

1.5.1 Limitaciones del estudio

- El estudio se limita a la parte urbana de la Parroquia Santa Fé

1.5.2 Limitaciones que rodean al estudio

- El tiempo para desarrollar la investigación
- El factor económico para realizar el trabajo
- Sitios donde encontrar bibliografía apropiada

2. MARCO METODOLOGICO

2.1 Los Sistemas de Información Geográfico

Los Sistemas de Información Geográfico se han constituido desde hace varios años como una tecnología básica casi imprescindible y eficaz para almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos espacialmente referenciados. (Jiménez, 2008).

Bajo este contexto las aplicaciones que tienen los SIG son diversas y las más usuales son:

Científicas: ciencias ambientales, desarrollo de modelos empíricos, modelación cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.

Gestión: cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenación territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos y seguimiento de actuaciones. Cabe indicar que dentro de la planificación urbana están incluidas las redes de conducción y distribución de agua potable, además de las redes de alcantarillado.

Empresarial: marketing, estrategia de distribución, planificación de transportes y localización óptima. (Llopis, 2008)

Todas las disciplinas anteriormente descritas utilizan los SIG para realizar tareas comunes tales como: Organización y visualización de datos; producción de mapas; consultas y análisis espaciales; previsión y creación de modelos.

2.2 Componentes de un SIG

Los componentes para realizar las tareas dentro de un SIG son las siguientes:

Usuarios: Son los componentes más importantes dentro de un SIG, ya que sin el ser humano no se podría realizar nada.

Software: Incluye programas informáticos, bases de datos, estadísticas, procesamiento de imágenes.

Hardware: Constituido por el equipo de computación tales como, CPU, teclado, monitor, impresoras.

Datos: Un dato por sí mismo no constituye información, es el procesamiento de los datos lo que nos da información.

Métodos: Los métodos deben estar bien definidos para obtener resultados correctos.



Figura 2.1 Componentes de SIG

Estas aplicaciones ha permitido observar o estudiar las características de un territorio para una mejor comprensión del mismo, es decir un SIG puede estar conformado por diferentes capas de información, por ejemplo de una cuenca hidrográfica se puede obtener capas tales como: hidrología, pluviometría, relieve, usos de suelos, asentamientos poblacionales, geología, vías de comunicación.

En una forma similar, en un entorno urbano podemos obtener capas de redes de agua potable, redes de alcantarillado, vías urbanas, catastros, nuevas urbanizaciones.

2.3 Funcionalidades de un SIG

En el desarrollo del presente trabajo se puede observar que las principales tareas que realiza un SIG son la selección, adquisición y la conversión de los datos en formato digital. (Zurita, 2009).



Figura 2.2 Funcionalidades de un SIG

En la figura N° 2.2 se observa que el sistema en conjunto debe poder ejecutar tareas básicas de ingreso, verificación y almacenamiento de datos, manejo de la base de datos, transformación de la información, salida y representación de datos.

Estas labores o tareas son realizadas gracias a la funciones de cada modulo y su interacción con los demás.

2.4 El Abastecimiento de agua

Un sistema de distribución de agua potable se crea o se amplía para suministrar un volumen suficiente de agua a presión conveniente, desde la fuente de suministro hasta el lugar donde se encuentran los habitantes.

Generalmente los sistemas de abastecimiento funcionan a gravedad es decir la energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua en virtud de su altura. (Santiago, 2008)

Las ventajas principales de estos diseños son:

- No se utiliza estaciones de bombeo
- Los costos de mantenimiento es mínimo ya que no existen partes móviles
- La presión del sistema es uniforme y se controla con facilidad

En la siguiente figura podemos observar un perfil de conducción de agua a gravedad:

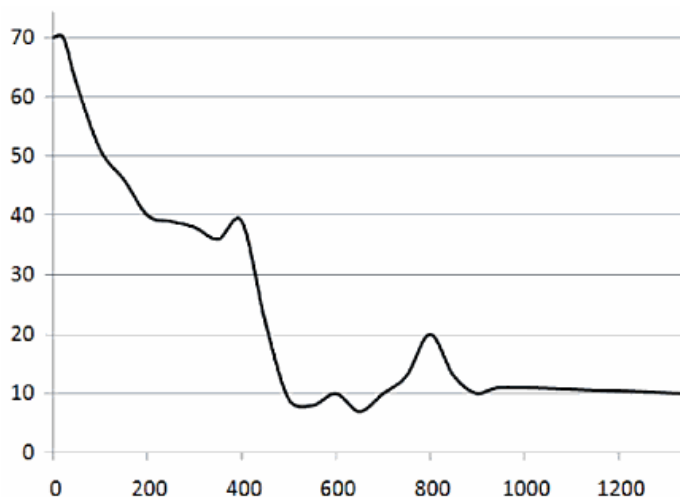


Figura 2.3 Perfil de conducción a gravedad

2.5 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua

2.5.1 Micro cuenca de captación

Un sistema de abastecimiento agua potable está conformado por las estructuras de captación, redes de conducción, planta de tratamiento, tanques de reserva unidades de rompe presión y redes de distribución, también se toma en cuenta la microcuenca o cuenca hidrográfica que abastecen a las fuentes de agua y que constituye el primer elemento de un sistema de abastecimiento de agua, muy pocas veces se incluye en los diseños el análisis y acciones para la protección de la microcuencas o cuenca hidrográfica. (Idrovo, 2000).

2.5.2 Captación

Es una estructura de hormigón armado o simple que se construye directamente en la fuente con la finalidad de captar el caudal requerido y conducirlo por tuberías denominadas de conducción hasta la planta de tratamiento o reserva.

2.5.3 Unidades de rompe presión

Estas estructuras que pueden ser hormigón simple o de hormigón armado, cumplen la función de romper la presión de las líneas de conducción o distribución cuando existen sobrepresiones en la red, es decir que en el interior de estas estructuras la presión del agua es cero.

2.5.4 Planta de tratamiento

Las características del agua permiten determinar qué tipo de tratamiento se dará al agua para que sea idónea para el consumo humano; estos tratamientos son determinados por normativas de calidad e inspecciones de las microcuencas.

2.5.5 Tanques de reserva

Son estructuras que almacenan el agua para compensar las variaciones de consumo que se producen en el día. El volumen o la capacidad de estos tanques están en función de la población de diseño a servir.

2.5.6 Red de conducción

Las líneas de conducción transportan los volúmenes de agua requeridos desde la captación hasta las estructuras de tratamiento o reserva.

2.5.7 Redes de distribución

Estas redes se inician a partir de la salida de los tanques de reserva. El sistema de distribución de agua debe ofrecer un suministro seguro de agua potable en cantidad y calidad convenientes, para satisfacer las demandas de la población.

Estas pueden ser de los siguientes tipos:

- a. Ramificadas.-** Son redes que no cierran los circuitos, el agua circula en una sola dirección, son rápidas y sencillas en calcularlas y construirlas; pero estas tienen una desventaja, cuando existen roturas de tuberías o cuando hay que hacer mantenimiento deben cerrarse y se interrumpe el abastecimiento de agua en todo el circuito, en la siguiente figura podemos observar un ejemplo de red de distribución ramificada.

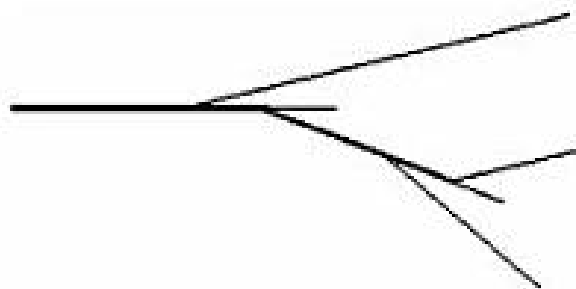


Figura 2.4 Red de distribución ramificada

- b. Mallas o circuitos cerrados.-** Como su nombre lo indica las mallas son circuitos cerrados formados por nudos y tramos, que permiten que el agua circule en cualquier dirección, el cálculo de estos circuitos es un poco complicado pero son más estables y evitan estancamientos de agua. En la siguiente figura podemos observar un ejemplo de red de distribución en malla o circuito cerrado.

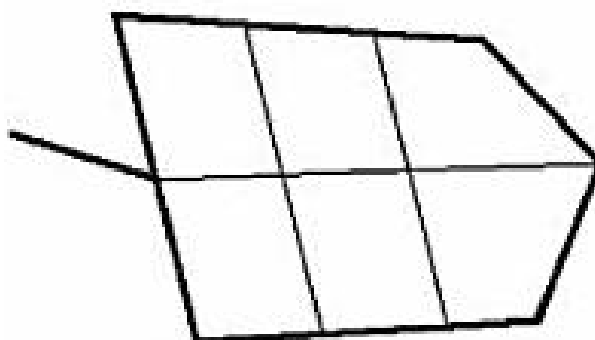


Figura 2.5 Red de distribución en malla

2.5.8 Dimensionamiento

A continuación se realiza una breve descripción de algunos elementos que se utilizan en el dimensionamiento de un sistema de agua potable y que es necesario recordarlos.

- **Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el lapso de tiempo en el cual un sistema de abastecimiento satisface las necesidades de una población o habitantes sin necesidad de realizar ampliaciones del sistema.

El periodo de diseño depende de muchos factores, entre los más importantes tenemos:

- La vida útil de los materiales, equipos e instalaciones
- Facilidad de construcción, ampliaciones o sustituciones
- El crecimiento de la población
- Realidad económica de la comunidad

Generalmente los periodos de diseño varían de 10, 15 y 20 años

- **Población de diseño**

Es un parámetro muy importante para el dimensionamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que debe tener la capacidad suficiente para enfrentar el futuro crecimiento de la población.

Los organismos de desarrollo señalan que el factor de crecimiento de la población depende de la tasa de crecimiento anual y del periodo de diseño, en la siguiente tabla se puede encontrar algunos valores:

PERIODO	2%	3%	4%	5%
10 AÑOS	1.22	1.34	1.48	1.63
15 AÑOS	1.35	1.56	1.80	2.08
20 AÑOS	1.49	1.81	2.19	2.65

Tabla 2.1 Tasa de crecimiento anual

- **Dotación y consumo de agua**

La dotación o demanda de agua es el líquido necesario para satisfacer las necesidades de la población.

Según la subsecretaría de saneamiento ambiental, las dotaciones recomendadas dependen de lo que se denomina niveles de servicio definidos según la disponibilidad de: fondos, aporte comunal, condiciones de salud, tipo de servicio de agua, sistema de eliminación de excretas y número de habitantes.

- **Variaciones de consumo**

Los consumos de agua en una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias; estas se expresan en función del consumo medio.

- **Consumo medio (Cm)**

El consumo medio es obtenido en base a la dotación, número de habitantes y afectado por un coeficiente de fugas, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$Cm = f * D * Pd / 86400 \text{ (l/s)}$$

Donde:

Cm; Consumo Medio

f; factor de fugas

D; Dotación en lt/ (hab-día)

Pd; Población de diseño

- **Consumo Máximo Diario (CMD)**

Es el máximo consumo que se produce en un determinado día del año, el cual se ve afectado por un coeficiente de mayoración máximo diario denominado K1, este coeficiente tiene un valor estimado de 1.25. (Ambiental, 1994)

Y se expresa de la siguiente manera:

$$CMD = 1.25 * Cm$$

- **Consumo Máximo Horario (CMH)**

Esta variación de consumo se debe a que en el transcurso de las 24 horas del día se presentan consumos máximos que superan la demanda promedio diaria debido a las costumbres de la población, hábitos de trabajo. (Pilamunga, 1990)

También se ve afectado por un coeficiente de CMH denominado K2; la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental establece en un valor de K2 igual a 3, se expresa de la siguiente manera:

$$CMH = 3 * Cm$$

- **Caudales de diseño**

En base a los numerales descritos anteriormente los caudales de diseño quedan establecidos de la siguiente manera:

Captación= CMD

Conducción= CMD

Reserva= 40% Cm

Red de Distribución= CMH

2.6 Los SIG y análisis de redes

Desde el punto de vista geométrico las redes están constituidas por dos componentes: juntas o nudos y por tramos o ejes que unen esos nudos.

Por tanto se puede definir a una red como a un conjunto interconectado de entidades lineales que forman una estructura espacial por la cual se desplazan recursos, sean vehículos, personas, energía o información, agua potable. (Ruiz, 1993).

Cada uno de los componentes antes descritos suele estar asociado a diferentes entidades o elementos de la realidad, por ejemplo los nudos pueden representar lo siguiente:

- En proyectos viales los nudos pueden representar intersecciones viales
- En redes eléctricas los nudos pueden representar a los transformadores
- En sistemas de agua potable pueden representar intersección de tuberías, válvulas de control de flujo o válvulas reguladoras de presión.

En tanto que los ejes, en sistemas de abastecimiento de agua potable representan los tramos de tuberías.

En la siguiente figura podemos visualizar un ejemplo sencillo de red:

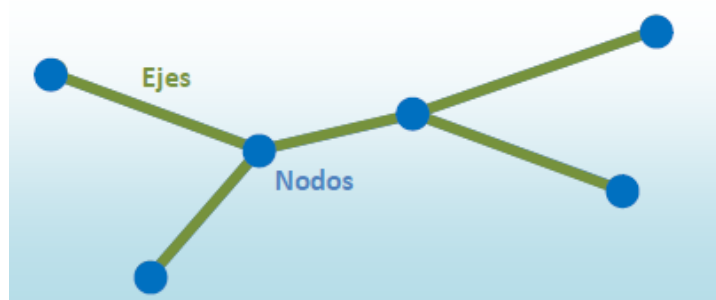


Figura 2.6 Nudos y Ejes

El modelo anterior puede representar algunas situaciones por esta razón ArcGIS las clasifica en dos grupos: en redes geométricas y redes de transporte (ESRI, 2011)

2.6.1 Redes geométricas

Se denominan así a todas aquellas redes que representan el flujo e intercambio al interior de un sistema definido de relaciones, por ejemplo las redes de agua potable son representadas como redes geométricas ya que facilita la administración y control de flujos, mediante precisas reglas de circulación en los nudos tales como: válvulas de cierre o control; y en los ejes o tramos como la velocidad, pérdidas de carga, caudales, presiones.

Como se puede observar la circulación del agua esta definida por tuberías que transporta el líquido vital desde las fuentes hasta los consumidores. Por lo que las redes geométricas son rígidas en cuanto a las políticas de circulación pero flexibles en cuanto a diseños y conectividad. (Barrientos, 2007).

2.6.2 Redes de transporte

Estas redes se identifican por representar las principales características de la circulación vehicular a través de un área determinada, es decir que el flujo es libre al interior del conducto en este caso la vía o calle.

2.7 Datos

Los datos son representaciones físicas del conocimiento que tenemos de los objetos del mundo real, estos consisten en números, estadísticas o proposiciones descriptivas los mismos que agrupados, estructurados e interpretados se considera como la base de la información relevante para utilizarla en la toma de decisiones o realización de cálculos.

2.7.1 Clases de datos

Dentro de la investigación tenemos dos clases de datos: primarios y secundarios

- **Datos primarios**

Son aquellos que se registran como propios y se los obtiene a través de: mediciones, conteos, cuestionarios y entrevistas. (Cespedes, 2010)

- **Datos secundarios**

Constituyen todos los datos provenientes de otras fuentes tales como: estadísticas, mapas, imágenes aéreas, archivos, fuentes de texto. (Cespedes, 2010).

Dentro de esta clasificación también podemos anotar los datos espaciales y no espaciales.

- **Datos no espaciales**

Están constituidos por tablas de tarifas de pagos, listas de usuarios, caudales o volúmenes de agua, diámetros de tuberías.

- **Datos espaciales**

Corresponden a coordenadas geográficas de: captaciones, acometidas, reservorios de agua; longitudes de tuberías de las redes de conducción y distribución; localización de válvulas de control; pendientes del terreno; áreas de aportación.

3. METODOLOGIA

3.1 Enfoque investigativo

3.1.1 Nivel y tipo

La distinción de diferentes tipos de investigación depende de la intensidad y de la perspectiva con la cual se aborda lo que se quiere realizar, la investigación difiere por su profundidad, es así que puede ser cuantitativa y cualitativa. El presente trabajo se enmarca dentro de la investigación cuantitativa descriptiva.

3.1.2 Contexto de la investigación

- **Ubicación**

El presente trabajo se realizó en la Parroquia Santa Fé, perteneciente al Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, la misma que está localizada en la parte sur-oeste de Guaranda, a una distancia aproximada de 6 km; en las coordenadas $1^{\circ}35'22''$ y $79^{\circ}0'11''$; tiene una altitud promedio aproximada de 2760 msnm.

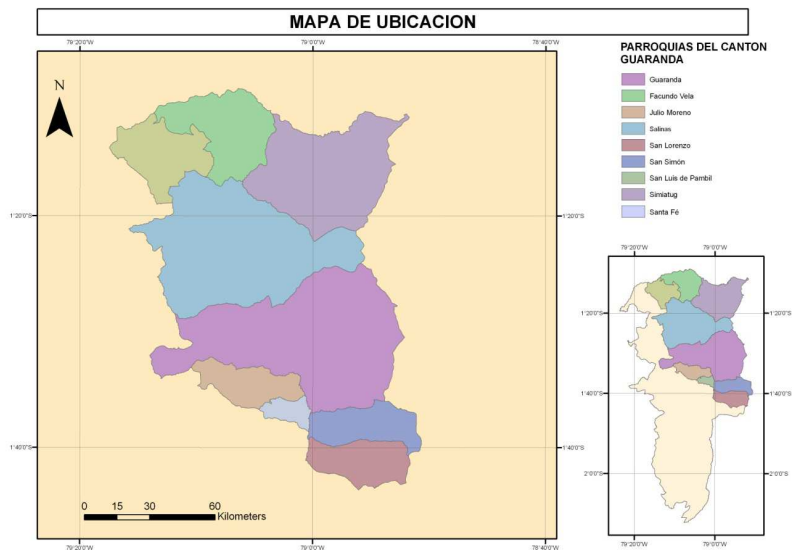


Figura 3.1 Mapa de ubicación de la Parroquia Santa Fé

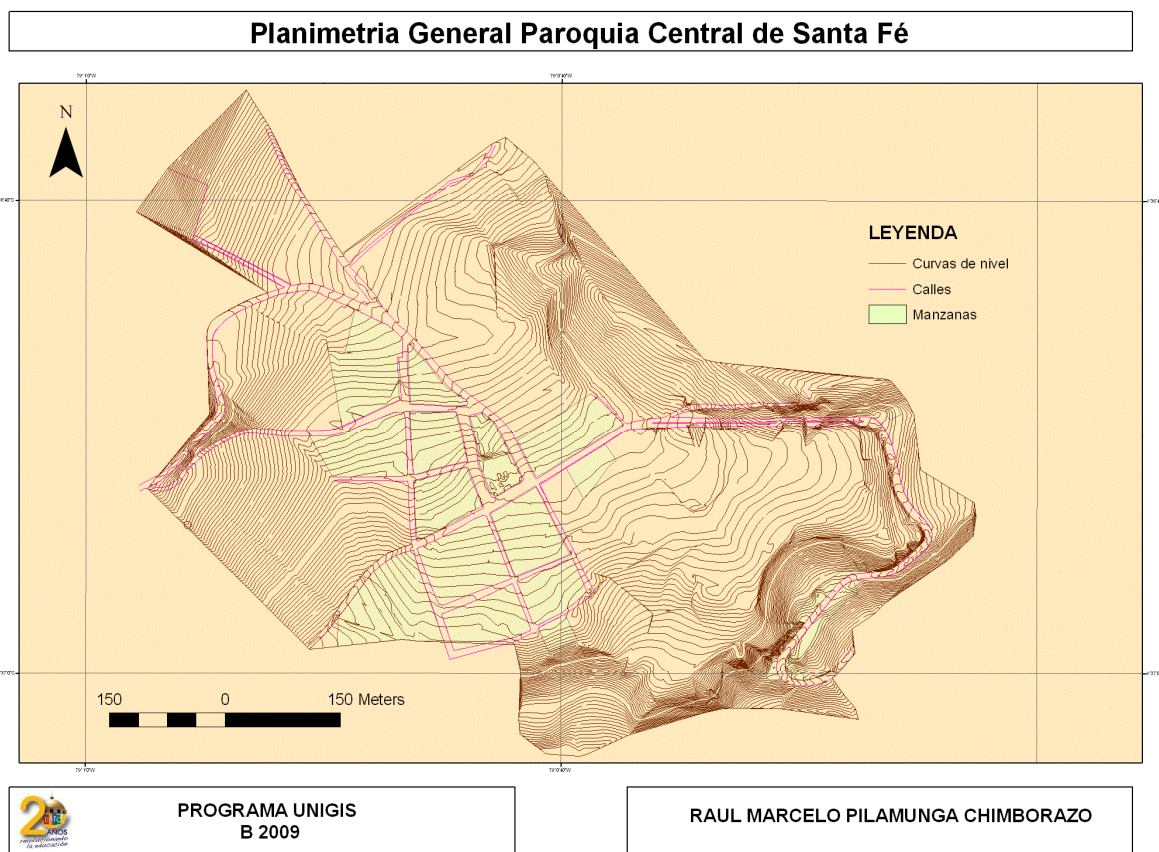


Figura 3.2 Mapa de la Planimetría General de la Parroquia Santa Fé

- **Principales Organizaciones e Instituciones locales**

Existen las siguientes instituciones: La Junta Parroquial, Tenencia Política, Oficina del Registro Civil, Junta Administradora de Agua Potable, Módulo de Agua para Riego, Asociaciones y Comités de Barrio, Subcentro de Salud, Destacamento de Policía Comunitaria

- **Situación en Salud**

Las enfermedades más recurrentes se deben a problemas respiratorios, dermatológicos, osteomusculares y gastrointestinales.

Las causas principales de la mortalidad se producen por enfermedades respiratorias y gastrointestinales para el grupo poblacional de 0 a 5 años; en tanto que las causas de muerte para la población adulta se deben a accidentes de tránsito y ancianidad.

El Subcentro de salud cuenta con los servicios de un médico, odontólogo y una enfermera.

- **Hidrografía**

Río Salinas, que forma parte del sistema río Chimbo

- **Clima**

Generalmente es de clima ecuatorial frío de alta montaña, tiene las siguientes características: Temperatura promedio es de 11° C, la precipitación media anual varía entre 500 a 1000 mm, la humedad promedio de 50 a 57%

- **Zona de vida y Piso ecológico**

Pertenece a la zona de vida Montano Bajo o Templado MBT, que se extiende desde los 2000 hasta los 3000 msnm; en este piso se ubican la mayoría de las poblaciones del sector sierra de la Provincia Bolívar tales como: Julio Moreno, San Simón, Santa Fé, San Lorenzo, La Asunción, Bilován, San Pablo, entre otras comunidades. (Bolívar, 2002)

- **Uso de suelo**

El suelo tiene una topografía que varía del 14 a más del 35%, predomina el suelo negro profundo mayor al 3% M. Orgánica. Ph neutro-secos.

- **Actividades económicas**

La agricultura constituye una de las principales actividades económicas, siendo el cultivo del maíz su principal medio económico, luego siguen cultivos de cebada, fréjol, arveja. Estos productos son comercializados en los mercados de Guaranda, especialmente el maíz.

- **Población**

Toda la parroquia Santa Fé tiene una población aproximada de 1815 habitantes, en la cabecera parroquial habitan 580 habitantes que corresponde al 32 %, en tanto que las 1235 personas pertenecen al sector rural, aproximadamente 68%.

- **Vivienda y servicios**

La parroquia Santa Fé cuenta con sistema de agua entubada que es administrado por las juntas Administradora de Agua Potable. La distribución del agua se la realiza por medio de la red de distribución que tiene una cobertura aproximada del 90 %.

Las viviendas en su mayoría son construcciones de madera y adobe, con cubierta de teja; algunas son tipo mixtas es decir adobe y hormigón.

La parroquia dispone de alcantarillado sanitario por medio de la cual se eliminan las aguas servidas provenientes de las viviendas, también tiene una cobertura del 90 % aproximadamente.

Dispone de recolección de basuras, la misma es reciclada en los domicilios en tachos con su respectiva funda, color verde para residuos orgánicos; color azul para residuos no reciclables tales como vidrio, pilas, metales y color negro para materiales reciclables tales como envases plásticos.

La carretera que conduce desde Guaranda hasta Santa Fé está en buen estado y tiene recubrimiento de capa asfáltica.

- **Educación**

El analfabetismo general es del 16.3% aproximadamente; el 99 % de niños asisten a los centros educativos de la localidad, el 97 % terminan la educación primaria; casi la mayoría de quienes culminan los estudios primarios acuden a los colegios de la ciudad de Guaranda.

- **Situación económica**

La principal fuente de recursos económicos es la agricultura, sin embargo no es tan rentable por cuanto no existen facilidades de crédito ni tampoco capacitaciones para mejorar o variar los cultivos.

Las unidades productivas en su mayoría son familiares y al no ser tan rentable la agricultura, la población busca otras alternativas tales como conductores de buses interparroquiales o interprovinciales; crianza de especies menores.(GAD, Parroquia Santa Fé, 2009).

3.2 Descripción del universo y muestra

3.2.1 Descripción del universo

La Junta de Agua Potable no cuenta con ninguna planimetría de la red de conducción ni de la red de distribución, es decir no existe planos de ninguna naturaleza, solamente dispone de una planimetría muy general en archivo AutoCad.

En la siguiente imagen se observa lo indicado:

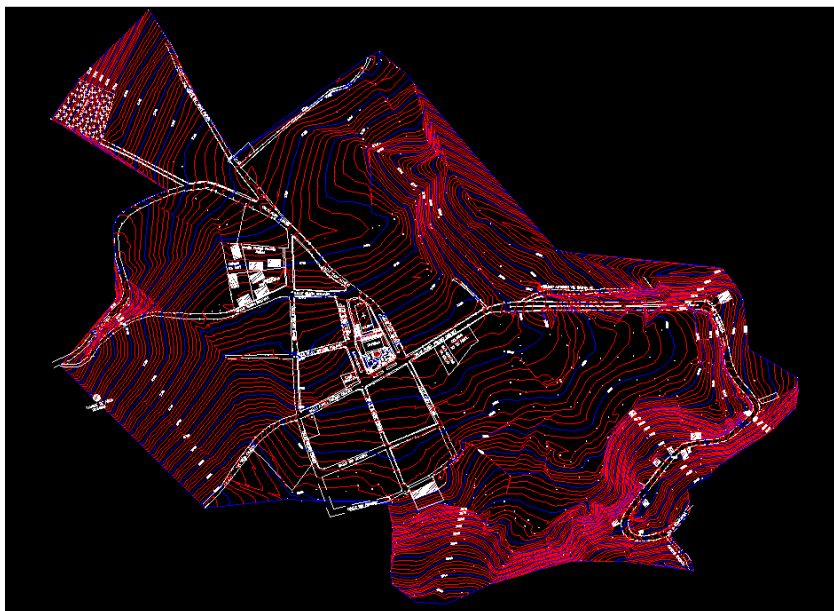


Figura 3.3 Imagen AutoCAD de la parroquia Santa Fé

Sin embargo la red de conducción está conformada por dos líneas de conducción, la primera tiene una longitud de 1102.03 ml y la segunda de 851.89 ml.

En lo que se refiere a la red de distribución tampoco existe planimetría o detalle que indique las conexiones, nudos, válvulas, áreas de aportación, caudales por nudos.

En la siguiente tabla se resume lo manifestado anteriormente:

Descripción	Longitud (ml)	Planimetría red de conducción	Planimetría red de distribución	Áreas de aportación (Ha)	Caudales de consumo por nudo	Caudales de captación y distribución	N° Acometi das	Plan tarifario	Caudales aforados l/s
Red de conducción N° 1	1102.03	No dispone				No dispone			
Red de conducción N° 2	851.89	No dispone				No dispone			
Red de distribución	No dispone		No dispone	No dispone	No dispone	No dispone			
Numero de acometidas							116		
Plan tarifario								\$2,00	
Volúmenes de agua captados y distribuidos									No dispone

Tabla 3.1 Descripción del sistema de agua potable

Descripción	Tipo de flujo	Estado de la estructura	Tipo de estructura	Caudal aforado
Captación N° 1 o Alpachaca	Horizontal	Regular estado	Hormigón simple	No dispone dispositivo medidor de caudal
Captación N° 2 o San Vicente	Horizontal	Buen estado	Hormigón armado	No dispone dispositivo medidor de caudal
Reserva N° 1		Regular	Hormigón ciclópeo y simple, capacidad 30 m ³	1.82 l/s
Reserva N° 2		Buen estado	Hormigón Armado, capacidad 20m ³	0.78 l/s

Tabla 3.2 Descripción de captaciones y reserva

Las estructuras de captación no disponen de válvulas o algún aditamento para medir los caudales captados, antes esta situación los caudales fueron aforados en la llegada a los tanques de reserva con los datos que se anotan en la tabla 3.2.

3.2.2 Muestra

Los beneficiarios de este estudio son la Junta Administradora del Agua Potable y en general los 580 habitantes de este sector de la Parroquia Santa Fé.

Conjuntamente con el Sr. Presidente de la Junta Administradora de Agua Potable se recorrió las líneas de distribución y conducción.



Figura 3.4 Fotografía de personas miembros de la Junta de Agua

La fotografía (figura 3.4) corresponde a una minga de limpieza de los tanques de reserva en la cual estuvo presente el Sr. Edgar Espín, Presidente de la Junta de Agua y algunos usuarios del sistema de agua de Santa Fé.



Figura 3.5 Vista panorámica de la Parroquia Santa Fé

3.3 Procedimiento

3.3.1 Trabajo de campo

- **Visita a la Junta de Agua Potable**

Como primer paso en el desarrollo del presente trabajo se acudió a la junta de agua con la finalidad de mantener una entrevista con el Sr. Presidente de la Junta Administradora de Agua Potable para explicarle el trabajo a realizar y obtener la aprobación del mismo.

En esta entrevista se manifestó que la Junta no dispone de planos de las redes de conducción, distribución; así como también ninguna cartografía que permita identificar las fuentes de agua que sirven como fuentes de abastecimiento, ni tampoco la ubicación de los tanques de reserva, claro que se los puede visualizar en el campo pero geográficamente nadie sabe donde esta esas estructuras, redes de conducción y distribución de agua. Otro

detalle importante es que tampoco nadie sabía la cantidad de agua que se capta y se distribuye a la población por tanto los datos de caudales son inciertos.

En la tabla 3.1 se describe lo anteriormente manifestado.

- **Equipos y materiales**

- Materiales**

Los equipos y materiales son suministrados por el autor de este estudio

- Equipo**

- Computador

- Marca Samsung

- Monitor LG FLATRON W2243S

- Procesador INTEL INSIDE Pentium 4

- Unidad de DVD-RW 16 x LG

- Tarjeta de Internet

- GPS**

- Mc Magellan

- Precisión aproximada 5 a 10m

- Puerto standard

- SOFTWARE**

- Sistema Operativo Windows XP

- SIG de escritorio ArcGIS Desktop 9.2

- Programa para GPS

- **Aforamiento de caudales**

El aforamiento de caudales se realizó utilizando el método volumétrico en la entrada de cada uno de los tanques de reserva.

Descripción	Volumen del recipiente (lt)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
Reserva N° 1	20.00	23.00	1.82
Reserva N° 2	20.00	11.00	0.78
Volumen total			2.60

Tabla 3.3 Aforamiento de caudales

- **Levantamiento de líneas de conducción con GPS**

Al no existir datos de las líneas de conducción utilizando el equipo GPS se recorrió las líneas de conducción tomando datos de coordenadas desde las fuentes de captación hasta las estructuras de reserva, el resultado se presenta en la siguiente imagen.

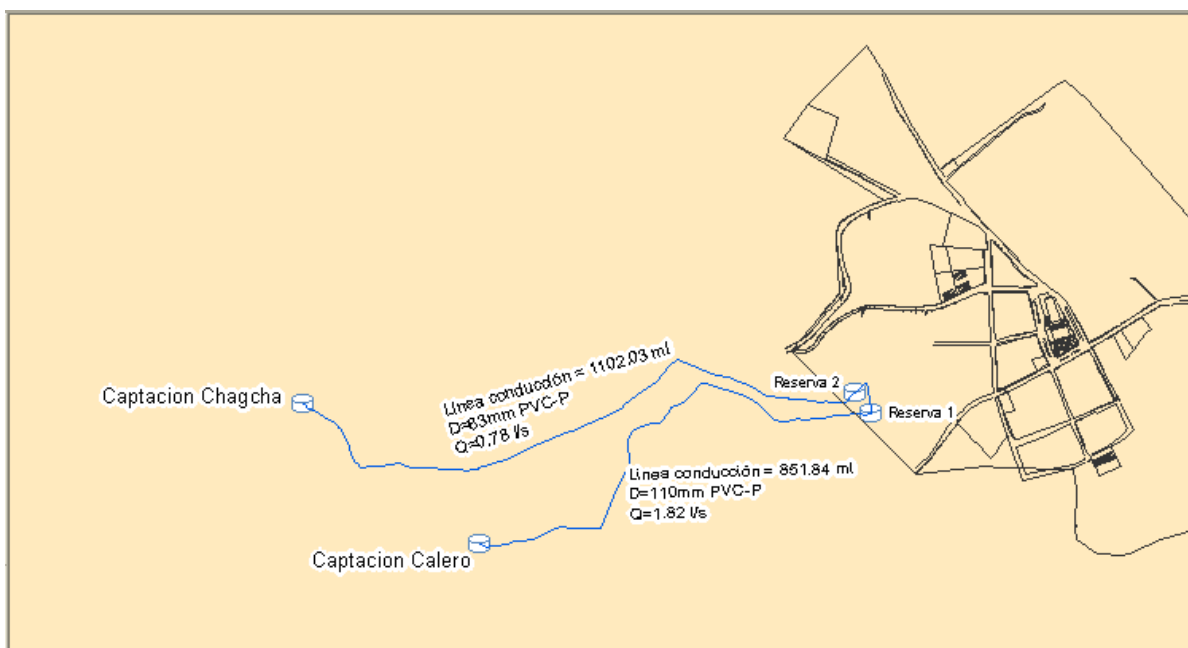


Figura 3.6 Detalle de las líneas de conducción levantadas con GPS

Descripción	Latitud	Longitud	Longitud desde la captación hasta el tanque de reserva
Captación Chagcha	9821352.392	719901.3407	1102.03 ml hasta reserva 1
Captación Calero	9821112.657	720201.2771	851.84 ml hasta reserva 2
Tanque de reserva 1	9821369.948	720839.2660	
Tanque de reserva 2	9821335.637	720865.6102	

Tabla 3.4 Posicionamiento espacial de captaciones y estructuras de reserva

- **Estimación de población de diseño**

La Junta de Agua Potable no dispone de las memorias técnicas de las redes de conducción y distribución por lo que es necesario revisar los caudales de consumos actuales y futuros, para ello se realizó un conteo directo de la población a servir utilizando como referencia el número de acometidas o conexiones domiciliarias.

El resultado de este conteo es:

Población Actual= 580 habitantes

También hemos adaptado y adoptado un periodo de diseño de 20 años como máximo, ya que únicamente queremos chequear el volumen de agua disponible hasta que número de habitantes es factible servir.

La población futura se ha calculado en base al método geométrico, el resultado es el siguiente:

$$Pf = Pa (1+N)^n$$

Donde:

Pf= Población futura

Pa= Población actual

N= tasa de crecimiento de la población

n = periodo de diseño

$$P_f = 580 (1+0.02)^{20}$$

P_f = 862 habitantes

- **Dotaciones**

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda a través de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental tiene establecidos rangos de dotación en base al nivel de servicio acorde con el número de habitantes, en este caso hemos adoptado la dotación de 150 lt/hab-día y que corresponde a una población de servicio entre 500 y 1000 habitantes. (Ambiental, 1994)

- **Variaciones de consumo**

Con la dotación adoptada y adaptada tenemos las siguientes variaciones de consumo:

Descripción	Variaciones de Consumo		
	Consumo Medio Anual (l/s)	Consumo Máximo Diario (l/s)	Consumo Máximo Horario (l/s)
Población Actual	1,11	1,39	3,33
Población Futura	1,65	2,06	4,95

Tabla 3.5 Variaciones de consumo

Con este análisis de variaciones de consumo procedemos a revisar los caudales de diseños actuales y futuros:

- **Caudales de diseño actuales**

Con los datos de variaciones de consumo de la tabla N° 3.5, correspondientes a la población actual, los caudales de diseño serían:

Estructuras de Captación= CMD= 1.39 l/s

Red de Conducción= CMD= 1.39 l/s

Tanques de Reserva= 40 % de 1.11 l/s (Consumo Medio Anual) = 44.40 m³

Red de Distribución= CMH= 3.33 l/s

Los caudales de captación y conducción son inferiores al volumen existente que es de 2.60 l/s, por tanto se puede manifestar que existe disponibilidad de agua para la población actual.

Cabe indicar que para compensar el Consumo Máximo Horario (3.99 l/s) es necesario que los tanques de reserva deben tener una capacidad de almacenamiento de 53.20 m³.

- **Caudales de diseño futuros**

Realizando un análisis similar al caso anterior basado en la tabla N° 3, los caudales de diseño correspondientes a la población futura de diseño serían:

Estructuras de Captación= CMD= 2.06 l/s

Red de Conducción= CMD= 2.06 l/s

Tanques de Reserva= 40 % de 1.65 l/s (Consumo Medio Anual)= 65.87 m³

Red de Distribución= CMH= 4.94 l/s

Los caudales de captación y conducción son inferiores al volumen existente que es de 2.60 l/s, por tanto se puede manifestar que existe disponibilidad de agua para la población futura.

Cabe indicar que para compensar el Consumo Máximo Horario (4.94 l/s) es necesario que los tanques de reserva deban tener una capacidad de almacenamiento de 65.87 m³.

Como se puede observar en los dos casos el caudal disponible de agua para consumo humano es suficiente, sin embargo la comunidad deberá emprender programas de forestación y reforestación en los lugares donde se encuentran las tomas o vertientes de agua para conservar el caudal disponible.

En lo que concierne a las estructuras de reserva por el momento la capacidad de almacenamiento cubre las demandas, sin embargo para cubrir demandas al final del periodo de diseño es necesario que se construya otra estructura de reserva con capacidad de 15.87 m³ para que el volumen de reserva total sea de 65.87m³.

3.3.2 Utilización de ArcGIS

En los diferentes módulos de la presente maestría se ha utilizado el software ArcGIS, la misma que constituye una herramienta muy valiosa para realizar estos trabajos.

El archivo Santafe_curva_urbano que está en AutoCAD, se lo importo a ArcGIS a través de ArcToolBox utilizando la herramienta Import From CAD:

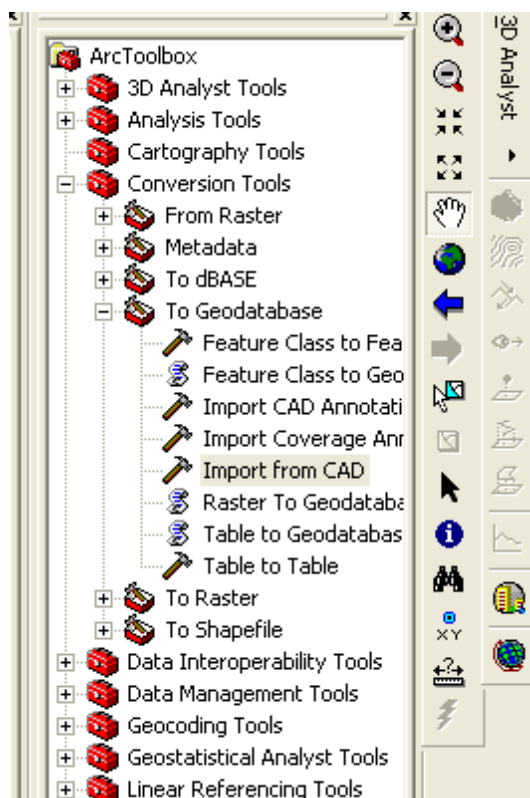


Figura 3.7 Imagen de la caja herramientas ArcToolbox (Import from CAD)

Luego se tiene la siguiente caja de dialogo:

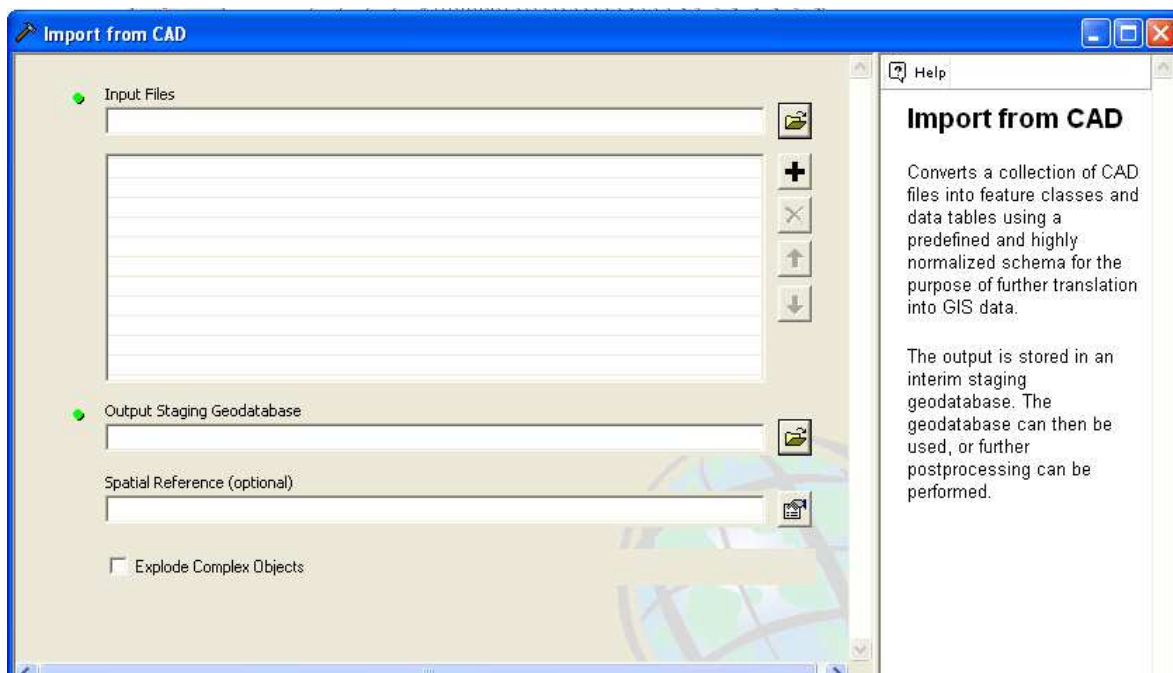


Figura 3.8 Caja de dialogo Import from CAD

El resultado de la operación es la siguiente imagen:

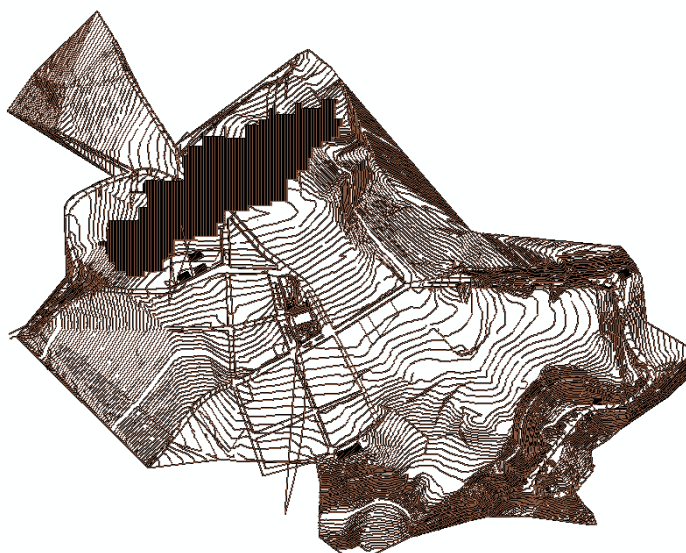


Figura 3.9 Imagen importada de CAD

- **Áreas de aportación**

Las áreas de aportación o de influencia son componentes de nudo o tramo de la red de distribución de agua potable, estas se determinan acorde a la distribución de las viviendas, manzanas y de la topografía del terreno.

Con la ayuda de ArcGIS se procede a trazar las áreas de aportación por cada tramo y nudo de la red de distribución.

Para eso dentro de ArcCatalog se creó el shape nudos (punto) y el shape red de distribución (líneas).

El resultado se observa en la siguiente imagen:

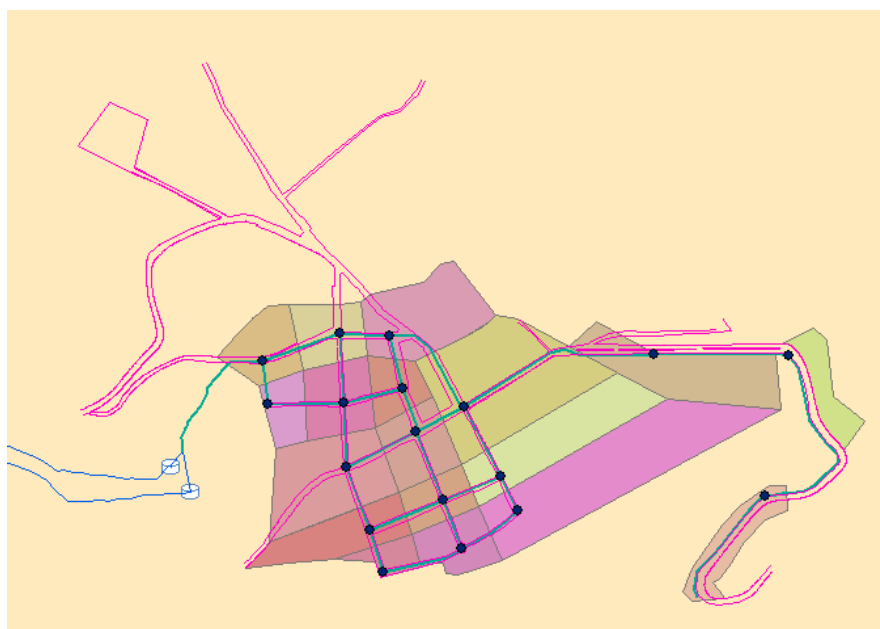


Figura 3.10 Trazo de las áreas de aportación, nudos y red de distribución

Una vez que se ha trazado las áreas de aportación por cada nudo y tramo, se pudo calcular el área, en la tabla de atributos consta el área de cada nudo y la superficie total:

Área total= 204047 m²= 20.41 ha

Área mínima= 3103 m²= 0.31 ha

Área máxima= 29428 m²= 2.94 ha

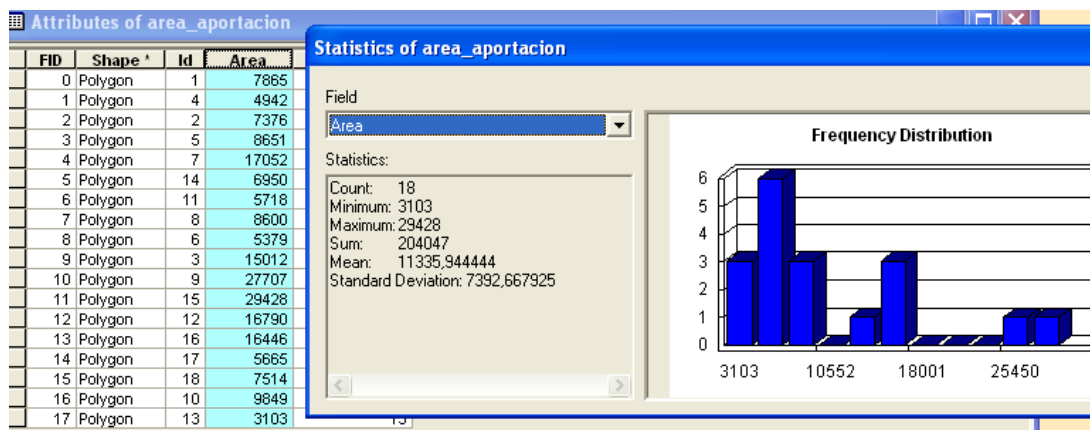


Figura 3.11 Resultado de las operaciones con áreas de aportación de cada nudo

- **Densidad poblacional**

La densidad poblacional se refiere al número de habitantes por unidad de área, la misma puede ser en hectáreas o kilómetros cuadrados, en el presente caso de estudio se utilizó número de habitantes por hectárea.

En base a la población de diseño obtenida en la sección 3.3.1 y el área total a servir obtenida en el numeral anterior, se tiene que la fórmula para calcular la densidad poblacional es:

$$D_p = \text{Número de habitantes} / \text{área (hab./ha)}$$

$$D_p = 862 \text{ habitantes} / 20.41 \text{ ha}$$

$$D_p = 42.25 \text{ hab./ha}$$

Con el valor de la densidad poblacional podemos obtener el número de habitantes por nudo.

$$N_{\text{hab.}} = D_p * \text{Area}$$

En la tabla de atributos se observa lo manifestado anteriormente:

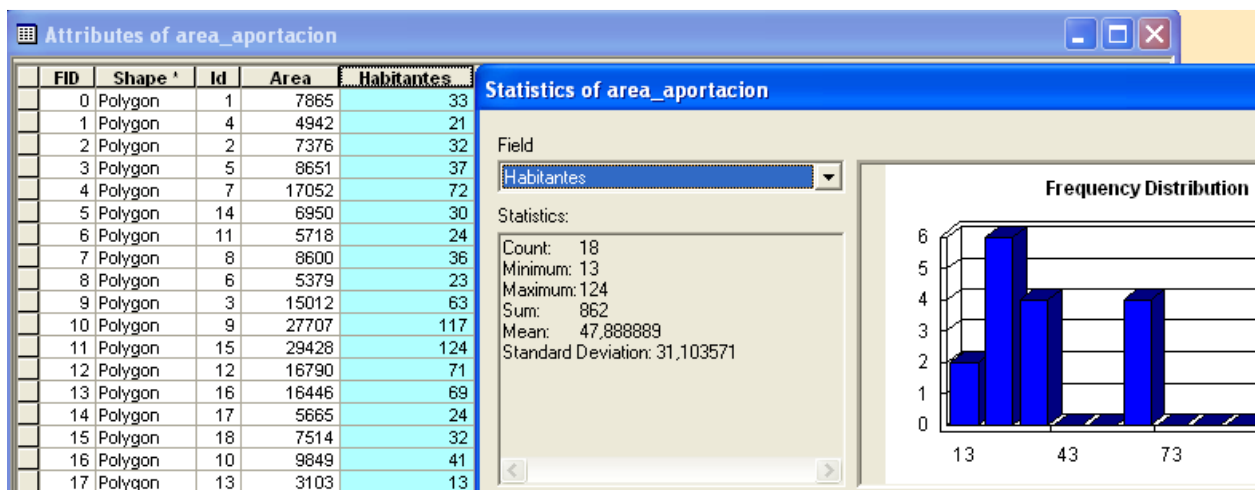


Figura 3.12 Resultado del campo “Número de Habitantes” por cada nudo

Realizada esta operación se obtiene:

Población mínima= 13 habitantes

Población máxima= 124 habitantes

Población total= 862 habitantes

Con los datos de población por nudos se puede calcular los caudales de consumo por cada nudo mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = CMH \cdot N_i$$

Donde:

Q_i , Caudal por cada nudo en l/s ó l/min

CMH; Caudal máximo horario

N_i ; Número de habitantes por nudo

El resultado de estas operaciones se observa en la siguiente figura:

FID	Shape *	Id	Area	Habitantes	CMH L.min.
0	Point	2	7376	32	11
1	Point	1	7865	33	12
2	Point	7	17052	72	25
3	Point	10	9849	41	14
4	Point	11	5718	24	8
5	Point	14	6950	30	10
6	Point	15	29428	124	43
7	Point	12	16790	71	24
8	Point	13	3103	13	4
9	Point	4	4942	21	7
10	Point	5	8651	37	13
11	Point	8	8600	36	12
12	Point	6	5379	23	8
13	Point	3	15012	63	22
14	Point	9	27707	117	40
15	Point	16	16446	69	24
16	Point	17	5665	24	8
17	Point	18	7514	32	11

Figura 3.13 Creación de Campo de caudales máximos Horarios

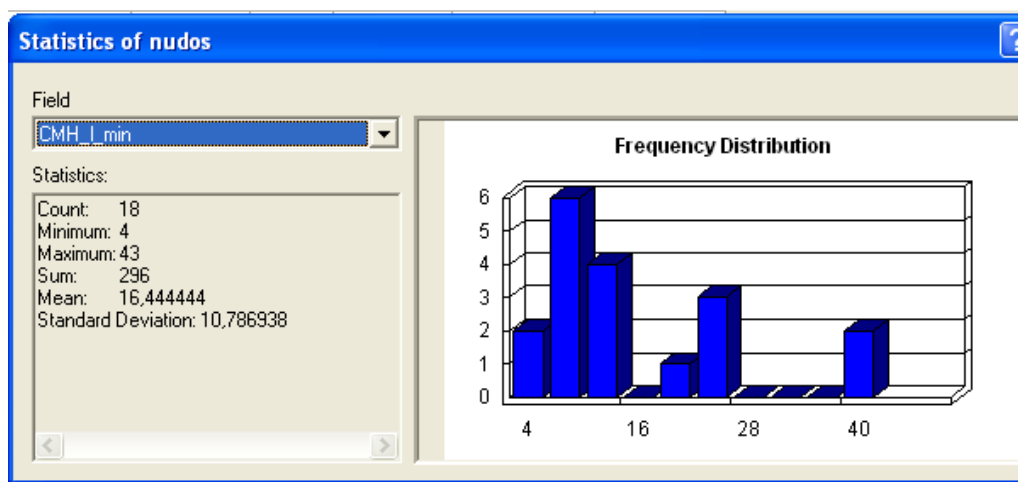


Figura 3.14 Resultado de consumos máximos y mínimos

En la tabla de atributos de los nudos se aprecia el área, número de habitantes y caudal en l/min; estos datos son por cada nudo.

Una vez que se ha realizado la distribución de caudales por nudos y tramos, datos que se ha ingresado en la tabla de atributos de las áreas de aportación, red de distribución y nudos se puede realizar las consultas respectivas, tal como se muestra en la siguiente figura:

Por ejemplo se tiene la consulta al nudo 1, se observa el área del nudo en metros cuadrados; número de habitantes y caudal en l/min.

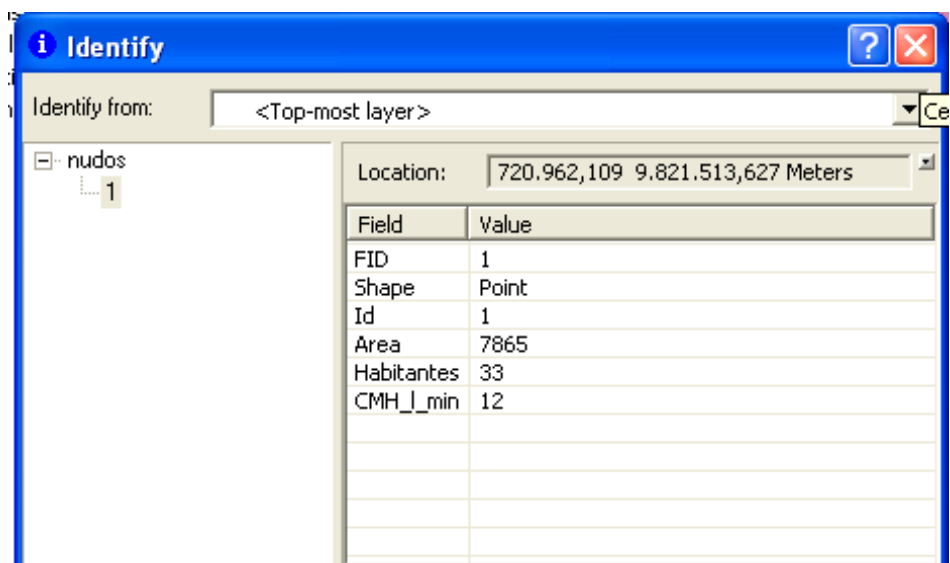


Figura 3.15 Consulta de datos del nudo a través de la herramienta “i”

También se puede consultar cualquier tramo de la red de distribución, en la siguiente imagen se observa la consulta:

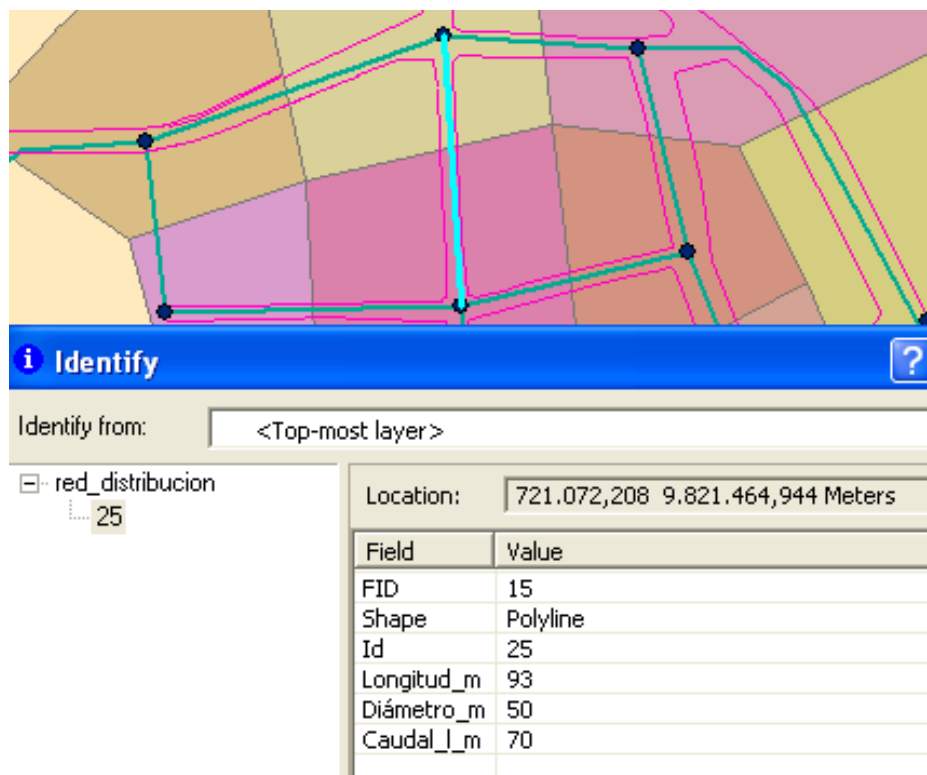


Figura 3.16 Consulta de un tramo de la red de distribución

La imagen pertenece al tramo 2-5, la longitud es 93m; el diámetro de la tubería es de 50mm y el caudal que circularía es de 70 l/min.

3.4 Operacionalización de los objetivos

3.4.1 Recopilar sistemáticamente la información espacial y tabular

Con la ayuda del equipo GPS se recolectó la información espacial recorriendo conjuntamente con miembros de la Junta de Agua Potable los lugares donde se encuentran las captaciones, línea de conducción y estructuras de reserva; información que la tabulamos en la tabla N° 4.

3.4.2 Validación y control de la calidad de la información obtenida

El recorrido por las líneas de conducción se realizó conjuntamente con miembros de la junta administradora de agua, aprovechando un día de minga que la comunidad organizó para limpiar y medir los caudales que llegan a cada uno de los tanques de reserva, en las siguientes imágenes se puede constatar lo manifestado:



Figura 3.17 Fotografía de limpieza de tanque de reserva 1



Figura 3.18 Aforamiento de Caudales en reserva 1

En la siguiente imagen se aprecia el track de las líneas de conducción las mismas que van desde las captaciones hasta los tanques de reserva:

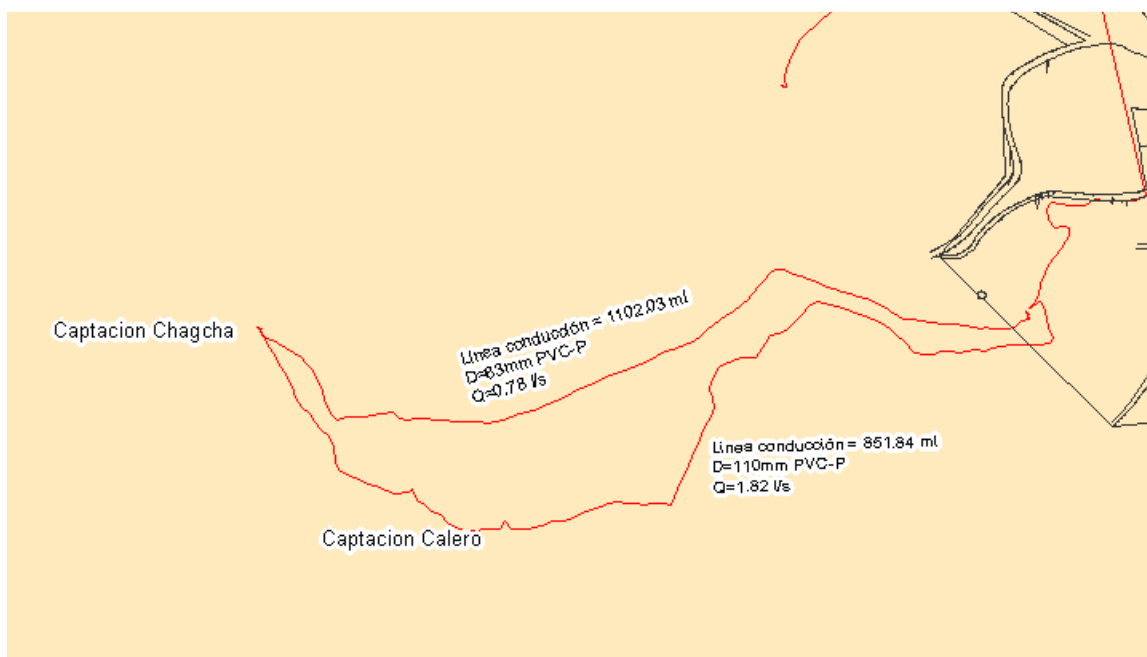


Figura 3.19 Resultado de los datos tomados con GPS

El resultado logrado fue que la imagen coincide con la realidad especialmente los sitios por donde atraviesan las líneas de conducción.

En la sección 3.1.2 se describieron entre otras cosas, los servicios básicos disponibles, en la siguiente imagen se representan lo manifestado:

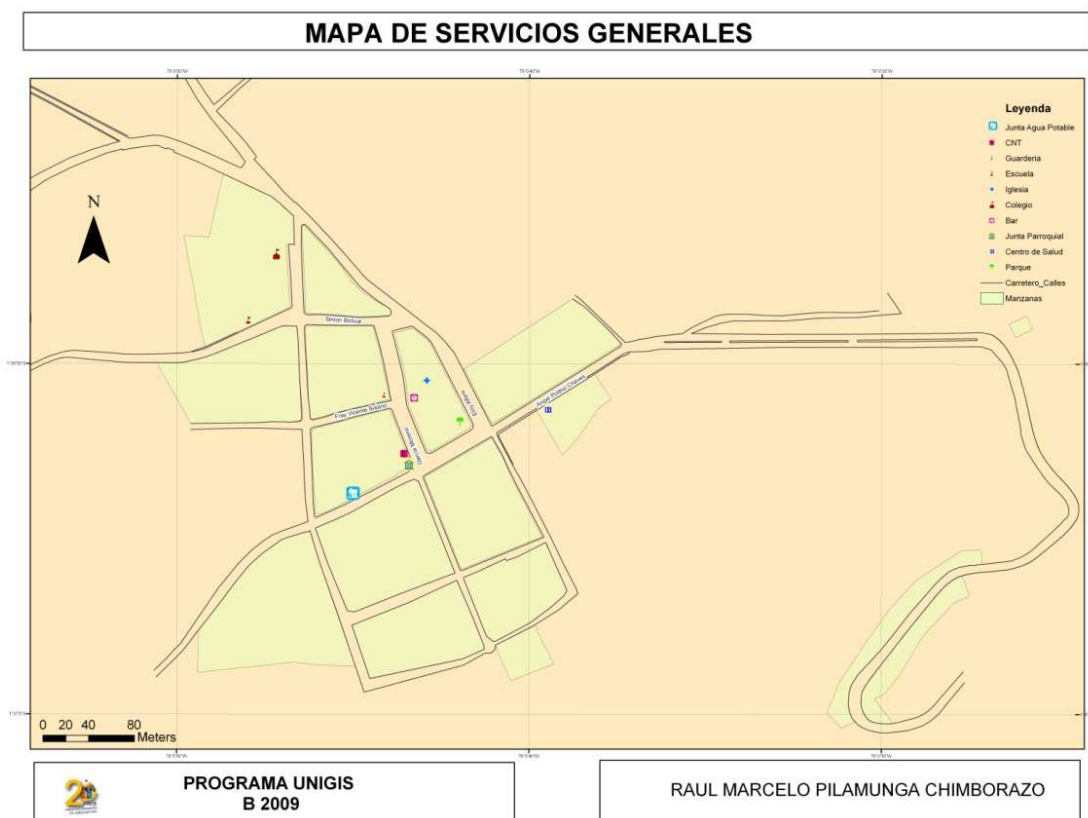


Figura 3.20 Mapa de Servicios Generales

3.4.3 Utilización de herramientas SIG para definir las áreas de aportación o cobertura de la red de distribución

El presente numeral contiene el diseño e implementación del Sistema de Información Geográfica para el mejoramiento de la gestión del sistema de agua potable de la parte urbana de la Parroquia Santa Fé, según los resultados gráficos y alfanuméricos obtenidos en las fases de diagnóstico y delimitación de las áreas de aportación.

Esta delimitación constituye un instrumento técnico que apoyará conjuntamente con la información sistematizada los diferentes procesos de mejoramiento del sistema de agua potable.

El objetivo primordial de la implementación de SIG es obtener salidas gráficas de cada uno de los componentes de las redes de conducción y distribución del sistema de agua potable.

Para lo cual se ha realizado lo siguiente:

- 1 Pasar los objetos CAD a ArcGIS
- 2 El SIG se implementa bajo la concepción y alcance del presente estudio maneja elementos llamados objetos o entidades tales como: unidades de captación; redes de conducción y distribución; áreas de aportación; estructuras de reserva; nudos; caudales; los cuales poseen atributos que fueron almacenados y procesados con información gráfica y alfanumérica para la manipulación, análisis y difusión de la información.

- **Funciones del sistema**

El diseño del presente SIG cumple las siguientes funciones:

- 1 Suministro de información geográfica para las unidades del sistema de agua potable.
- 2 Obtención de los mapas de: área de aportación, redes de conducción y distribución.

- **Requerimientos de información**

Los requerimientos de información está referida a: Áreas de aportación, datos de consumos actuales y futuros, datos de población actual y futura, Redes de conducción y distribución, caudales de diseño actuales y futuros, densidad poblacional, ubicación de unidades captaciones y estructuras de reserva

- **Usuarios**

Se identifican los siguientes usuarios:

Internos: El usuario más importante es la Junta Administradora del Sistema de Agua Potable, como entidad usuaria y generadora de la información para desarrollar sus trabajos de mejoramiento del sistema de agua potable.

Externos: Dentro de esta categoría se puede citar a entidades públicas y privadas del orden local y nacional tales como: Municipio de Guaranda, MIDUVI, Centro de Salud, Plan Internacional, FEPP, entre otras instituciones.

3.4.4 Mapas, reportes, tablas

Con los datos obtenidos los SIG generan:

- Mapas que son representaciones gráficas y métricas de una porción de territorio
- Reportes son documentos generados por el sistema que presenta de manera resumida datos relevantes guardados o generados por la misma aplicación y son útiles para los fines que la Junta Administradora de Agua Potable crea conveniente
- Tablas que están compuestas por dos estructuras, registro (filas) y campos (columnas).

3.4.5 Difundir la información

Luego de que se ha recabado toda la información posible sobre la red de conducción y red de distribución del sistema de agua potable de la parte central de la parroquia Santa Fé es necesario dar a conocer a los miembros de la Junta Administradora de Agua Potable y público en general los resultados obtenidos, con la finalidad de que la gente conozca los diferentes elementos del sistema de agua, por donde cruzan las tuberías, diámetros y caudales.

3.5 Diagramas de flujo de todo el proceso propuesto

Para una mejor comprensión de los procesos descritos anteriormente se presenta los diagramas de flujo respectivos:

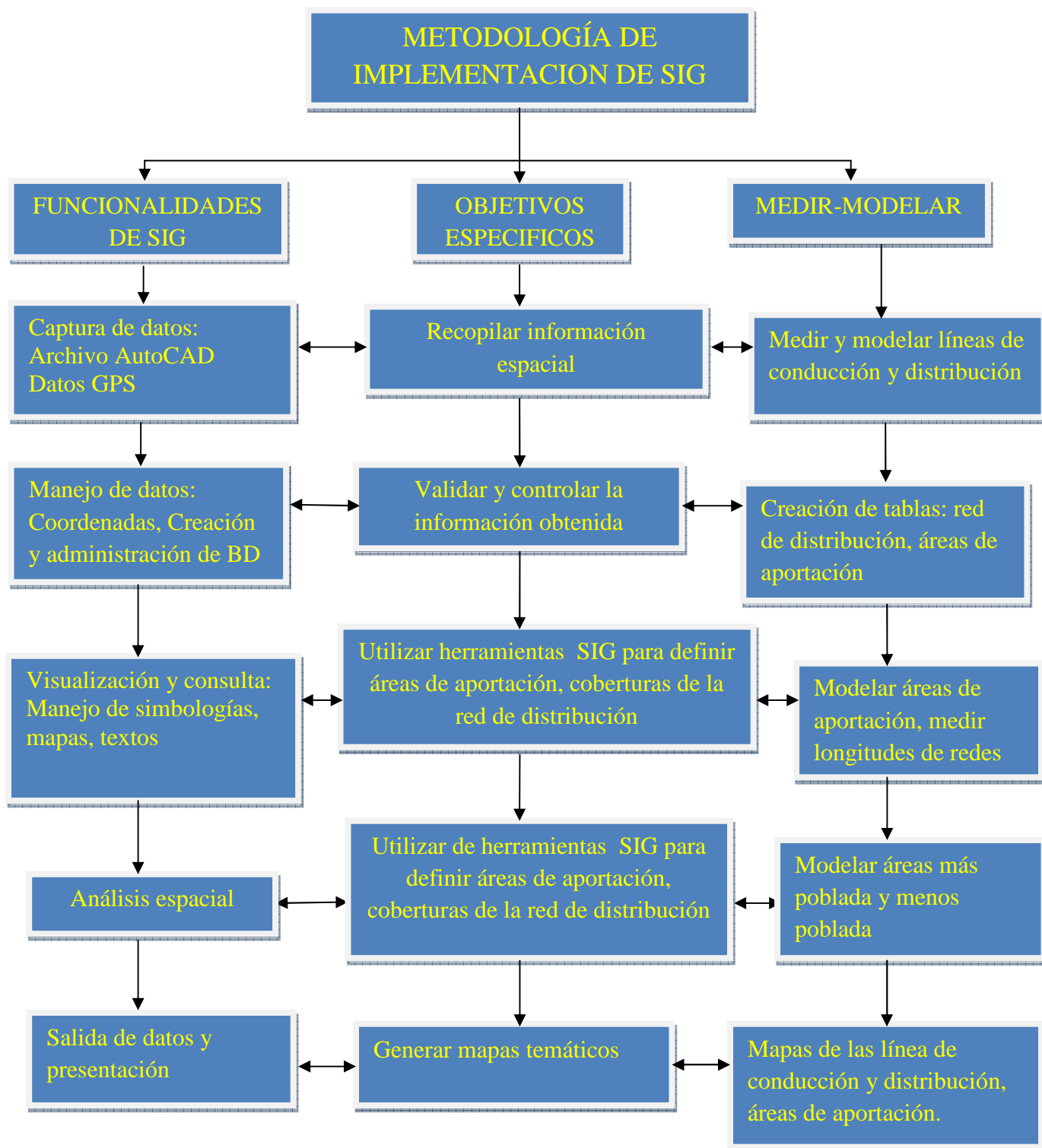


Figura 3.21 Diagrama Implementación de SIG

- Recopilación de la información

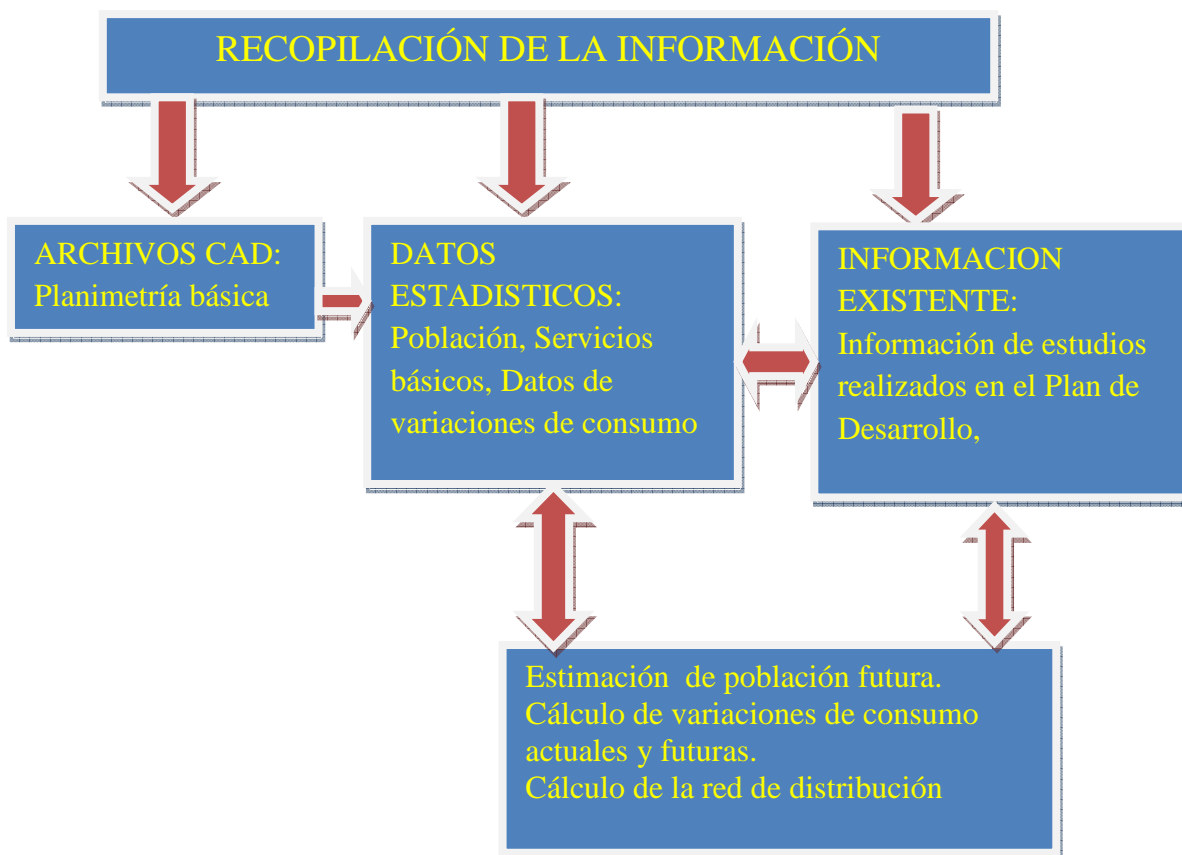


Figura 3.22 Diagrama Recopilación de la información

El diagrama anterior explica las diferentes etapas en la adquisición de datos disponibles, en este caso la primera información adquirida fue la planimetría de la parroquia en archivo autoCAD, luego fueron facilitados los datos de población a través de conteo directo en la zona del proyecto, así como también los datos de variaciones de consumo, luego otros datos fueron otorgados a través de el Plan de Desarrollo de la parroquia.

Con todos estos datos se procedió a calcular o estimar la población futura y las variaciones de consumo actuales y futuras.

- Trabajo de campo

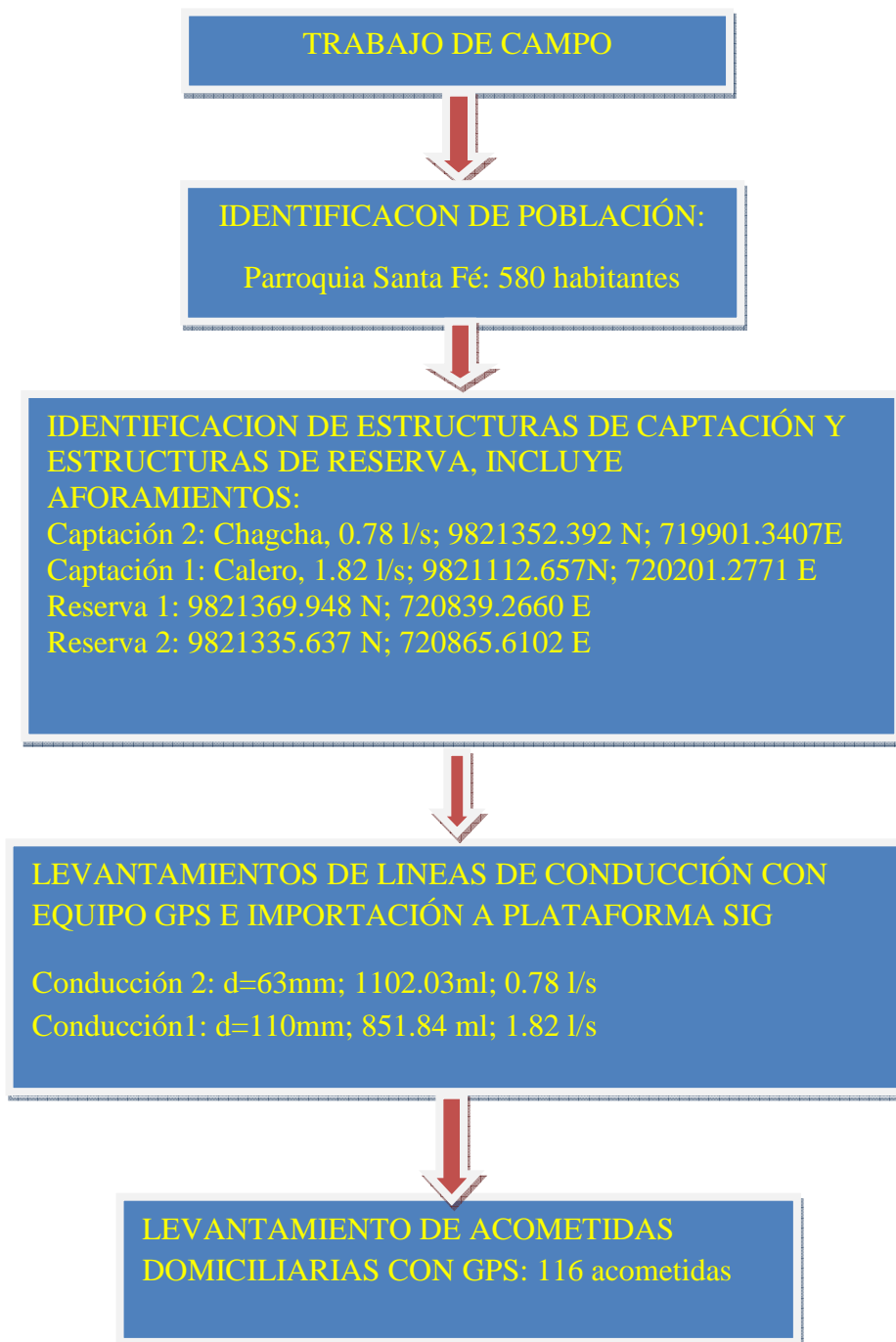


Figura 3.23 Diagrama Trabajo de campo

4. RESULTADOS

4.1 Mapa de diagnóstico actual

En la siguiente imagen podemos apreciar el mapa que contiene la red de distribución actual:

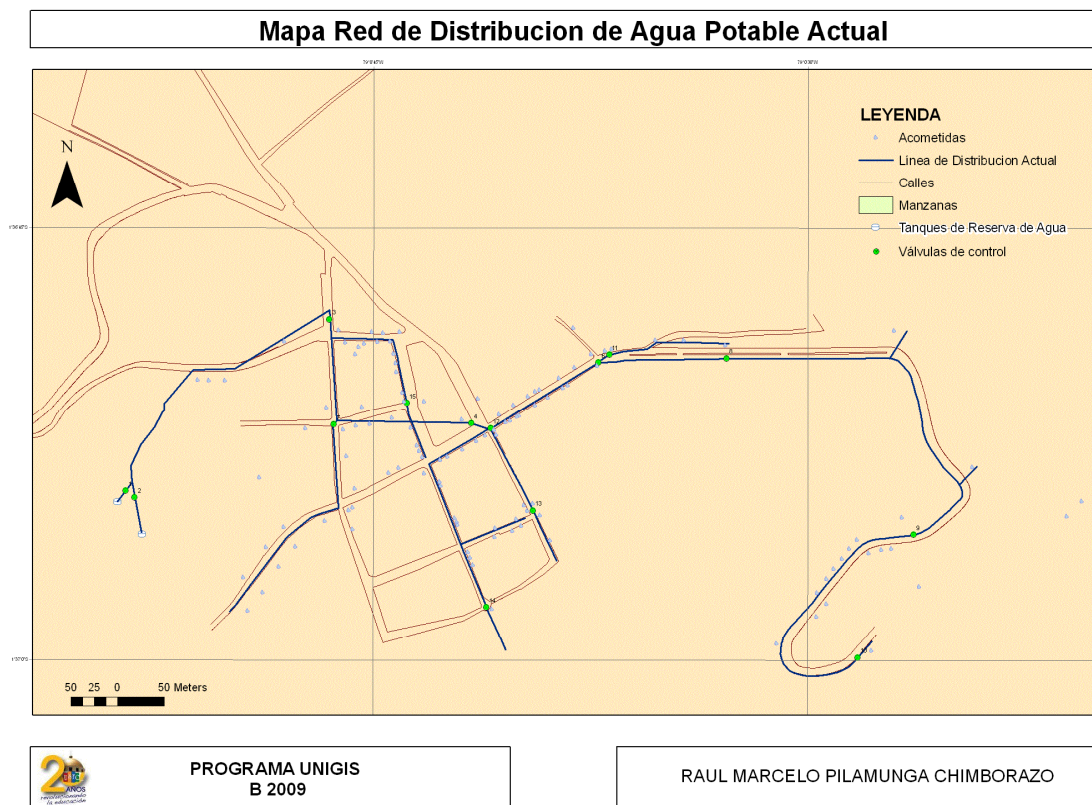


Figura 4.1 Mapa de la Red de Distribución Propuesta

Las mejoras que se han realizado a las líneas actuales de la conducción y distribución han sido ejecutadas con poca técnica esto tiene como consecuencia irregular distribución de caudales, nudos de intersección de las tuberías que no tienen área de influencia definidas, en otros casos simplemente no hay área de aportación; en la siguiente captura de pantalla se puede apreciar lo manifestado anteriormente.

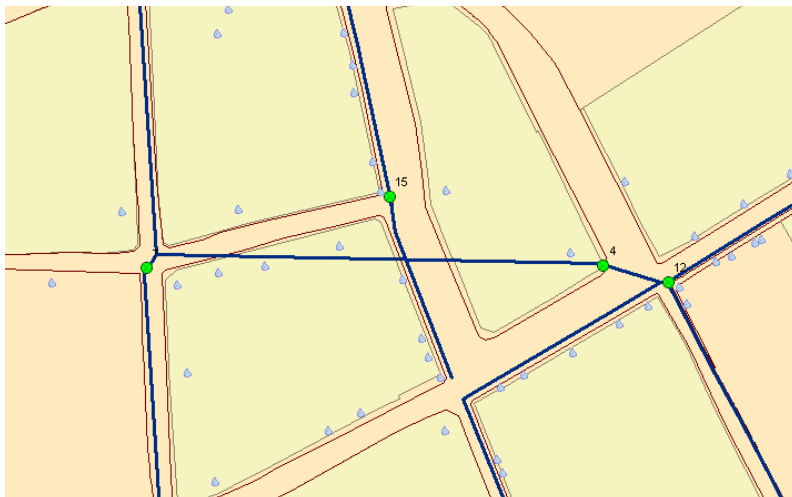


Figura 4.2 Detalle de la red actual y nudos de intersección de tuberías

También se observa en el gráfico anterior que la red no está bien definida, los circuitos no están cerrados o parecería que fuera una red abierta o una combinación extraña de las dos.

4.2 Mapa de propuesta

4.2.1 Áreas de aportación

Como una alternativa de gestión para el mejoramiento del sistema de agua potable de la parte urbana de la Parroquia Santa Fé es realizar un mapa de propuesta en donde se indique los circuitos cerrados y abiertos, a partir de la intersección de nudos los cuales generan las áreas de aportación.

A continuación se presenta el mapa de áreas de aportación:

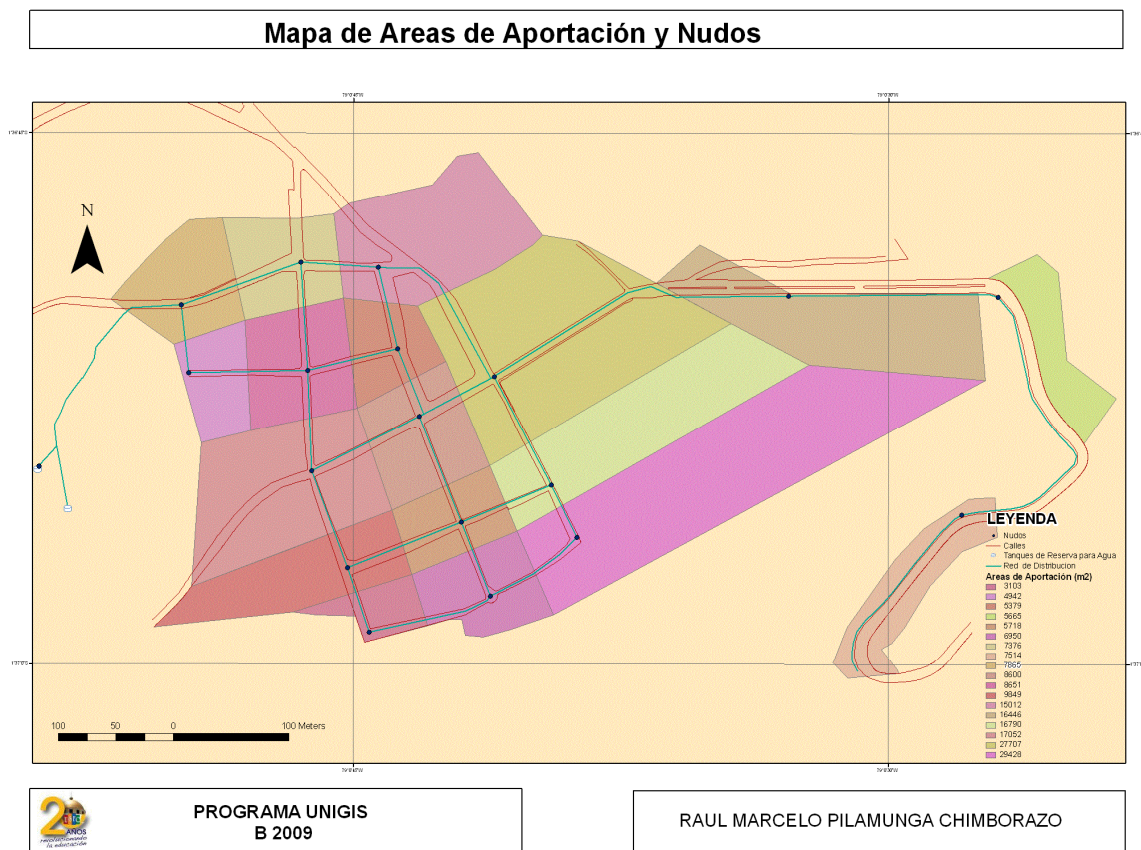


Figura 4.3 Mapa de las áreas de aportación

Como resultado se tiene:

Attributes of area_aportacion					
FID	Shape *	Id	Area	Habitantes	
17	Polygon	13	3103	13	
1	Polygon	4	4942	21	
8	Polygon	6	5379	23	
14	Polygon	17	5665	24	
6	Polygon	11	5718	24	
5	Polygon	14	6950	30	
2	Polygon	2	7376	32	
15	Polygon	18	7514	32	
0	Polygon	1	7865	33	
7	Polygon	8	8600	36	
3	Polygon	5	8651	37	
16	Polygon	10	9849	41	
9	Polygon	3	15012	63	
13	Polygon	16	16446	69	
12	Polygon	12	16790	71	
4	Polygon	7	17052	72	
10	Polygon	9	27707	117	
11	Polygon	15	29428	124	

Figura 4.4 Detalles de área y de habitantes por cada nudo

El polígono N° 15 es el de mayor área con 29 428 m² y el de mayor población con 124 habitantes, además es una zona con proyección de futuros asentamientos poblacionales.

4.2.2 Red de Distribución

La propuesta de una nueva red distribución está constituida por nudos en donde interceptan las líneas de tuberías conformando un circuito cerrado y un ramal abierto conformado por los nudos 16, 17,18.



Figura 4.5a Mapa de la red de distribución propuesta zona alta

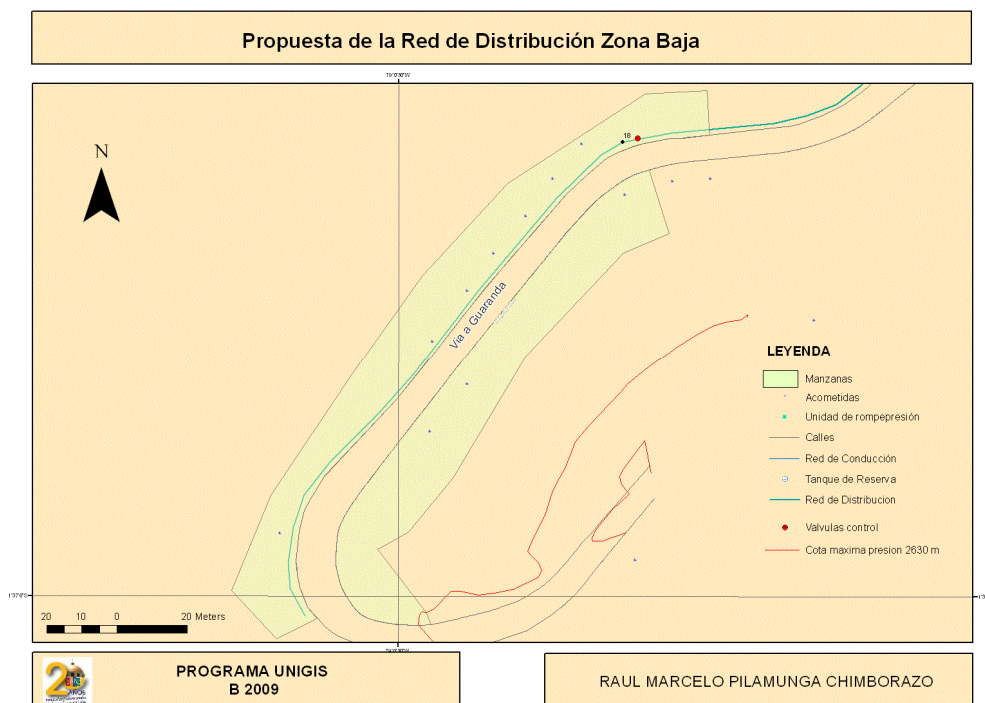
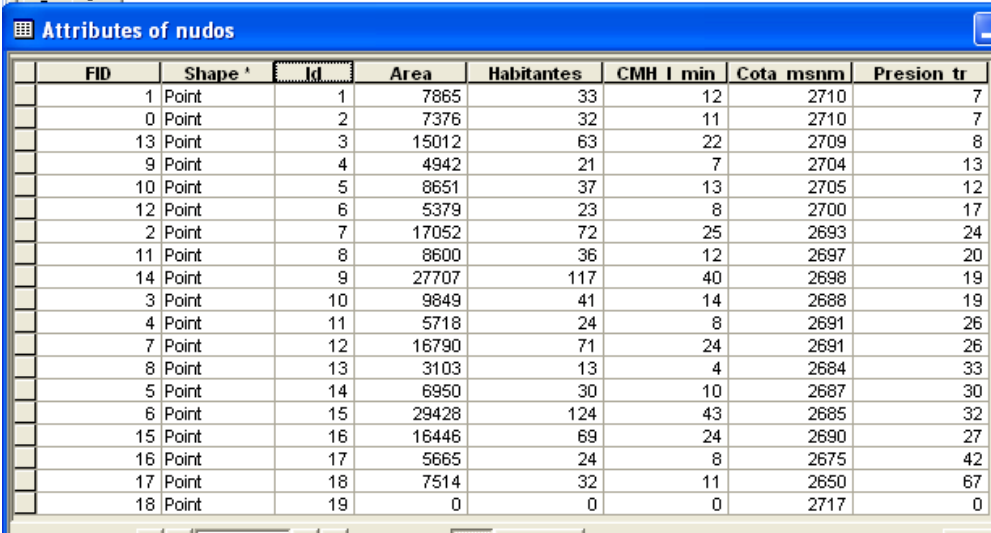


Figura 4.5b Mapa de la red de distribución propuesta zona baja

Cada nudo tiene como información el área de aportación; Número de Habitantes; Caudal Máximo Horario del nudo; Cota; Presión Estática de Trabajo en metros de columna de agua.

En la captura de pantalla de la tabla de atributos de los nudos observamos los resultados obtenidos:



FID	Shape *	Id	Area	Habitantes	CMH l min	Cota msnm	Presion tr
1	Point	1	7865	33	12	2710	7
0	Point	2	7376	32	11	2710	7
13	Point	3	15012	63	22	2709	8
9	Point	4	4942	21	7	2704	13
10	Point	5	8651	37	13	2705	12
12	Point	6	5379	23	8	2700	17
2	Point	7	17052	72	25	2693	24
11	Point	8	8600	36	12	2697	20
14	Point	9	27707	117	40	2698	19
3	Point	10	9849	41	14	2688	19
4	Point	11	5718	24	8	2691	26
7	Point	12	16790	71	24	2691	26
8	Point	13	3103	13	4	2684	33
5	Point	14	6950	30	10	2687	30
6	Point	15	29428	124	43	2685	32
15	Point	16	16446	69	24	2690	27
16	Point	17	5665	24	8	2675	42
17	Point	18	7514	32	11	2650	67
18	Point	19	0	0	0	2717	0

Figura 4.6 Detalle de caudales, cotas y presiones de trabajo

La red consta de tubería PVC-P en las presiones de trabajo convenientes, en la tabla de atributos consta la información que se requiera en cuanto a caudales, diámetros, longitudes, en la siguiente captura de pantalla observamos lo manifestado:

Attributes of red_distribucion						
FID	Shape *	Id	Longitud m	Diámetro m	Caudal l m	
0	Polyline	0	144	110	296	
1	Polyline	12	110	63	160	
2	Polyline	1011	107	40	5	
3	Polyline	1314	112	40	32	
4	Polyline	78	105	40	20	
5	Polyline	39	153	40	27	
6	Polyline	912	106	50	52	
7	Polyline	916	278	50	43	
8	Polyline	0	0	0	0	
9	Polyline	45	104	63	117	
10	Polyline	36	73	40	30	
11	Polyline	0	45	110	296	
12	Polyline	14	60	63	124	
13	Polyline	1718	277	32	11	
14	Polyline	1013	59	40	36	
15	Polyline	25	93	50	70	
16	Polyline	57	87	63	100	
17	Polyline	710	90	50	55	
18	Polyline	23	67	50	79	
19	Polyline	68	61	50	96	
20	Polyline	56	82	50	74	
21	Polyline	811	99	50	100	
22	Polyline	1114	70	50	90	
23	Polyline	1415	91	63	112	
24	Polyline	1512	51	50	69	
25	Polyline	1112	86	40	7	
26	Polyline	89	74	40	4	
27	Polyline	0	0	0	0	
28	Polyline	1617	183	32	19	

Figura 4.7 Detalles atributos de la red de tubería propuesta

Otros de los resultados obtenidos es la ubicación de las acometidas domiciliarias, las mismas que fueron tomadas con equipo GPS luego subidas a ArcGis, en la tabla de atributos de esta capa observamos la siguiente información:

FID	Shape ^	Id	Nombre
0	Point	1	Colegio 23 de Abril
1	Point	2	Subcentro de Salud
2	Point	3	Morejon Manuel
3	Point	4	Espin Manuel
4	Point	5	Zapata Napoleon 1
5	Point	6	Gavilanes Mercedes
6	Point	7	Morejon Carmen
7	Point	8	Camacho Eva
8	Point	9	Espin Oswaldo 2
9	Point	10	Calero Abel
10	Point	11	Toapanta M
11	Point	12	Zapata Na`pleon 2
12	Point	13	Espin Luz
13	Point	14	Jara Lastenia
14	Point	15	Camacho Jaime 1
15	Point	16	Camacho Jaime 2
16	Point	17	Naranjo Cesar
17	Point	18	Parque
18	Point	19	Montero Rodrigo
19	Point	20	Camacho Jaime 3
20	Point	21	Yumbay Carmela
21	Point	22	Camacho Regulo
22	Point	23	Camacho Miguel
23	Point	24	Camacho Eva 2
24	Point	25	Jara Olmedo
25	Point	26	Demifio Paul

Record: 118 Show: All S

Figura 4.8 Nomina de usuarios del sistema

4.2.3 Red de conducción

Para complementar el trabajo también tomamos datos con el equipo GPS de las líneas de conducción desde las captaciones Calero y Chagcha hasta los tanques de reserva 1 y 2, obteniéndose el siguiente resultado:

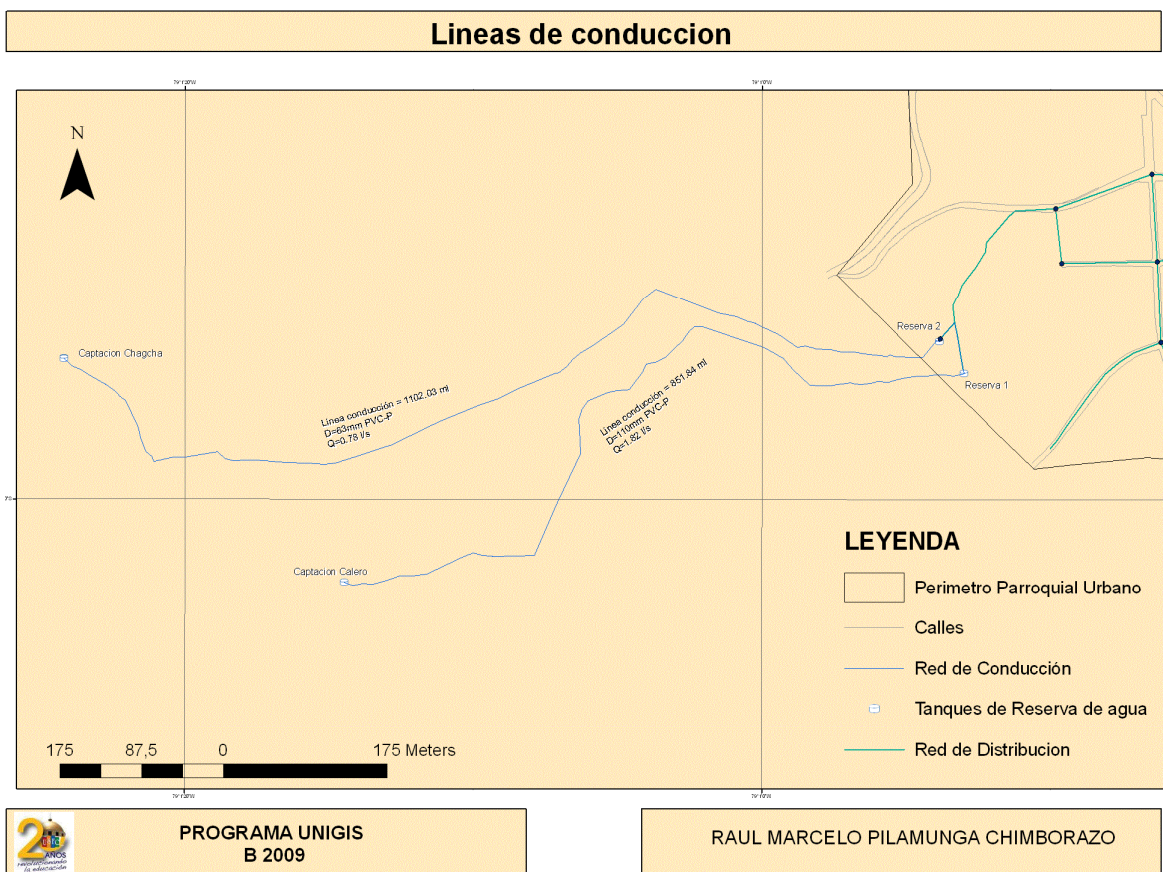


Figura 4.9 Mapa de la línea de conducción

La conducción está constituida por dos líneas: la primera que conduce el agua desde la captación Calero hasta el tanque de reserva N° 1; y la segunda línea que va desde la captación Chagcha hasta el tanque de reserva N° 2; en la tabla de atributos se observa esos resultados con información de longitudes y diámetros:

Attributes of red_conduccion				
FID	Shape *	Id	Longitud	Diámetro
0	Polyline	1	851	110
1	Polyline	2	1102	63

Figura 4.10 Atributos de las líneas de conducción

5. DISCUSION

5.1 Cumplimiento de Objetivos

La recopilación de la información disponible tales como archivos CAD, datos de población, caudales de las fuentes de agua, longitudes de tubería, volúmenes de los tanques de reserva se obtuvieron sistemáticamente para luego ser tabulada y validada en el campo.

Uno de los objetivos era utilizar las herramientas SIG con la finalidad de representar espacialmente los datos geográficos tomados en el campo, ya que antes del estudio nadie sabía dónde estaban: las captaciones, unidades de reserva, líneas de conducción y distribución, válvulas de control. Por tanto la Junta Administradora de Agua Potable carecía de una herramienta que le ayude a identificar donde estaban válvulas, redes de tuberías, para gestionar el mejoramiento de las redes de conducción o distribución.

Igualmente con el trabajo realizado se ha logrado identificar espacialmente las instituciones que ofrecen servicios dentro de la parte urbana de la parroquia.

A partir de los datos recopilados se diseñaron la diferentes cartografías temáticas tales como: Mapa de las conducciones y estructuras de captación; Mapa de las áreas de aportación; Mapa de la red de distribución actual y fundamentalmente de la red de distribución propuesta, con la finalidad de que en un futuro no muy lejano las autoridades competentes observen y puedan tomar decisiones de mejoramiento.

Luego de concluido el trabajo se ha presentado al Presidente de la Junta Administradora de Agua los resultados obtenidos que sean difundidos al interior de esa Institución y sea exteriorizada a otras instancias tales como el MIDUVI, Municipio de Guaranda y a otras entidades.

5.2 Limitaciones

En el desarrollo de este trabajo se ha tenido algunas limitaciones, principalmente donde obtener información espacial como por ejemplo imágenes satelitales que por su costo fue inalcanzable, además no existía ningún documento o planos de los diseños originales o de construcción del sistema de agua que nos pueda servir como referencia.

El único detalle o plano existente que disponía la Junta Parroquial era un archivo CAD versión 2004 en la constaba solamente la planimetría con curvas de nivel, detalles de las calles, parque, iglesia; este archivo CAD se lo importó a ArcGIS para poder trabajar sobre esa base y obtener los mapas descritos en el capítulo anterior.

Cabe indicar que el archivo Cad al importar a ArcGIS presentó cierta dificultad ya que posteriormente se tuvo que editar los datos de calles, manzanas y algunas curvas de nivel para poder determinar las máximas y mínimas presiones de trabajo, especialmente de la red propuesta.

A continuación se presenta una tabla de discusión de resultados, en la cual se realiza una comparación entre la situación actual sin proyecto y lo que propone el presente trabajo.

DESCRIPCIÓN	SITUACIÓN ANTES DEL PROYECTO	RESULTADOS DEL ESTUDIO
Captaciones: Chagcha y Calero	Ninguna información espacial de ubicación, ni datos de volúmenes de agua	Chagcha: 9821352.392, 719901.3407 volumen de agua= 0.78 l/s. Calero : 9821112.657, 720201.2771 volumen de agua=1.82 l/s
Red de conducción	Ninguna planimetría o detalle de líneas de conducción	Mapa de líneas de conducción: Línea Chagcha=1102.03 ml; d=63mm PVC-P; 0.78. Línea Calero= 851.84 ml; d= 110mm PVC-P; 1.82 l/s
Tanques de reserva	Ninguna información espacial de ubicación, ni datos de volúmenes de agua	Tanque de reserva 1; 9821369.948; 720839.3660; V= 30 m ³ Tanque de reserva 2: 9821335.637; 720865.6102; V= 20m ³
Red de distribución	Ninguna planimetría de detalle de la red de distribución, tampoco se disponía de áreas de aportación o cobertura del servicio. Igualmente las acometidas domiciliarias no estaban georeferenciadas	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de acometidas domiciliarias espacialmente • Mapa de área de influencia • Mapa de propuesta de nueva red de distribución con detalle de caudales y diámetros de tuberías. • Mapa de red de distribución actual

Tabla 5.1 Cuadro de Comparación y resultados

- Discusión de resultados

Funcionalidades de SIG	Resultados	Alternativas
Captura de datos.- Los datos se pueden obtener a través de escaneos, levantamientos topográficos, datos GPS, imágenes satelitales, tablas de bases de datos, dibujos CAD, archivos en papel, aerofotografía.	Ubicación espacial de las estructuras de captación, unidades de reserva, líneas de conducción y distribución; volúmenes de captaciones; longitudes de líneas de conducción y distribución	Dentro de la implementación física del proyecto, es decir el mejoramiento o ampliación del sistema de conducción y distribución, también se puede capturar esa información de las ampliaciones o mejoramientos que se realicen.
Manejo de datos.- Son funciones que permiten administrar las estructuras de datos e interactuar con los sistemas de administración de bases de datos relacionales. Proyección y transformación de coordenadas, Creación y Administración de BD.	Creación de tablas en las cuales se insertó campos de: áreas, nudos con caudales; longitudes de tubería; diámetros de tuberías; caudales de circulación	En la tabla de atributos del mapa de áreas de aportación se pueden crear un campo de presiones por cada nudo o simplemente aumentar áreas de cobertura.
Visualización y consulta.- Consta de un importante conjunto de funciones, entre ellas se destacan herramientas de pantalla, manejo de simbologías, realización de mapas temáticos, creación y generación de textos.	Con la utilización de herramientas se pueden crear mapas temáticos tales como: áreas de aportación; planimetría de las redes de conducción y distribución; introducción de simbologías; generación de textos.	Se puede sobreponer capas por ejemplo sistema de distribución actual a esta sobreponiéndola la red de distribución propuesta y se pueden observar los cambios que se propone para la red. También se pueden hacer diversas consultas, en los nudos, en las áreas de aportación.
Análisis espacial.- Es una de las características de los SIG permiten procesar los datos geográficos para la obtención de nuevos datos.	Se logra visualizar las áreas de mayor y menor población; zonas de mayor y menor consumo de agua	Visualizar nuevas áreas de cobertura.
Salida de datos y presentación.- Los resultados pueden ser presentados por como tablas, reportes, mapas; a través de copias impresas, archivos digitales, imágenes.	Se obtuvo mapas de las líneas de conducción, distribución, áreas de influencia.	La salida de datos se puede compartir con los usuarios del sistema de agua potable y también con las autoridades del ramo.

Tabla 5.2 Discusión de resultados

6. CONCLUSIONES

6.1 Antes de iniciar el estudio no había ningún documento que ayude a la gestión del sistema de agua potable por lo tanto todo mejoramiento lo hacían empíricamente principalmente las reparaciones o instalación de tuberías, luego de ello tales reparaciones no se registraban en ninguna parte salvo en facturas de compras de materiales, pero no se lo registraba en planos o detalles de las redes o estructuras de captación o reserva.

La red actual de distribución no está definida por áreas de influencia por tanto los caudales de distribución no son iguales en la siguiente imagen observamos lo indicado:



Figura 6.1 Superposición de capas red actual y áreas de aportación propuesta

En el tramo 7-15 existe un cruce de tuberías de distintos diámetros esto distorsiona el reparto de caudales en todos los tramos produciendo desbalance de pérdidas de carga, además se puede observar zonas que no tienen ninguna proyección de tuberías y caudales.

En el siguiente cuadro podemos concluir con un diagnóstico de antes y después:

Descripción	Antes de SIG	Con SIG
Planimetría georeferenciada de las redes de distribución y conducción de agua	No	Si
Ubicación geográfica de captaciones y reservas	No	Si
Datos de caudales en las redes de conducción	No	Si
Archivos magnéticos de toda la información resultante	No	Si
Ubicación georeferenciada de acometidas domiciliarias	No	Si

Tabla 6.1 Diagnóstico antes y ahora

6.2 La superposición de las diferentes capas que se ha creado pueda dar lugar a muchos análisis de consumo por nudo, número de habitantes o acometidas por cada área de aportación, hasta donde podría llegar la dotación de agua potable, es decir un sinnúmero de aplicaciones.

6.3 Para obtener los resultados enunciados en el capítulo 4 hemos cumplido con todos los objetivos

6.4 La implementación de la metodología para el diseño de mapas o cartografía básica de las redes de conducción y distribución actuales, así como de la red de distribución propuesta descrita en este trabajo a partir de la utilización de herramientas SIG es una alternativa que puede ser empleada por las autoridades locales ya que es de fácil utilización e involucra información que puede estar disponible, además puede servir de complemento al criterio de expertos con base en la información que ya está disponible de la zona de estudio.

6.5 Las bases de datos generados e implementados en la herramienta SIG permiten realizar diferentes tipos de consultas de los elementos existentes en el sistema de agua potable.

6.6 La adición de campos en cualquiera de las tablas de atributos de las diferentes capas son de fácil elaboración, es decir que de acuerdo al campo de interés podemos crear nuevas

capas y alimentar datos en las tablas de atributos para luego superponerlas con otras capas y así obtener nueva información.

6.7 La implementación de este estudio mejorará las condiciones de abastecimiento

7. RECOMENDACIONES

7.1 Es necesario continuar con la alimentación de las bases de datos con especialistas de la Ingeniería Sanitaria para enriquecerlas con estudios de cobertura y calidad del agua.

7.2 Para que la implementación de este SIG sea integral es recomendable y necesario que se incluya el sistema de alcantarillado sanitario, pues las áreas de aportación obtenidas en el capítulo 4 sirven para ello.

7.3 Es recomendable que los funcionarios de la Junta Administradora de Agua Potable y de la Junta Parroquial utilicen esta herramienta para gestionar el mejoramiento del sistema y en un futuro no muy lejano proponer el cambio de las tuberías de la red actual a la propuesta obtenida en la sección 4.2.2.

7.4 Se recomienda además imprimir los mapas obtenidos como resultados para entregar a los funcionarios de la Junta Administradora de Agua Potable para que los revisen y utilicen en el trabajo de operación y mantenimiento.

7.5 Para implementar las alternativas descritas en el cuadro N° 5.2 **Discusión de resultados y alternativas**, se recomienda seguir algo similar a las funcionalidades de los Sistemas de Información Geográfica, en el siguiente diagrama se presenta el procedimiento:

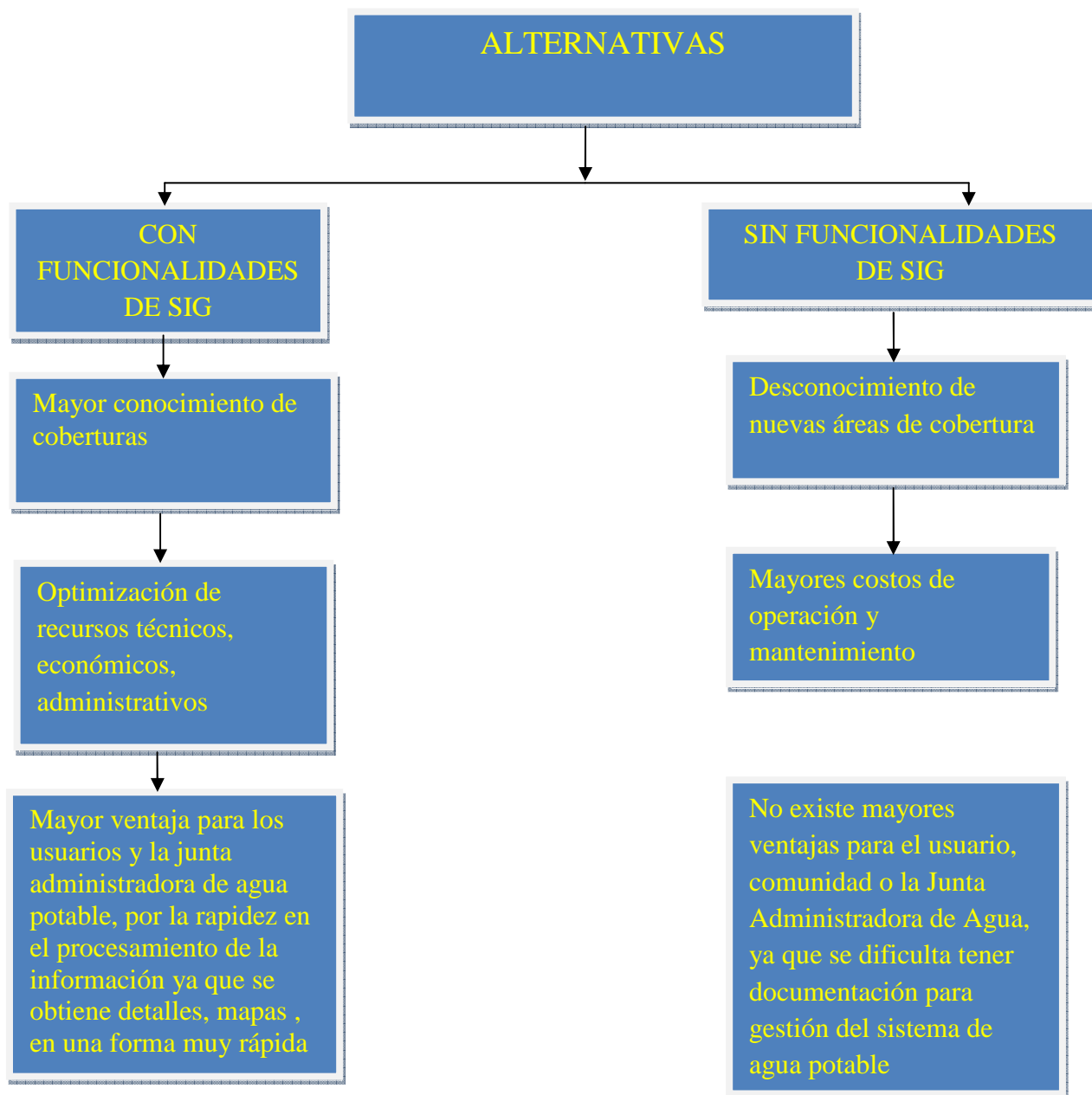


Figura 7.1 Diagrama de alternativas

BIBLIOGRAFIA

- Barrera Victor Hugo, Alwang Jeffrey, & Cruz Elena. (2010). *Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador* (Primera Edición), Quito: Abya Yala.
- Barrientos (2010). El análisis de redes desde ArcGIS 9.2
- Cespedes, G, & Fally-Linder, M. (2011). Metodologías de Estudio. Programa UNIGIS B-2009, USFQ, Quito
- De Abreu. (1996), “*Desalento e esperanza ne experiencia portuguesa de utilizacao dos SIG*”, Portugal y España. Cáceres, Universidad de Extremadura.
- Henry, J. G., & Gary W. Heinke. (1999). *Ingeniería Ambiental* (Segunda Edición) México: PRENTICE HALL.
- Idrovo, Diego. (2000). Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Evaluación de Sistemas de Agua Potable. Cuenca, CAMAREN
- GAD de la Parroquia Santa Fé, (2009). *Plan de Desarrollo Participativo Junta Parroquial de Santa Fé*. GAD, Santa Fé
- Germania Borja Naranjo. (2002, Enero). *El Agua Potable en el sector rural: Un análisis de las formas de intervención social y de la política a partir de un estudio de caso*. FLACSO, Quito.
- Raúl Marcelo Pilamunga Chimborazo. (2004, diciembre). *Tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización cooperativa Guanujo y reutilización del efluente líquido para riego agrícola*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- UNIGIS (B-2009), Programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfico, Quito, USFQ
- Jiménez, Antonio Moreno. (2008). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica*. México Alfaomega Grupo.
- Luzuriaga Marcelo Patricio. (2006, octubre). *Sistema de visualización y consulta de información espacial en agua para consumo humano y saneamiento ambiental del Cantón Calvas usando herramientas SIG*. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- Chuvieco Salinero Emilio. (2007). *Teledetección Ambiental* (Tercera.). España: Book Print Digital.

- Urrutia, Javier. *Cartografía y Orientación GPS*. (2006). Basauri. ETOR-OSTOA
- Sergio Franco Mass y María Eugenia Valdez, *Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada*. (2003). Recuperado febrero 28, 2012. Disponible en: <http://books.google.com.ec/books?id=jsVtsrDMSQwC&pg=PA33&dq=sistemas+de+coordenadas+geograficas&hl=es&sa=X&ei=PPBMT5T-MML6ggff0 iqAg&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=sistemas%20de%20coordenadas%20geograficas&f=false>
- Albert Botella Plana, Anna Muñoz Bolas, Rosa Olivella González, Joan Carles Olmedillas Hernández, Jesús Rodríguez Lloret, *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. (2011). Recuperado febrero 27, 2012. Disponible en: http://books.google.com.ec/books?id=xip1wtr8k58C&pg=PA261&dq=funcionalidades+de+sig&hl=es&sa=X&ei=hPZLT5iHFlydgQf1_vGNDg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=funcionalidades%20de%20sig&f=false
- Juan Peña Llopis. *Sistemas de información geográfica*. (2008). Recuperado a partir de Marzo 15, 2012. Disponible en: <http://books.google.com.ec/books?id=rYoI9VrGuvwC&pg=PA4&dq=los+sig&client=firefox-a&hl=es&cd=2#v=onepage&q=los%20sig&f=false>

GLOSARIO

Agua potable.- Agua que puede ser bebida sin causar daños a la salud humana

Área de aportación.- Área que influye en la intersección o unión tuberías de agua potable

CAD.- Diseño Asistido por Computadora.

Captación de agua.- Estructura que se construye sobre la fuente con la finalidad de captar agua

Consumo Máximo Horario (CMH).- Valor máximo de consumo de agua que se produce en determinadas horas del día.

GPS.- Sistema de posicionamiento global que permite obtener información de un punto del terreno en formato digital.

Latitud.- Distancia angular entre la línea ecuatorial y un punto determinado, a lo largo del meridiano que se encuentra ese punto.

Longitud.- Distancia angular entre un punto dado en la superficie terrestre y el meridiano que se tome como cero.

Mapa.- Representación gráfica y métrica de un área de territorio determinada

Nudo.- Intersección de tuberías de agua alrededor del cual se generan las áreas de aportación.

Población de diseño.- Número de habitantes de un sector con el cual se diseña un sistema de agua potable.

Red de conducción.- Conjunto de líneas de tuberías que conducen el agua hasta las estructuras de reserva o almacenamiento.

Red de distribución.- Conjunto de tuberías que distribuyen el agua potable en los pueblos y ciudades.

SIG.- Sistema de Información Geográfico

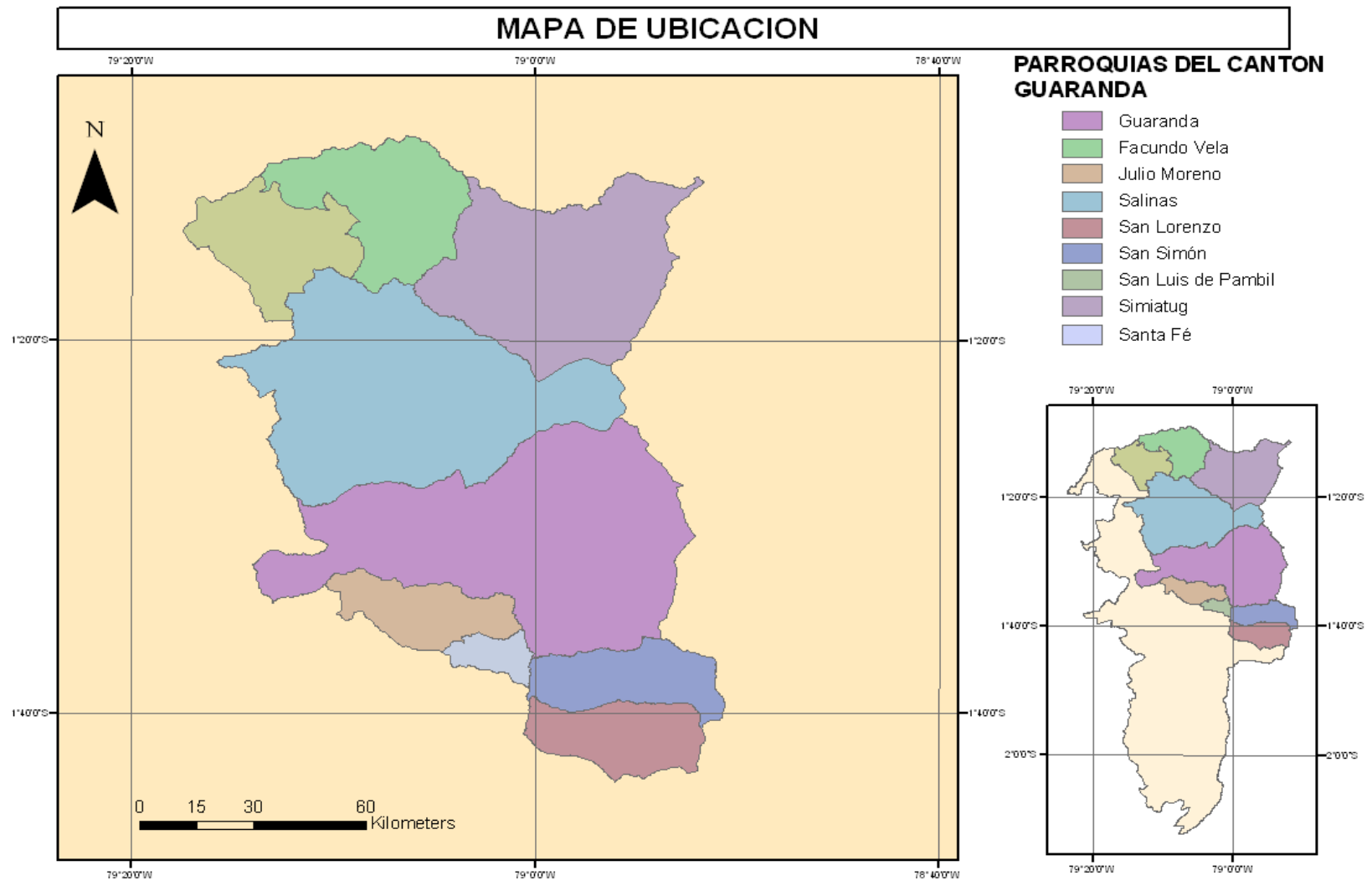
Sistemas de coordenadas.- Es un sistema de referencia que permite localizar la posición de un objeto en un espacio dimensional

Tanque de reserva.- Estructura donde se almacena el agua para compensar el volumen utilizado en las máximas horas de consumo.

UTM.- Universal Tranverse Mercator

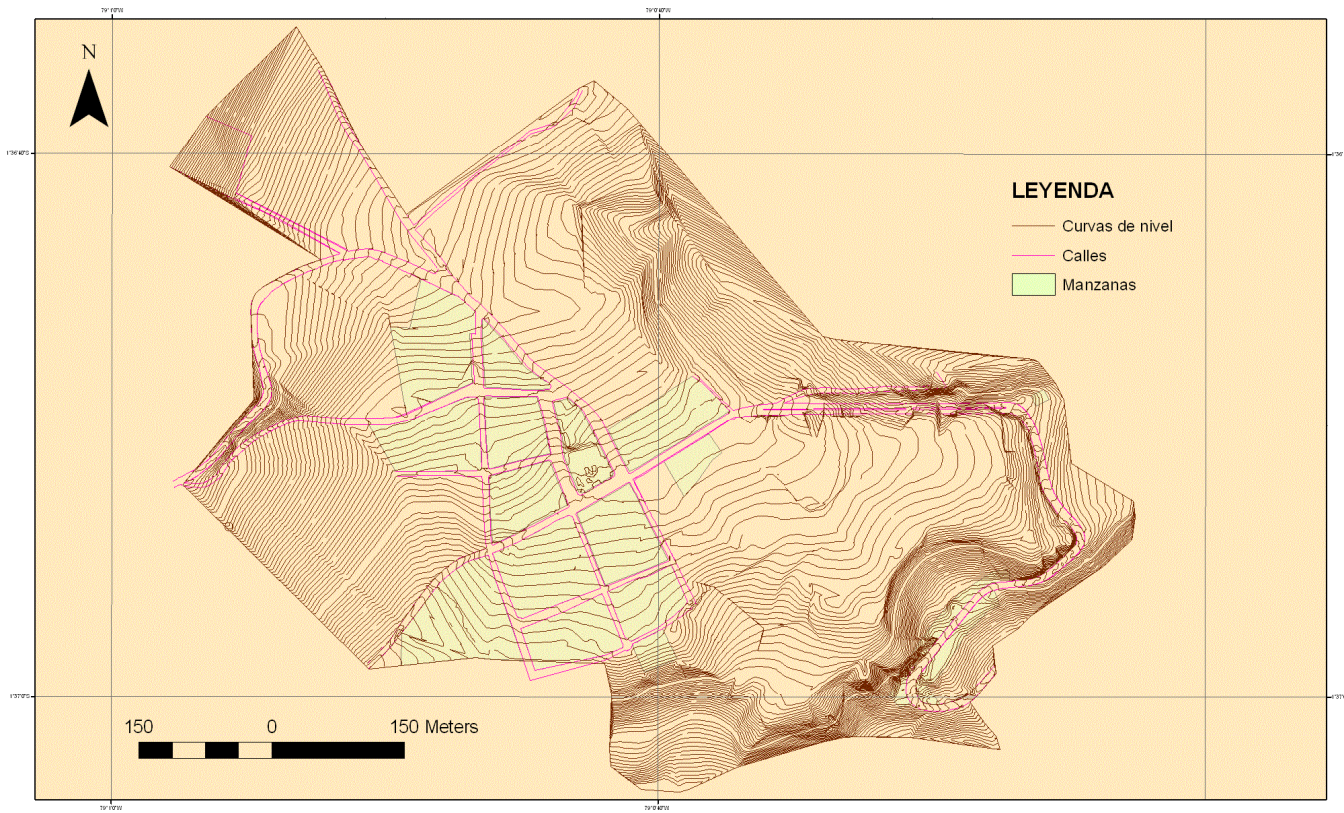
ANEXOS

- Anexo 1 Mapa de ubicación
- Anexo 2 Mapa Planimetría General de la Parroquia Santa Fé
- Anexo 3 Mapa de Servicios Generales
- Anexo 4 Mapa de Red de Distribución Actual de Agua Potable
- Anexo 5 Mapa de Áreas de Aportación
- Anexo 6a Mapa de Propuesta de Red de Distribución Zona Alta
- Anexo 6b Mapa de Propuesta de Red de Distribución Zona Baja
- Anexo 7 Mapa de Líneas de Conducción



Anexo 1. Mapa de Ubicación

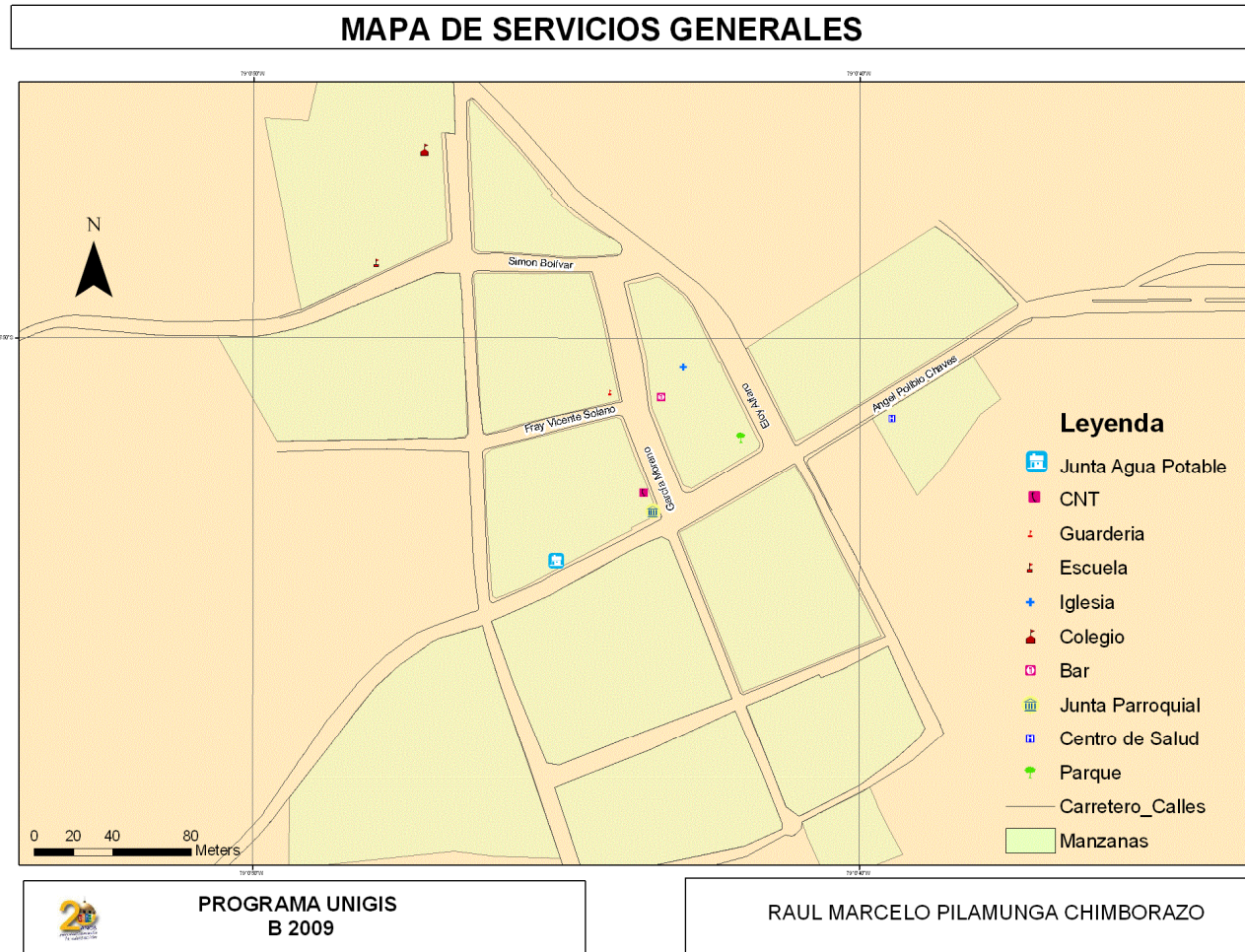
Planimetria General Parroquia Central de Santa Fé



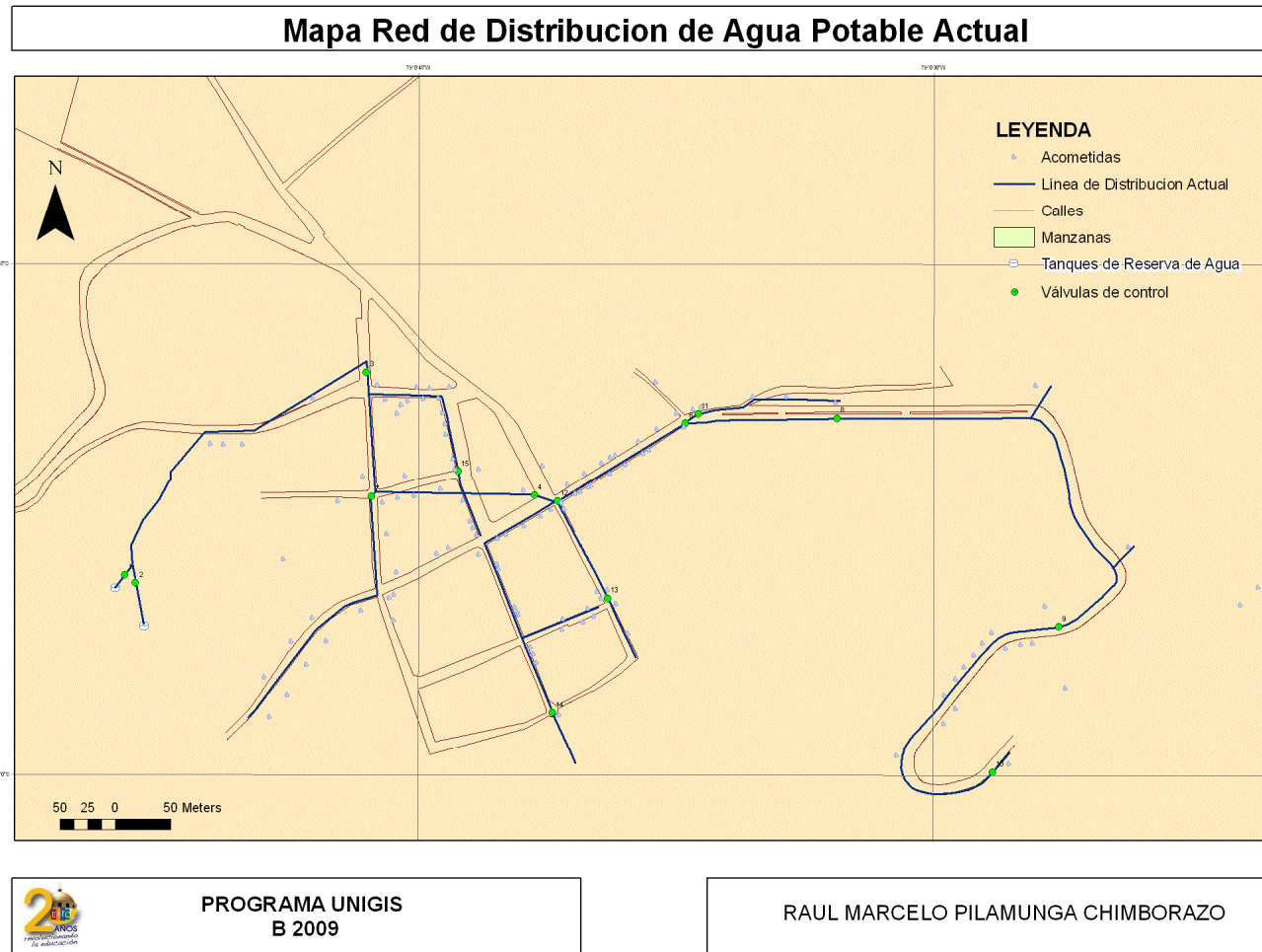
**PROGRAMA UNIGIS
B 2009**

RAUL MARCELO PILAMUNGA CHIMBORAZO

Anexo 2. Mapa de la Planimetría General de la Parroquia

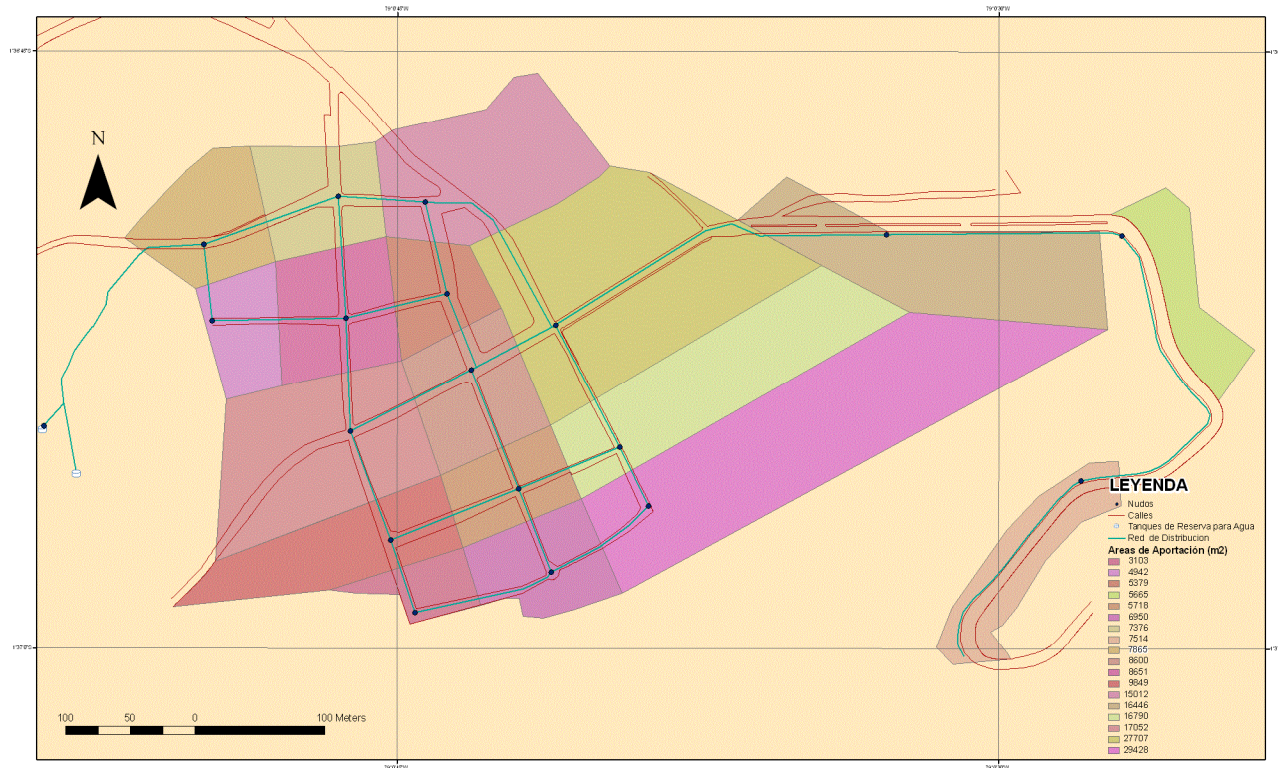


Anexo 3. Mapa de Servicios Generales



Anexo 4. Mapa de Red de Distribución Actual

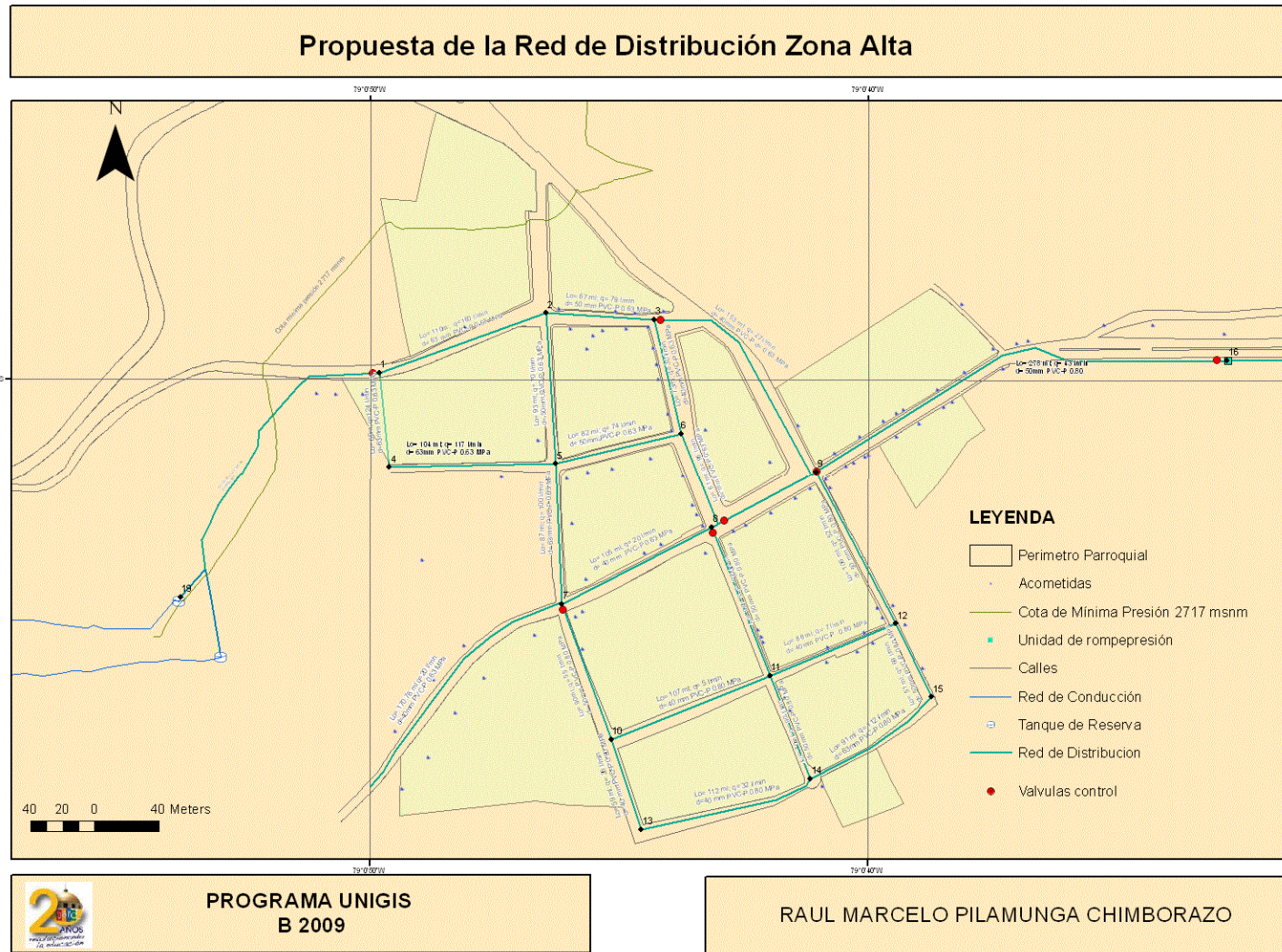
Mapa de Areas de Aportación y Nudos



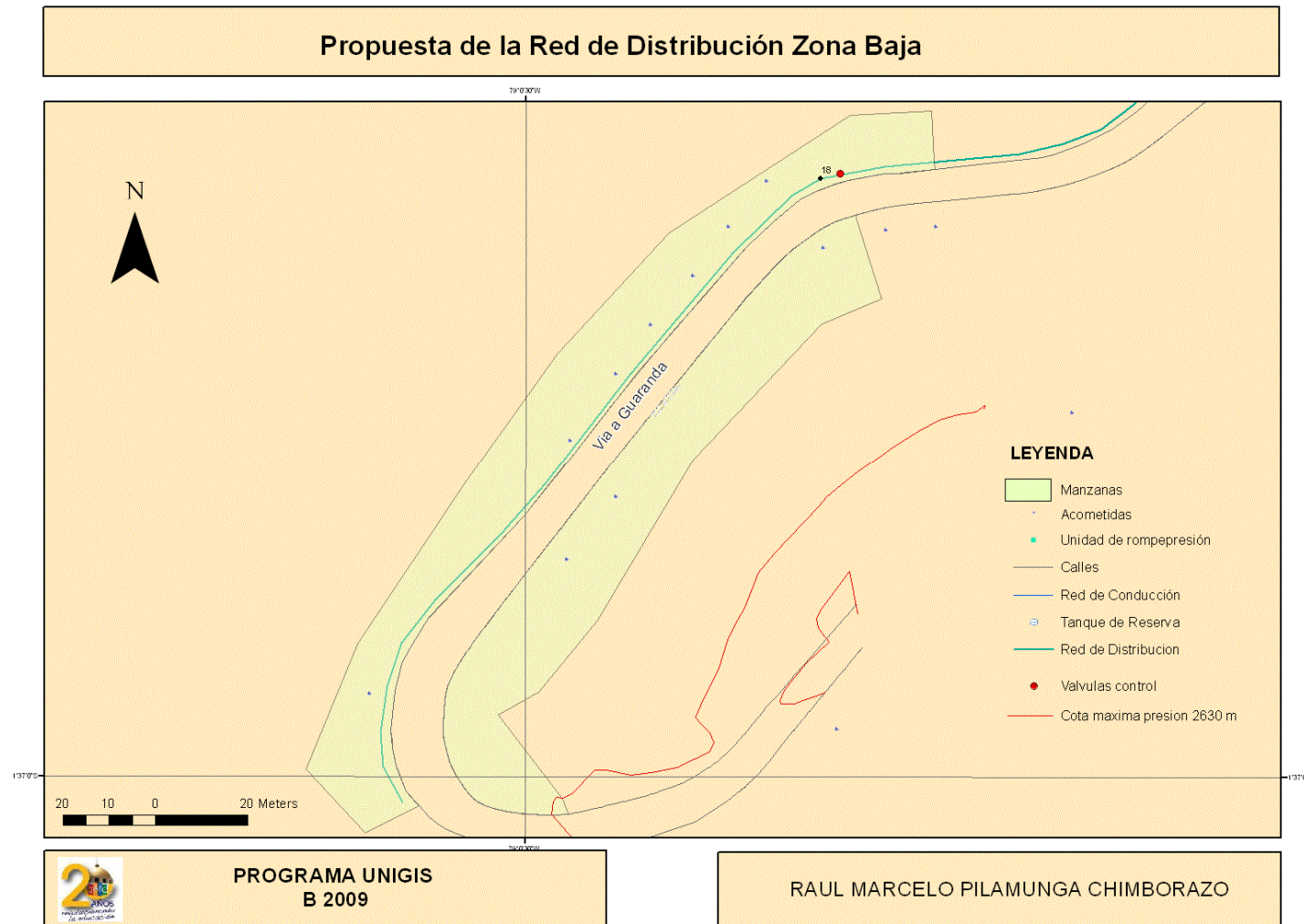
PROGRAMA UNIGIS
B 2009

RAUL MARCELO PILAMUNGA CHIMBORAZO

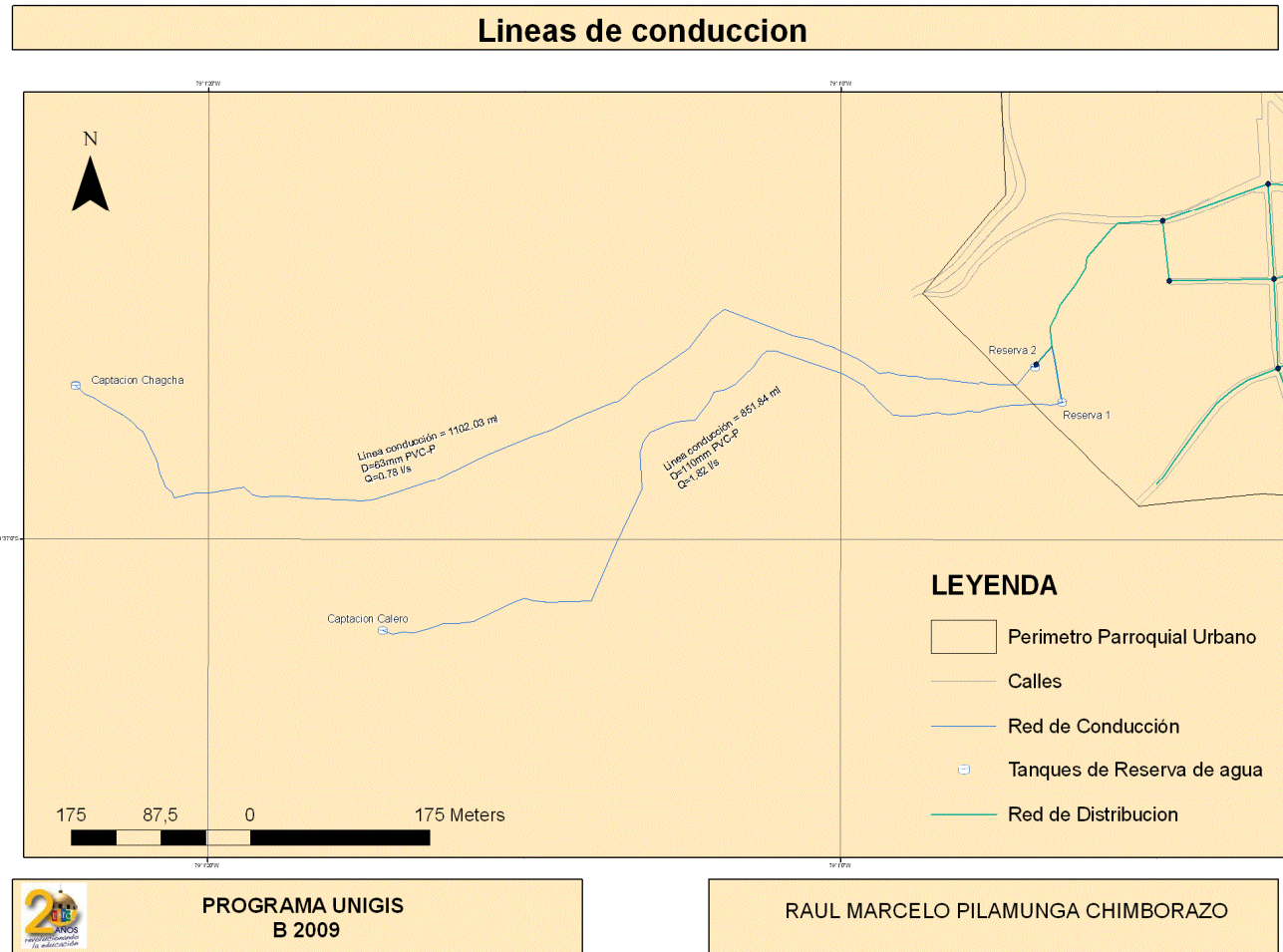
Anexo 5. Mapas de Áreas de Aportación



Anexo 6a. Mapa de Propuesta de la Red de Distribución Zona Alta



Anexo 6b. Mapa de Propuesta de la Red de Distribución Zona Baja



Anexo 7. Mapa de Líneas de Conducción