

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad de Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica



TRABAJO DE DIPLOMA

*TÍTULO: Sistema Gestión de Abasto de Agua a la ciudad de
Trinidad y sus localidades más cercanas a través de una
herramienta SIG.*

Autor: Roberto Javier Alcuria Novoa

Tutor: M Sc. Rafael Matamoros García

Santa Clara

Curso: 2015-2016

DEDICATORIA

Dedicarles esta Tesis a mis tres hermanos que es lo más grande que tengo en esta vida, a Gretter y Alejandra que, aunque aún son muy pequeñas me demuestran todo su amor y cariño cuando estoy junto a ellas, a Richar que si bien no paso mucho tiempo con él siempre lo tengo presente. A toda mi familia que sin ella nada fuera posible. A mi abuelo Armando que es lo más grande que hay en persona, A mis dos mamás Elena y Yurisel, a mis dos papas Armando y Alexandre. Además de mis abuelas Clara y María Ester.

AGRADECIMIENTOS

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

En primer lugar, a mis padres por mostrarme su apoyo incondicional, por hacer hasta lo imposible para ver el fruto de unos cinco largos años llenos de ansiedades y preocupaciones.

A Yurisel por siempre tratar de hacerme una mejor persona, requerirme y aconsejarme en muchos momentos.

Además, agradecerle a Alexandre por su preocupación y ayuda, a mi Tía Anita por estar siempre cuando la necesite, a mis abuelas Clara y María Ester, a mi abuelo Armando por su incansable preocupación y dedicación hacia a mí.

A toda mi familia por ayudarme y dedicarme de su tiempo, por su continuo apoyo a lo largo de los cinco años transcurridos desde que inicié la carrera lejos de ellos.

A continuación, debo agradecer a mi tutor de Tesis, el MSc. Rafael Matamoros sus comentarios, sugerencias y correcciones, sin las cuales no habría sido posible llegar a completar el trabajo realizado.

Al claustro de profesores de la facultad de Construcciones en general y en especial al departamento de Ingeniería Hidráulica. Al Ingeniero Yoisel López Ferreiro por facilitarme la información que estaba a su alcance.

Por último, y no por ello menos importante, debo agradecer a mis compañeros de aula y todas las personas magníficas que conocí en la universidad que sin ellos estos años no hubieran sido cómodos, por hacer de ello una vida fácil, agradable y en familia.

A todos ellos, y a los que me haya podido olvidar, muchas gracias por su apoyo.

PENSAMIENTO

"No hay que mirar hacia atrás a menos que sea para obtener lecciones útiles de los errores del pasado, y con el propósito de aprovecharse de la experiencia que tan cara ha costado".

George Washington

R E S U M E N

En el trabajo se realiza el diseño y confección un Sistema de Información Geográfica (SIG) a partir de los datos referidos a las redes de Abasto de Agua de la Ciudad de Trinidad para permitir agilidad y calidad en su gestión.

El mismo se desarrolló a partir de la información obtenida de la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de la provincia de Sancti Spíritus y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Trinidad.

El SIG fue confeccionado a partir del software ArcGIS en su versión 10.2.2 y permitió, como resultado final, elaborar una serie de consultas referidas a la gestión de las redes de abasto de agua de la ciudad de Trinidad.

A B S T R A C T

At work is the design and manufacture a system of geographic information (GIS) from the data relating to networks of water supply of the city of Trinidad to allow agility and quality in its management.

It was developed based on the information obtained from the research company of hydraulic projects in the province of Sancti Spiritus and the company of water supply and sewerage of Trinidad.

The SIG was concocted from the software ArcGIS version 10.2.2 and allowed, ultimately, develop a series of consultations concerning the management of Trinity of city water supply networks.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
PENSAMIENTO	4
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	10
Capítulo 1: Antecedentes, situación actual y perspectivas de desarrollo del acueducto de la ciudad de Trinidad y generalidades sobre los Sistemas de Información Geográfica.....	14
1.1. Redes de acueducto. Generalidades.....	14
1.1.1 Construcción de Acueductos. Historia y desarrollo.....	14
1.1.2 Acueductos en Cuba.....	16
1.1.3 Acueducto de la ciudad de Trinidad.....	18
1.2 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	20
1.2.1 Surgimiento, desarrollo y perspectivas de los SIG.....	22
1.2.2 Características de los SIG.....	26
1.2.3 Empleo de los SIG en la gestión del abasto de agua en Cuba.....	34
Capítulo 2: Diseño del Sistema de Información Geográfica para la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.....	39
2.1 Características del Sistema de abasto de Agua a la Ciudad de Trinidad.....	39
2.1.1 Fuente de Abasto a la Ciudad de Trinidad. Balance actual y futuro.....	39
2.2. Diseño teórico del SIG.....	46
2.2.1 Arquitectura del SIG.....	46

2.2.2 Diseño del SIG	48
2.2.3 Recopilación de la Información.	54
2.2.4 Modelos de Objetos Geográficos y Topología.	55
CAPÍTULO 3: Resultados en la aplicación del Sistema de Información Geográfica en la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.....	60
3.1 Compatibilidad la información.	60
3.2 Resultados obtenidos: Consultas.	66
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	72
ANEXOS	73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	75
BIBLIOGRAFÍA	76

INTRODUCCIÓN

Los trabajos encaminados a solucionar o minimizar la situación del deterioro acumulado por los años en las redes de Abasto de Agua en la ciudad de Trinidad han provocado que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de dicho municipio se le dificulte trabajar operativamente con el volumen de información que estos trabajos generan.

La ciudad de Trinidad se halla ubicada en la región central de Cuba, específicamente en el sur de la provincia de Sancti Spíritus, y es la capital del municipio del mismo nombre.

La labor de conservación y restauración emprendida por los especialistas de esta zona del centro sur de Cuba, propició que sea una de las ciudades coloniales mejor conservadas no sólo de Cuba, sino también de América, e inscribirse en la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad por la Unesco junto al Valle de los Ingenios en 1988.

Trinidad tiene una población de 75 375 habitantes y es visitada anualmente por 345361 turistas, esto hace que la necesidad del abasto de agua sea indispensable para el consumo de la población y mantener en un estado óptimo las instalaciones turísticas. (Trinidad 2014).

La infraestructura de abasto con que cuenta la ciudad tiene décadas de explotación por lo que la situación actual de la ciudad es desfavorable en estos aspectos dado que el agua bombeada se pierde en un 45% (Periódico Juventud Rebelde, 5 de octubre del 2015) por el mal estado de su red de abastecimiento.

Las pérdidas o fugas en las conductoras, redes, acometidas y en el interior de las viviendas y otras edificaciones, constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto de agua que hoy se brindan a la población y a la economía. Encaminado a dar respuesta a la recuperación de la infraestructura y la eficiencia en la prestación de los servicios que permitirán optimizar el uso racional y controlado del agua se ha puesto en funcionamiento un plan a nivel nacional.

La empresa de Acueducto y Alcantarillado de la ciudad de Trinidad no cuenta con una herramienta que brinde la suficiente información para dar una respuesta rápida y segura. La información existente cuenta con años de antigüedad (cuatro décadas) se encuentra

dispersa, además de la falta de tecnología y plataformas informáticas capaces de brindar la misma en poco tiempo.

En la actualidad se cuenta con herramientas que permiten la gestión de información organizada en bases de datos, referenciados espacialmente, que pueden ser visualizados mediante mapas y sobre los que se pueden realizar análisis espaciales. Pocas esferas se encuentran fuera del alcance de estas herramientas tecnológicas que agilizan y hacen mucho más confiables los análisis en términos espaciales (cálculos de áreas, distancias, volúmenes, alturas, etc.), temáticos (cantidad de población, tipos de suelos presentes, tipos de arena en playas, etc.). (Remond Noa-Quintela Fernandez-Duran Osorio 2000)

Durante la última década se ha producido la consolidación de los sistemas de información geográfica, como herramienta básica para la gestión espacial de las redes y de las relaciones que en el territorio se establecen entre los distintos elementos que las componen.

A partir de lo planteado anteriormente se tiene como **objeto de estudio** de este trabajo el abasto de agua y como **campo de investigación** el análisis geoespacial de los datos referidos a dichas redes.

Problema Científico: Cómo lograr que la información referida al Sistema de Abasto de Agua de la Ciudad de Trinidad pueda ser gestionada de forma ágil y operativa.

Hipótesis: De conformar una herramienta orientada al manejo de los datos geoespaciales referidos al sistema de Abasto de Agua a la Ciudad de Trinidad se logrará que los mismos sean manipulados operativamente.

Objetivos General: La investigación se basará en crear un Sistema de Información Geográfica a partir de los datos referidos a las redes de Abasto de Agua de la Ciudad de Trinidad que permita agilidad y calidad en su gestión.

Objetivos Específicos:

- Recopilar los datos referidos al Sistema de Abasto de Agua a la Ciudad de Trinidad.

- Gestionar a través de la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de la provincia de Sancti Spíritus y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Trinidad los datos referidos al Sistema de Abasto de Agua.
- Garantizar la óptima calidad en la creación del Sistema de información Geográfica.

Límites de la investigación

- Redes de Abasto de la Ciudad de Trinidad.
- Datos referidos a la etapa 2012 -2015.

Estructura de la tesis

La tesis está conformada por 3 capítulos referidos a:

Capítulo 1: Antecedentes, situación actual y perspectivas de desarrollo del acueducto de la ciudad de Trinidad y generalidades sobre los Sistemas de Información Geográfica.

Capítulo 2: Diseño del Sistema de Información Geográfica para la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.

CAPÍTULO 3: Resultados en la aplicación del Sistema de Información Geográfica en la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.

C A P Í T U L O 1

Capítulo 1: Antecedentes, situación actual y perspectivas de desarrollo del acueducto de la ciudad de Trinidad y generalidades sobre los Sistemas de Información Geográfica.

1.1.Redes de acueducto. Generalidades.

El acueducto es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante.

Otros autores lo definen como: Estructura hecha por el hombre que transporta agua, son a veces elevadas y tienen el aspecto de puentes. Los acueductos se utilizan principalmente para abastecer de agua para riego y agua potable.

Se conoce además como red de abastecimiento de agua al sistema que permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad. Asimismo, esta se compone por una red de distribución, la cual es el conjunto de elementos encargados del transporte del agua desde los puntos de producción y/o almacenamiento hasta los puntos de consumo: viviendas, comercios, industrias, hidrantes de riego e incendio etc.

La red está compuesta básicamente por tuberías y elementos especiales: válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión, elementos de medición, que deben ser dimensionados adecuadamente para suministrar los caudales demandados.

1.1.1 Construcción de Acueductos. Historia y desarrollo.

Cualquier asentamiento humano, por pequeño que sea, necesita disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales. La solución empleada desde la antigüedad consistía en establecer la población en las proximidades de un río o manantial, desde donde se acarreaba el agua a los puntos de consumo. Otra solución consistía en excavar pozos dentro o fuera de la zona habitada o construir aljibes. Pero cuando el poblamiento alcanza la categoría de ciudad, se hacían necesarios sistemas de conducción que obtuvieran el agua en los puntos más adecuados del entorno y la llevaran al lugar donde se había establecido la población.

Incluso cuando la población estaba a orillas de un río, la construcción de conducciones era la mejor forma de garantizar el suministro, en vez de extraer el agua del río que, aunque estuviera muy cerca, generalmente tenía un nivel más bajo que el poblado. En otras ocasiones se hacía el acueducto porque el agua era de mejor calidad que la del río. Para cubrir esta necesidad se llevaban a cabo obras de gran envergadura que podían asegurar un suministro de agua.

Aunque existían precedentes en las civilizaciones del Antiguo Oriente y los ingenieros griegos habían construido conducciones eficientes, los ingenieros romanos gracias fundamentalmente a su uso del hormigón, fueron los que pusieron a punto técnicas que se pudieron generalizar por todas las ciudades del Mediterráneo. Con todo esto, los factores técnicos no fueron los únicos que contribuyeron a difundir este tipo de obras, hizo falta también la unidad política del Imperio y la existencia de un sistema económico fuerte que creara las condiciones para el desarrollo urbano. Los romanos construyeron los acueductos más importantes en tamaño, así como en mayor cantidad, en todos sus territorios (ver figura 1).



Figura 1. Acueducto de Pont-Du-Gard Francia. Siglo I d.c.

A partir del siglo XIX el aumento de la población en las zonas urbanas obligó a realizar grandes obras de conducción y tratamiento de las aguas. Se comenzaron a utilizar las

instalaciones de conducción de sifón basadas en el empleo de distintas presiones. Los acueductos modernos han modificado su estructura y están integrados por grandes tuberías de hierro, acero, polietileno de alta densidad (PEAD) o cemento.

En tiempos más recientes se han construido extensos acueductos en Europa. El acueducto que transporta agua a Glasgow mide 56 km; el de Marsella, terminado en 1847, 97 km; el de Manchester tiene 154 km de longitud; el de Liverpool mide 109 km; y el segundo acueducto Kaiser Franz Joseph, en Viena mide 232 kilómetros.

En EEUU se han construido complejos sistemas de acueductos para transportar agua a las ciudades como Boston, Baltimore, Washington, St. Louis, Nueva York y Los Ángeles. El sistema de acueductos que suministra agua a la ciudad de Nueva York tiene más de 322 km de longitud; la mayor parte es subterránea. Los principales acueductos bajo la ciudad de Nueva York se encuentran de 60 a 180 metros por debajo del nivel del mar. El acueducto Delaware transporta diariamente 3 millones de m³ de agua desde los Montes Catskill a Nueva York; su longitud, 137 km, lo convierte en el túnel de transporte continuo más largo del mundo.

Por lo que se puede llegar a la conclusión que los mismos han evolucionado a lo largo de la historia, dado las necesidades del hombre por abastecerse del preciado líquido (García 2014).

1.1.2 Acueductos en Cuba.

Desde el descubrimiento de la isla de Cuba en 1492, diferentes tipos de fuentes abastecieron de agua a las primeras villas y poblados fundados por los colonizadores españoles. Generalmente, el sitio de estos asentamientos poblacionales se elegía por la existencia de puertos naturales, indispensables para el transporte marítimo, como Santiago de Cuba y San Cristóbal de La Habana, y por su cercanía a ríos, arroyos, o manantiales, que permitieran satisfacer los requerimientos de agua de la población.

Los acueductos en Cuba tomaron auge en la segunda mitad del siglo XIX, con la corona española. Debido al deficiente servicio de agua con que contaba la Ciudad de La Habana, después de algunos intentos de construcción, se le encomienda al Coronel de Ingenieros

Francisco de Albear y Lara la tarea de llevar el agua a esta ciudad, mediante la ejecución del acueducto que tiempo después llevaría su nombre.

Para 1858, se aprobaría el proyecto presentado por el ingeniero Albear, pensado para conducir las aguas de los manantiales de Vento hasta la ciudad. Luego, en 1861, se le daría inicio bajo la dirección de Albear. La obra se desarrolló con extrema lentitud debido a la situación existente en la isla para esa fecha y no es hasta 1893 que se da por concluida la obra, 45 años después de haber sido comenzada.

El acueducto de Albear, que entrega sus aguas exclusivamente por gravedad, comprende las obras de captación en los manantiales de Vento, el túnel en el río Almendares, el Canal de Vento, los depósitos de Palatino y el sistema de distribución del agua a la ciudad de intramuros (ver figura 2). Este acueducto continúa abasteciendo a una considerable parte de la Ciudad de La Habana, evidenciando la técnica y maestría del ilustre ingeniero Francisco de Albear.

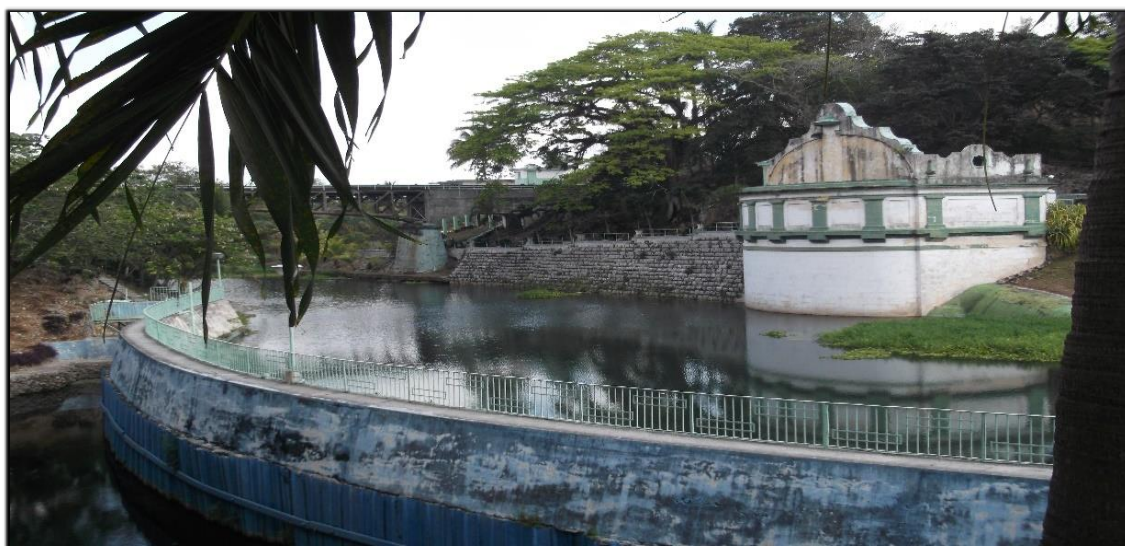


Figura 2. Acueducto de Albear.

Otro de los grandes acueductos del país se encuentra en la ciudad de Santiago de Cuba, el mismo al igual que el Acueducto de Albear inicio su construcción en el Siglo XIX, aunque tomo su mayor auge en la Etapa Revolucionaria. La construcción del nuevo acueducto de Santiago de Cuba, sin precedente alguno por el volumen y complejidad de los trabajos, cuyo monto financiero supera actualmente los 161 millones 500 mil pesos,

incluyendo 83 millones en divisas, fue calificado por muchos como la "obra del siglo" en el territorio y de referente para toda la nación.

La misma abarca 57 obras de infraestructura como son conductoras desde las fuentes de abasto de agua, la revitalización de las tres plantas potabilizadoras con sus redes, pozos, estaciones de bombeo, doce grandes tanques de distribución, oficinas comerciales y sistema de automatización. La rehabilitación general del acueducto de esa urbe oriental, de casi medio millón de habitantes, es capaz de entregar con sus dos plantas dos mil 400 litros de agua por segundo, la remodelación convirtió a Quintero en el mayor sistema potabilizador de la Isla. (Ecured 2016)

1.1.3 Acueducto de la ciudad de Trinidad.

La situación actual del abastecimiento de agua a la ciudad está caracterizada por la antigüedad de la mayor parte de su infraestructura. Las redes de distribución alcanzan la mayoría de la ciudad y se encuentran construidas hace más de 40 años, la mayor parte de sus tubos son de hierro fundido existiendo tuberías de asbesto y de centro acero en algunos circuitos de cierre de la red.

La distribución actual del acueducto se realiza con la red de distribución dividida en zonas representativas, que reciben agua en un horario determinado en función del nivel de disponibilidad que tenga el sistema en ese momento.

Las pérdidas o fugas en las conductoras, redes, acometidas y en el interior de las viviendas y otras edificaciones, constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto de agua que hoy se brindan a la población y a la economía. Por lo antes expresado el sistema de abasto de la ciudad de Trinidad es de antaño y sus redes están en malas condiciones por lo que se producen muchas pérdidas al sistema.

Las pérdidas por conducción son estimadas en un 54,2 % del gasto conducido total, incrementándose estas en la distribución de las redes donde se pierde un 54,63 % del agua a distribuir. Resumiendo, el sistema actual presenta pérdidas estimadas en el orden del 78% del agua bombeada. (Ver Tabla 1)

Tabla 1.1 Pérdidas en el sistema de abasto de agua de la ciudad de Trinidad.

No	Fuente	Capacidad. l/s	Pérdidas. l/s	Entrada. l/s
1	Las Piñas 16 horas	75	42	33
2	Piñas - 4 16 horas	25	10	15
2	Santiago Escobar 16 horas	100	56	44
3	Los Mangos 16 horas	37	7	30
4	Oeste Trinidad 16 horas	30	5	25
5	Boca 16 horas	10	-	10
5	San J. de Letrán 24 horas	40	35	5
6	Redes	108	59	49
Total Equivalente 24 horas		224,8	121,8	108

Actualmente el sistema de abasto al polo turístico Ancón se encuentra colapsado casi en su totalidad debido al deterioro de los diferentes objetos de obra que lo componen, así como de las diversas indisciplinas que a lo largo de sus años de explotación han sido sometido lo que ha afectado su desempeño, una de las más notoria es la conexión de un gran por ciento de la población del Pueblo costero de La Boca, teniendo en cuenta que esta población cuenta con un sistema de distribución independiente el cual no garantiza su demanda lo que ha conllevado a tal indisciplina, provocando con frecuencia en el año el déficit de garantía de la demanda por este sistema, teniendo que recurrir la empresa de acueducto del territorio a garantizar el agua necesaria por las instalaciones mediante carros cisterna para de esta manera garantizar los acuerdos contractuales.

Las políticas del Sector en los últimos años, han estado dirigidas a la elevación de la calidad y estabilidad del servicio de agua, mediante acciones de rehabilitación de los sistemas y a la reposición de los viejos equipos de bombeo, altos consumidores, por otros más eficientes desde el punto de vista energético. Los trabajos de rehabilitación de los sistemas se dirigen fundamentalmente a los grandes conglomerados poblacionales cuyos sistemas por su edad y estado técnico presentan grandes pérdidas e impiden garantizar un servicio estable.

Rehabilitación de las Redes del acueducto de Trinidad.

El programa para rehabilitar en la ciudad de Trinidad los sistemas de abasto de agua, (iniciado en el 2012 y previsto a concluir en el 2020) reporta hasta la fecha unos 12 millones de pesos ejecutados, cifra equivalente al 24 por ciento de la inversión, resultado

que se corresponde con la primera fase por la que transita el proyecto, cuyo diseño fue asumido casi en su totalidad por especialistas de la rama hidráulica de Sancti Spíritus.

Sobre el abasto de agua, el subdelegado del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la Provincia señala que se acometen varias acciones, entre ellas, terminar en el 2014 la primera de las tres tuberías principales proyectadas, es decir, la que atraviesa la zona sur de la ciudad, con una extensión mayor a los 6 kilómetros.

Otra prioridad es completar la rehabilitación de las redes en los circuitos 11B y 6A, labores que permitirían — incluida la realizada en el 2013 — tener al cierre del año unos 8 000 pobladores bajo la cobertura del programa. “Las viviendas favorecidas por la inversión sienten ya la mejoría del servicio, pero el impacto total llegará al final, cuando estén colocadas las tres tuberías principales de abasto y concluida la rehabilitación en los 14 circuitos”(Camellón 2014) .

Las labores realizadas en las conductoras Santiago Escobar, Las Piñas y Pozos del Oeste figuran dentro del amplio proyecto que concibe, además, ejecutar la nueva red Planta Asfalto-Santiago Escobar e iniciar en el segundo semestre la que enlazará el rebombeo del tanque situado en La Chanzoneta hasta la Planta Potabilizadora.

Según el subdelegado de Recursos Hidráulicos, la inversión final del programa de abasto contempla tirar la conductora desde los pozos en Arenas de Algaba hasta un segundo tanque a construirse en La Chanzoneta, toda vez que esa fuente de abasto en el futuro está llamada a convertirse en el principal surtidor de agua para la villa trinitaria.(Camellón 2014)

1.2 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Existen varias definiciones de lo que es un **Sistema de Información Geográfica**, una elemental la brinda la enciclopedia libre Wikipedia 2015 al definirlo como: conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos

sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

Otros autores se refieren a los SIG como: un SIG es un software específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos.

Sistemas compuestos por *hardware*, *software* y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (GOODCHILD, y KEMP, 1990: I, 1-3³)(González 2010).

Esta definición puede ser completada por la apuntada por Moldes quien afirma que, además de ser un conjunto de programas informáticos que permiten la gestión de datos referenciados espacialmente y organizados en bases de datos, pueden ser visualizados mediante mapas (MOLDES, 1995)(González 2010).

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Él es una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con la infraestructura de un municipio, estado o incluso a nivel nacional. (González 2010)

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

1.2.1 Surgimiento, desarrollo y perspectivas de los SIG.

A finales de los años setenta, el uso de computadoras progresó rápidamente en el manejo de información cartográfica y facilitó que se afinaran muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se avanzó en una serie de sectores ligados, entre ellos la topografía, la fotogrametría y la percepción remota.

En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que aumentaron los sistemas y se adquirió experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

En los años ochenta, se vio la expansión del uso de los SIG, facilitado por la comercialización simultánea de un gran número de herramientas de dibujo y diseño asistido por ordenador (con siglas en inglés: CAD y CADD), así como la generalización del uso de microcomputadores y estaciones de trabajo en la industria, y la aparición y consolidación de las bases de datos relacionales, junto a las primeras modelizaciones de las relaciones espaciales o topología.

En este sentido, la aparición de productos como ARC-INFO y ARC-GIS en el ámbito del SIG, ó IGDS en el ámbito del CAD, fue determinante para lanzar un nuevo mercado con una rápida expansión.

La aparición de la Orientación a Objetos (OO) en los SIG (como el Tigris de Intergraph), inicialmente aplicado en el ámbito militar (Defense Map Agency-DMA) (OO), permite nuevas concepciones de los SIG, donde se integra todo lo referido a cada entidad (por ejemplo, una parcela: simbología, geometría, topología, atribución). Pronto los SIG se comenzaron a Utilizar en todas las disciplinas que necesitan la combinación de planos

cartográficos y bases de datos como: Ingeniería Civil (diseño de carreteras, presas y embalses), agricultura (estudios medioambientales, estudios socioeconómicos y demográficos, planificación de líneas de comunicación, ordenación del territorio, estudios geológicos y geofísicos, prospección y explotación de minas, etc.). (González 2010)

Los años noventa, se caracterizan por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión a nuevos campos (SIG en los negocios), propiciada por la generalización en el uso de los computadores de gran potencia a precios muy accesibles, la enorme expansión de las comunicaciones y en especial de Internet, la aparición de los sistemas distribuidos (DCOM, CORBA) y la fuerte tendencia a la unificación de formatos de intercambio de datos geográficos.

El desarrollo de los SIG ha sido paralelo al de las técnicas aplicadas al mapeado y al análisis geoespacial de la información, demandado por distintas áreas de conocimiento que tienen muchas coincidencias en sus bases. Así, se pueden citar como un núcleo de interrelación a la: topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil e hidráulica, planificación rural y urbana, edafología, inventariado y fotogrametría, etc. La última incorporación ha sido la utilización de redes informáticas, los sensores remotos y el análisis de la imagen satélite.

Todas estas disciplinas citadas demandan el mismo tipo de operaciones a las que dan respuesta los SIG y que podíamos resumir en una herramienta que fuera capaz de recoger, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos espaciales provenientes del mundo real para contestar preguntas particulares en el proceso de la toma de decisión ante un fenómeno determinado, limitada esta respuesta solamente por la robustez, actualidad y veracidad de la información; excluyendo las especificaciones técnicas del software y hardware empleado, así como la experiencia y dominio del operador.

Los Sistemas de Información Geográfica deben ser considerados como una herramienta, no sólo de captura, almacenamiento, manejo y presentación de mapas, sino más bien como un "banco de pruebas" en el que se pueden ensayar modelos. La base de datos de un SIG, es un modelo del mundo real que podemos manejar de forma interactiva, sirviéndonos para ensayar procesos medio-ambientales, de forma que los expertos en planificación y toma de decisiones pueden explorar un rango de posibles escenarios y

obtener una idea de las consecuencias de las acciones a realizar, antes de que un error se convierta en algo irreparable para el propio paisaje.

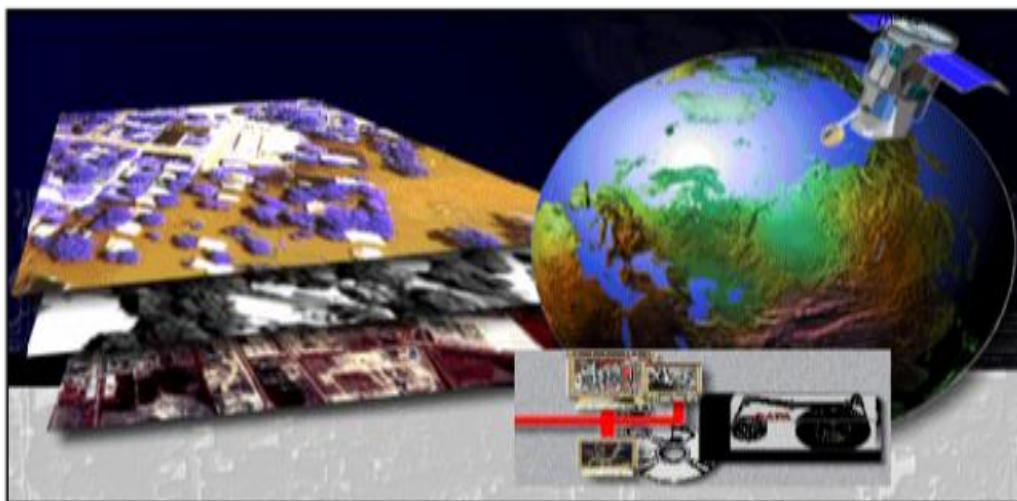


Figura 3. Representación interactiva de las tecnologías SIG y Teledetección en la actualidad (Álvarez P. and Interián P., 2010). (González 2010)

En resumen, existen tres acepciones en uso para este acrónimo (SIG): (González 2010)

SIG como disciplina, es una ciencia aplicada que se ocupa de todo lo referente a los SIG como proyecto, segunda acepción. En este sentido se habla de experiencia en SIG, cursos y seminarios sobre SIG, especialistas en SIG, libros sobre SIG, etcétera.

SIG como proyecto, es cada una de las realizaciones prácticas de la disciplina SIG, cada instalación existente. En una primera aproximación, es un sistema capaz de proporcionar cierta información, ya procesada, sobre elementos de los que se ocupa la Geografía. Esta es la acepción principal, en la que luego nos detendremos para dar una definición más precisa.

SIG como "software", las casas comerciales llaman SIG al programa, o programas integrados, que ofertan para el establecimiento de un SIG proyecto. Se trata de un caso de sinécdoque, en el que se nombra a la parte por el todo. Un SIG proyecto se compone de "hardware", "software", datos, personal y organización. El único problema estriba en que hay que ser consciente de la sinécdoque y no caer en la ingenuidad de creer que por el mero hecho de adquirir un SIG "software" ya se tiene un SIG proyecto.

Ventajas que brindan los SIG .

- Rapidez y resultados muy precisos.
- Transformación de escalas y proyecciones con facilidad.
- Posibilidad de imprimir todo lo que se genere del SIG (mapas, resúmenes, gráficas, etcétera.
- La tecnología de los sensores remotos combinados con los SIG permite manejar la información actualizada y modelar los datos espaciales.
- Constituye una herramienta de gran utilidad en el análisis de la información y la toma de decisiones.
- Se puede manejar grandes cantidades de información y operar a grandes velocidades, lo cual permite manipular datos espaciales y sus correspondientes atributos de información e integrar distintos tipos de datos en un solo análisis.
- La interpretación de datos permite relacionar una serie de procedimientos interactivos como verificación y actualización de la información.

Por otro lado, las perspectivas técnicas que se vislumbran resultan apasionantes e invitan a dejar volar libremente la imaginación: los ordenadores vectoriales, redes neuronales, procesadores en paralelo, que por si la evolución del "hardware" resulta lenta para algún impaciente, prometen un salto cualitativo en la capacidad de computación; los multimedia, sistemas que permiten integrar imágenes y sonidos interactivamente en la interfaz de usuario; la realidad virtual, que alimentando nuestros cinco sentidos con estímulos generados por ordenador abre una puerta al conocimiento de mundos artificiales; etcétera. (González 2010)

La tecnología de los Sistema de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, el SIG puede ser usado para encontrar los

humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia.

1.2.2 Características de los SIG .

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no se podría obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

- **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
- **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- **Pautas:** detección de pautas espaciales.
- **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles los Sistemas de Información Geográfica, su campo de aplicación es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO) con capacidades de geo-referenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre una tabla (tablero o mesa) de digitalización (González 2010).

La representación de los datos. Imagen raster y vectorial.

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial. (ver Figura 4).

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

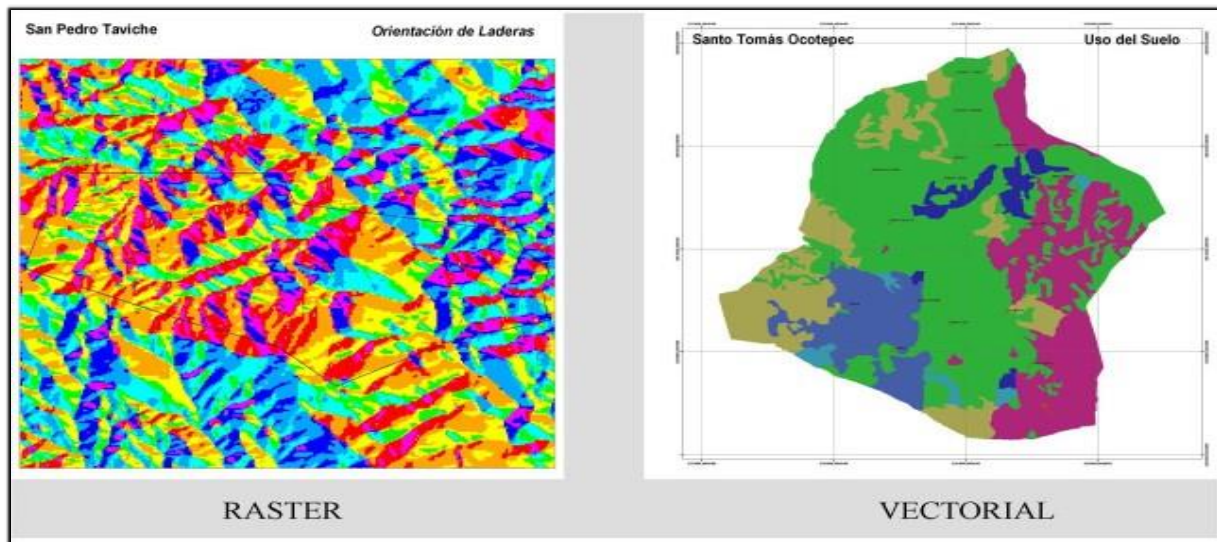


Figura 4. Imagen Raster y Vectorial.

Un **Sistema de Información Geográfica "raster"** consiste en un conjunto de mapas individuales, todos referidos a la misma zona del espacio y todos ellos representados digitalmente en forma *raster*, es decir, utilizando una rejilla de rectángulos regulares y de igual tamaño. En cada uno de estos rectángulos o posiciones un número codifica el valor que alcanza en ese punto (*pixel*) del espacio la variable cartografiada en el mapa.

Considera la realidad como un continuo en el que las fronteras son la excepción y la regla la variación continua. La representación se realiza dividiendo ese continuo en una serie de celdas o *pixeles* y asignándole a cada una un valor para cada una de las variables consideradas. Cada píxel contendrá una información única. Los cambios de escala se reflejan en el tamaño de las celdas ya que el tamaño o resolución de la celda o cuadrícula variará dependiendo de la precisión de los datos y los requerimientos del estudio. En general, cuanto más pequeña sea la resolución, mayor será la exactitud de los datos, pero a su vez mayores serán los requerimientos de memoria.

Una serie de celdas raster se llama *tesela*. Un conjunto de celdas de igual valor se llama *zona*. Un conjunto de zonas se llama *clase*.

A menudo las celdas en la retícula son cuadradas. En este caso, los datos se suelen almacenar en una disposición bidimensional. El problema de este tipo de estructura de datos es el límite finito para determinar la ubicación. El parámetro se encuentra en una celda u en otra, no hay nada entre medias. Esto es así porque la línea que separa las

celdas adyacentes se considera infinitamente estrecha. La única relación topológica posible es la vecindad de una celda con sus cuatro u ocho vecinas.

Organización de la base de datos: La forma más habitual de organizar la base de datos "raster" es mediante ficheros simples. Cada uno de los estratos temáticos que integran la base de datos se almacena en un fichero separado, todos ellos con el mismo número de filas y columnas y el mismo tamaño de pixel. El proceso posterior se realiza mediante la manipulación de uno o varios ficheros/mapas/estratos temáticos para generar un nuevo fichero/mapestrato temático resultado que se añade a la base de datos.

Entrada de datos: La entrada de datos es una tarea tediosa, complicada y costosa (en tiempo, dinero y esfuerzo). La información puede proceder de sensores remotos, los cuales con frecuencia almacenan los datos en formato raster. Sólo requiere realizar operaciones de corrección geométrica para adaptación de coordenadas. Otra posibilidad es la cartografía analógica mediante la digitalización manual o mediante scanner.

Rasterización de información digital en formato vectorial: La manera más habitual de generar un mapa raster es partiendo de información sobre la realidad codificada en formato vectorial. El proceso consiste en leer la información sobre las coordenadas vectoriales que delimitan los objetos puntuales, lineales y poligonales y determinar si en cada pixel del mapa raster se sitúa o no, alguno de los objetos vectoriales registrados. A continuación, en el elemento base donde exista un objeto vectorial se asigna un valor temático de acuerdo con alguno de los procesos de codificación para la digitalización manual.

Una cuestión previa a resolver es la diferente organización de los ejes de coordenadas que en el sistema vectorial tiene el origen abajo y a la izquierda mientras que en el sistema raster está arriba y a la izquierda. La solución está en cambiar el origen de las coordenadas y vectoriales antes de empezar la rasterización mediante una operación de reflexión de coordenadas.

El tipo de representación raster es muy apropiado para datos espaciales continuos como altitud, contenido de biomasa, temperatura, precipitación, usos del suelo, etc. ya que describen una región del espacio mediante una rejilla de unidades regulares (celdas),

cada una de las cuales contienen un valor numérico que expresa una determinada característica del terreno en esa localización.

Los más utilizados son: IDRISI, GRASS, ERMapper, SPRING, PCRaster.

Un **SIG vectorial** está basado en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. Considera que la realidad está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se les pueden asignar diversas propiedades, cualitativas o cuantitativas. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Los cambios de escala van a suponer, en muchos casos, que los objetos cambien de un tipo a otro. Los elementos pueden situarse en cualquier lugar, sin las limitaciones que presentaba el modelo raster.

En este modelo de datos los objetos espaciales están representados de modo explícito, junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos.

Organización de datos: Las estructuras vectoriales de datos se basan en puntos elementales. Se pueden representar de muchas maneras, pero por lo general se suele hacer en una estructura de arco-nodo. En una estructura de datos de arco-nodo, los objetos en la base de datos se estructuran jerárquicamente. En este sistema, los puntos son los elementos básicos elementales. Los arcos son los segmentos lineales individuales que se definen mediante una serie de pares coordenados x-y. Los nodos se encuentran en los extremos de los arcos y forman los puntos de intersección entre los arcos. Los polígonos son áreas completamente limitadas por una serie de arcos. Los nodos son compartidos por los arcos y los polígonos contiguos. Las estructuras arco-nodo permiten la codificación de la geometría de los datos sin redundancia. Contrariamente a lo que sucede con la estructura total del polígono, los puntos se almacenan sólo una vez.

Los puntos pueden codificar, por ejemplo, la ubicación de un pozo de agua. Las líneas un río o una carretera. Los polígonos, una zona húmeda, un lago o cualquier zona o región con límites definidos).

Existen varias posibilidades para organizar la doble base de datos de la que consta un SIG vectorial (espacial y temática). En unos casos los sistemas vectoriales están formados por dos componentes o programas informáticos (e incluso dos bases de datos) claramente diferenciados: uno el que maneja la base de datos espacial, y el otro, el que explota la base de datos temática. Este sistema de organización se denomina híbrido. Un ejemplo lo constituye ARC/INFO. El módulo ARC manipula la base de datos espacial de "arcos" mientras que el módulo INFO es el sistema de gestión de base de datos relacionales que maneja los atributos o variables temáticas. Otra posibilidad de organización es la de incluir ambos tipos de datos en una única base de datos mixta que reúna tanto las características espaciales como las temáticas.

Entrada de datos: Se puede realizar la toma directa de datos de la realidad geográfica mediante GPS y mediante la digitalización vectorial.

Vectorización de datos raster: Consiste en la conversión de datos raster en formato vectorial.

Las SIG vectoriales son útiles para describir distintos elementos del terreno, tales como carreteras, red hidrográfica, límites administrativos, y otros ya que almacenan una serie de puntos (cada uno referenciado mediante un par de coordenadas espaciales) que describen la localización de los elementos (puntos), o su trayectoria o límite mediante una secuencia de puntos unidos por líneas rectas.

Entre los más utilizados están: ArcInfo, ArcView, MapInfo, Geomedia.

Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial (2004):

Estructura de los datos: La estructura raster es más simple y sencilla de comprender. La estructura vectorial es más compacta y permite mayores capacidades.

Introducción de los datos: La estructura raster admite mejor la información procedente de las imágenes de satélite o los datos introducidos mediante scanner. La estructura vectorial adapta mejor la información de pantalla o la recogida en tabletas digitalizadoras. La introducción directa alfanumérica es más pesada en el modelo raster.

Almacenamiento: La estructura vectorial presenta mayor capacidad de almacenamiento por lo que tienen mayor operatividad.

Gestión de datos: En la estructura vectorial las características de las entidades se pueden consultar como objeto individual o en conjunto. En la estructura raster sólo se puede consultar las características de cada celda o píxel y no la entidad en su conjunto.

Representación topológica: En el modelo raster algunas relaciones topológicas son difíciles de representar mientras que el modelo vectorial genera una codificación eficiente de la topología.

Integración de las imágenes de satélite. El formato *bit* de las imágenes de satélite hace que la estructura raster resulte más eficaz a la hora de integrar estas imágenes como información geográfica y su posterior análisis.

Análisis de redes: Debido a que el modelo vectorial resulta más eficaz a la hora de asumir algunas de las relaciones topológicas resulta también más eficaz en el análisis de redes.

Análisis poligonal: La regularidad de la celda del modelo raster favorece el análisis poligonal. Por ejemplo, la superposición de mapas que es mucho más rigurosa en el modelo raster.

Análisis estadístico: La estructura raster facilita el análisis estadístico y gráfico, sobre todo el poligonal.

Salida cartográfica: Las capacidades de este tipo de salida son mayores en los programas vectoriales que en los raster. Los mapas generados por los programas vectoriales se asemejan mucho a los realizados manualmente.

Capas y Tablas.

Un SIG puede verse como una prótesis que auxilia en el proceso de conocer una parte de nuestro entorno e interpretarla en el aspecto geográfico de la realidad, que por su rango de variación espacio-temporal y por el volumen de datos que contiene, se escapa a los rangos de información que son capaces de captar los sentidos y procesar nuestro cerebro. Pero esta prótesis de nuestro aparato perceptivo, es heredera de éste en su forma de preceder y al actuar, simplifica e interpreta lo real. La mirada no es inocente.

La visión es un proceso activo, y el hombre es responsable de lo que ve. El ojo es, embriológicamente, una parte más del cerebro y, como tal, no es un mero receptor pasivo

de datos, sino un filtro selectivo y organizador de imágenes. El ojo toma continuamente decisiones, de las que la más importante y compleja es decidir qué es fondo y qué es figura dentro del campo visual. (Ver Figura 5).



Figura 5. Ejemplo representativo de los niveles de información o capas en un SIG
(Rolf, 2001).

Establecer un SIG es un gigantesco proceso de abstracción, una labor de codificación del mundo, que entraña las dificultades de traducir la realidad a un cierto sistema de signos que la representen adecuadamente.

Por lo tanto, en ese camino de abstracción y codificación, se avanza a costa de perder riqueza de información, matices, detalles. Esto genera una dialéctica en la que eficacia y versatilidad están enfrentadas, de modo que todo lo que se consigue de una es a costa de la otra.

Es necesario optimizar, tomar en cada momento la decisión más eficaz, pero sin restringir en exceso nuestra futura capacidad de maniobra. Que cada puerta que abramos no nos cierre otras puertas, porque podemos entrar en un callejón sin salida y, como ya hemos dicho, volver atrás supone normalmente perder grandes cantidades de dinero.

Software SIG.

Entre los más utilizados están: ArcInfo, ArcView, MapInfo, Geomedia.

ArcGIS es un "software" de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica.

Bajo el nombre ArcGIS Desktop se comercializan tres licencias: ArcInfo, ArcEditor y ArcView, que comparten un mismo núcleo y un número de funciones que varía de la versión más completa (ArcInfo) hasta la más simple (ArcView). Cada una de ellas está compuesta por dos aplicaciones diferentes:

- ArcMap 10.2.2
- ArcCatalog 10.2.2 (semejante al Explorador de Windows);

Por otra parte, integrado en éstos dos se encuentra ArcToolbox (conjunto de herramientas de conversión y análisis de datos). Empleando estas tres aplicaciones juntas se puede realizar cualquier tarea SIG: creación, edición, análisis y representación de información geográfica (Puerta-Rengifo-Bravo 2011).

1.2.3 Empleo de los SIG en la gestión del abasto de agua en Cuba.

Como se ha explicado, los SIG constituyen una apasionante rama de las ciencias de la información, campo natural de encuentro y solape de multitud de disciplinas, con posibilidades de aplicación a prácticamente todas las actividades humanas.

Las empresas dedicadas a la actividad de acueducto y alcantarillado presentan una serie de deficiencias como el desconocimiento del sistema dado por la escasa información de redes y la falta de fidelidad de la existente, así como la pobre utilización de herramientas que faciliten la gestión.

Como experiencia aplicada en el uso de las herramientas SIG en la gestión del abasto de agua se tiene el producto diseñado para la empresa Aguas de La Habana, ideado para mejorar aspectos concretos del servicio.

La posibilidad de conectar con herramientas externas, junto con las capacidades propias del sistema de gestión de bases de datos georreferenciadas permite al SIG creado un control sobre todos los elementos que comprende el abastecimiento.

La aplicación Comercial tiene una vinculación directa con el SIG, la primera utiliza las referencias gráficas de la Localización por Callejero, para el trabajo de los lectores e inspectores y para el buen funcionamiento de la base de datos donde están relacionados todos los clientes tanto del sector estatal como del residencial, que es la AS400. También se emplea del SIG la información de las Hojas de Esquinas, que a través del trabajo de catastro de redes se ha logrado actualizar de los municipios que gestiona la empresa.

La aplicación de Control de Incidencias del Servicio (ACIS) surge como respuesta a la necesidad de mejorar la atención al cliente y adecuar la gestión técnica de las incidencias. Una herramienta que gestiona, controla y eleva la calidad de la atención al cliente y como sistema integra el flujo de comunicación entre las Oficinas Comerciales y Territoriales, el Centro de Incidencias y las Bases Productivas, permite trabajar sobre una base de datos única en tiempo real, ya sea en acceso local o remoto. La información puede ser tratada desde cualquier punto donde exista una línea telefónica. (Valls 2002) (Núñez 2012)

La aplicación Despacho, plantea Toujague (2007)(Núñez 2012), surge también ante la necesidad que existía en la empresa de disponer de una herramienta de trabajo que posibilitara mostrar de forma gráfica y en tiempo real, las zonas con afectaciones en la distribución del agua, por lo que tiene como objetivo fundamental llevar un control de aquellas incidencias vinculadas con los fallos en el proceso de distribución de agua en las áreas gestionadas por la empresa.

La empresa Aguas de la Habana y su vinculación con otras tecnologías, aplicables a cualquiera de las empresas de acueducto y alcantarillado ponen en 2012 un SIG en funcionamiento para resolver sus problemas de rotura y tener controlada toda la información de infraestructura existente.

Los beneficios para la empresa, los que, aunque no son tangibles, sí tienen repercusión en la eficiencia del trabajo de los que utilizan la aplicación SIG (Núñez 2012) se muestran a continuación:

- Mayores posibilidades en el análisis de las soluciones de falta de agua ya sean puntuales o las producidas a consecuencia de la sequía, trabajando con los circuitos de distribución de agua y sectores hidráulicos. Gran facilidad en la generación de informes y mapas.

Esto ha sido muy utilizado por el personal encargado de la explotación de los sistemas hidráulicos para garantizar el agua en los meses que se intensificó la sequía y a partir de los circuitos de distribución de agua se realizaron cambios de horarios, para lo cual hubo que usar también la información sobre las válvulas de manipulación, según se afectaban las fuentes de abasto. Para mantener informada a la población se brindan informaciones a los Gobiernos, Comité Provincial del PCC, así como a la prensa generadas desde la Aplicación SIG.

- Mayor rapidez en la tramitación de los permisos para corte de vías.

Para solicitar los permisos de cortes de vías se necesita un croquis del lugar donde se va a trabajar y ya todos los que lo tramitan utilizan la información contenida en la Aplicación SIG y las bondades de la misma para la impresión de mapas.

- Agilidad en la obtención de las redes no propias.

Con los datos que aparecen en el SIG de redes no propias se ahorra tiempo, pues no es necesario en ocasiones solicitar las redes en cada una de las empresas en lugares que ya se poseen.

- Prontitud en los trabajos previos a la elaboración de proyectos de obras.

Poseer una base de datos con la información de redes y sus elementos puntuales actualizados en un servidor, posibilita a los proyectistas disponer de información de forma rápida, así como de los levantamientos topográficos que se han realizado por municipio (Núñez 2012).

- Facilidad para dividir el territorio en sectores hidráulicos y para realizar trabajos de sectorización en sentido general.

El municipio Habana Vieja se dividió en sectores hidráulicos desde la Aplicación SIG, se realiza la vinculación con la base de datos Comercial, para obtener información de

los abonados y una serie de actividades vinculadas a la sectorización, que posibilite la mejora en el abasto de agua a esta población, que tradicionalmente es la más afectada en tiempo de sequía.

- Mayor eficiencia en la realización de los modelos matemáticos para la simulación de redes.

Para la elaboración de los proyectos se realiza la simulación de redes, así como para los estudios pitométricos necesitándose datos que son aportados por la Aplicación SIG que sirve de conexión con el software utilizado para la simulación.

- Mantener actualizada la información de forma ágil y fiable.

La empresa dispone de una base de datos con información actualizada de las redes de acueducto, saneamiento y drenaje pluvial de los municipios que gestiona, y que se va validando continuamente con la información aportada por las bases productivas a partir del trabajo que realizan diariamente, así como por las comisiones de topografía, por los inversionistas de las obras que ejecuta Aguas de La Habana o la empresa constructora en el territorio oeste o centro de la ciudad, que se utiliza tanto internamente en la gestión de los sistemas, como para la delegación o INRH para brindar informaciones en la discusión de los planes productivos a mediano y largo plazo.

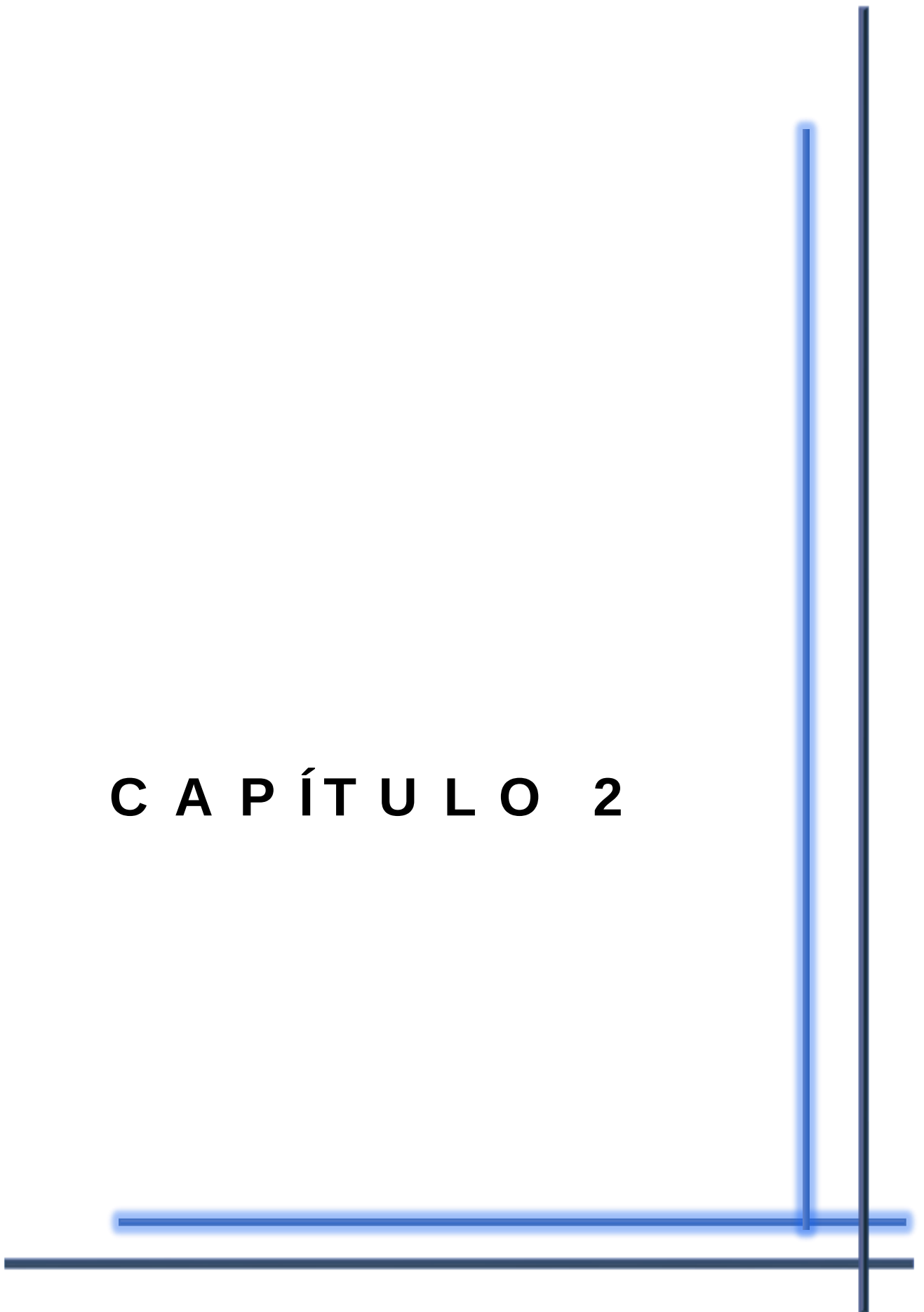
- Fácil acceso a la información, lo que posibilita incrementar la eficiencia en el control y supresión de las fugas.

La información se encuentra en un servidor y puede ser utilizada desde cualquier ámbito de la empresa y es utilizada por las bases productivas en la supresión de salideros y posteriormente en su control.

- Ahorro de recursos humanos y económicos en el dibujo de nuevos planos producto del cambio de escala o correlación de los originales.

Con las potencialidades que tiene la Aplicación SIG en la salida gráfica no hay que dibujar planos por cambios de escala o aspectos semejantes, lo que significa un ahorro de la plaza de dibujante.

C A P Í T U L O 2



Capítulo 2: Diseño del Sistema de Información Geográfica para la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.

2.1 Características del Sistema de abasto de Agua a la Ciudad de Trinidad.

La infraestructura de abasto con que cuenta la ciudad, con décadas de explotación se encuentran al límite de sus capacidades de diseño siendo en la actualidad insuficiente, incapaz de dar respuesta al desarrollo creciente.

Las políticas del Sector en los últimos años, han estado dirigidas a la elevación de la calidad y estabilidad del servicio de agua, mediante acciones de rehabilitación de los sistemas y a la reposición de los viejos equipos de bombeo, altos consumidores, por otros más eficientes desde el punto de vista energético. Los trabajos de rehabilitación de los sistemas se dirigen fundamentalmente a los grandes conglomerados poblacionales cuyos sistemas por su edad y estado técnico presentan grandes pérdidas e impiden garantizar un servicio estable.

2.1.1 Fuente de Abasto a la Ciudad de Trinidad. Balance actual y futuro.

La Empresa de Proyectos e Investigaciones Hidráulicas (IPH) de Sancti Spiritus analizó las garantías de las fuentes de abasto actuales con respecto a las necesidades tanto presentes como futuras, dividiendo el abasto en dos sistemas interrelacionados, el primero responde al abasto de las poblaciones, el turismo de ciudad y el turismo en la Boca, así como los grandes consumidores, el segundo responde netamente al abasto a la península de Ancón. Se consideró que toda el agua bombeada sería consumida, no siendo así en la realidad ya que existen pérdidas en general en todo el sistema existente superior al 60% del agua bombeada. Los resultados se muestran a continuación (Ferreiro 2012):

Tabla 2.1 Sistema Población Actual.

Análisis cobertura - Situación Actual				
Fuentes de abasto	Periodo Húmedo		Periodo Seco	
	Bombeo en 16 h	Equivalente en 24 h	Bombeo en 16 h	Equivalente en 24 h
San Juan de Letrán		110,00		5,00
Pozos las Piñas	75	50,00	75	50,00
Pozos Santiago Escobar	100	66,67	100	66,67
Pozo Casilda	25	16,67	25	16,67
Pozo Planta de Asfalto	25	16,67	25	16,67
Garantía real existente		260,00		155,00
Q máxd garantizar (l/s)		236,85		236,85
Déficit		23,15		-81,85

Tabla 2.2 Sistema Población Futuro.

Análisis cobertura - Situación Futura 2030				
Fuentes de abasto	Periodo Húmedo		Periodo Seco	
	bombeo en 16 h	equivalente en 24 h	bombeo en 16 h	equivalente en 24 h
San Juan de Letrán		110,00		5,00
Pozos las Piñas	75	50,00	75	50,00
Pozos Santiago Escobar	100	66,67	100	66,67
Pozo Casilda	25	16,67	25	16,67
Pozo Planta de Asfalto	25	16,67	25	16,67
Garantía real existente		260,00		155,00
Q máxd garantizar (l/s)		278,50		278,50
Déficit		-18,50		-123,50

Tabla 2.3 Sistema Ancón Actual

Análisis cobertura - Situación Actual				
Fuentes de abasto	Periodo Húmedo		Periodo Seco	
	Bombeo en 16 h	Equivalente en 24 h	Bombeo en 16 h	Equivalente en 24 h
Pozos los Mangos	37	24,67	37	24,67
*Pozo la Boca		0,00	0	0,00
Pozos Oeste Trinidad	15	10,00	15	10,00
Garantía real existente		34,67		34,67
Q máxd garantizar (l/s)		15,44		15,44
Déficit		19,23		19,23

Tabla 2.4 Sistema Ancón Futuro.

Análisis cobertura - Situación Futura 2030				
Fuentes de abasto	Periodo Húmedo		Periodo Seco	
	bombeo en 16 h	equivalente en 24 h	bombeo en 16 h	equivalente en 24 h
Pozos los Mangos	37	24,67	37	24,67
*Pozo la Boca		0,00	0	0,00
Pozos Oeste Trinidad	30	20,00	30	20,00
Garantía real existente		44,67		44,67
Q maxd garantizar (l/s)		127,25		127,25
Déficit		-82,58		-82,58

Evaluación de la infraestructura existente.

El sistema de abasto de agua a la ciudad de Trinidad está conformado por:

Sistema Santiago Escobar:

Pozos Santiago escobar 1, 2, 3 y 4 con una capacidad total de extracción garantizada de 100 L/s. Las obras civiles se encuentran en buen estado técnico, no así la interconexión de los pozos con la conductora, por lo cual es necesaria la rehabilitación de las mismas.

Conductora Santiago Escobar con una longitud de 6,0 km de Centro acero Ø 400 mm, capacidad de conducción de 200 L/s, el estado técnico malo casi en su totalidad. Necesidad de rehabilitación total paralelo al trazado existente con un Ø 500 mm garantizando un gasto de 225 L/s.

Pozos Las Piñas 2, 3, 4 y 5 con una capacidad total de extracción garantizada de 100 L/s. Las obras civiles se encuentran en buen estado técnico, no así la interconexión de los pozos con la conductora, por lo cual es necesaria la rehabilitación de las mismas.

Conductora Las Piñas-Santiago Escobar con una longitud de 1,5 km de Centro Acero Ø 400 mm, con una capacidad de conducción de 100 L/s en muy mal estado técnico. Necesidad de rehabilitación total paralelo al trazado existente hasta la unión con el trazado de la nueva conductora a la altura de la conexión existente, se incorporará el pozo de abasto a Casilda a este sistema.

Pozo planta de asfalto existente con un gasto recomendado de 25 L/s, la obra civil está en perfecto estado técnico.

Tanque y Estación de Bombeo La Chanzoneta:

Tanque La Chanzoneta existente con capacidad de 2000 m³ en mal estado técnico, es necesario su rehabilitación para devolverle su estabilidad estructural, así como adecuarlo a las nuevas conductoras de entrada y de salida.

Estación de Bombeo y cloración: existente en muy mal estado técnico y fuera de servicio producto al deterioro, es necesario la reconstrucción y rehabilitación de los locales para prepararlos para la cloración con cloro gas y el rebombeo de 100 L/s hacia la Popa.

Conductora La Chanzoneta la Popa: Conductora existente en muy mal estado técnico con una longitud de 3,0 km de centro acero y un Ø 400 mm, capaz de conducir 100 L/s hasta la Popa, es necesario su rehabilitación paralela a esta aprovechando los viales de las nuevas urbanizaciones, las cuales se encuentra sobre el trazado actual impidiendo su mantenimiento e inspección.

Planta Potabilizadora y Tanque La Popa.

Planta potabilizadora la Popa: existente tecnología degremont capaz de tratar un gasto de 110 L/s, en muy mal estado técnico sus componentes metálicos no así su estructura civil, por lo que se hace necesario su rehabilitación total.

Tanque de almacenamiento La Popa: existente con una capacidad de 2270 m³ con un deterioro progresivo, por lo que es necesario su rehabilitación.

Sistema Los Mangos.

Pozos los Mangos: existente con una garantía de 37 L/s en 16 horas de bombeo, las obras civiles se encuentran en buen estado técnico, no así la interconexión de las bombas con la conductora, es necesario la rehabilitación de estas interconexiones.

Conductora los Mangos- Tanque Ancón existente con una longitud de 0,5 km de hierro fundido Ø 200 mm, con una capacidad de conducción de 37 L/s en muy mal estado

técnico. Necesidad de rehabilitación total paralelo al trazado existente hasta la ubicación del tanque.

Tanque Ancón: Existente con capacidad para 2000 m³ en buen estado técnico.

Pozo La boca: Existente con capacidad de extracción de 10 L/s, obra civil en buen estado técnico, así como la conductora desde este hasta el tanque Ancón. Este pozo presenta problemas de calidad de agua (Nitratos).

Sistema Oeste Trinidad

Pozos Oeste Trinidad existentes con capacidad de 30 L/s de extracción, obras civiles en buen estado técnico, solamente es de destacar que el pozo número dos presenta problemas con los niveles de nitratos.

Conductora Oeste Trinidad-Tanque Ancón: Existente de PEAD con Ø 200 mm y una longitud de 3,0 km, en buen estado técnico.

Conductora San Juan de Letrán: Existente con una longitud de 11,4 km de hierro fundido y un Ø 500 mm, capaz de conducir un gasto de 110 L/s, en muy mal estado técnico, es necesario su rehabilitación total paralela al trazado actual.

Conductora Casilda: Existente con una longitud de 2,5 km de hierro fundido con un Ø 200 mm, capaz de conducir un gasto de 25 L/s, en muy mal estado técnico, es necesaria su rehabilitación paralela a la existente variando solamente el punto de salida el cual estará ubicado en la intercepción de la Circunvalante y la carretera a Casilda, el diámetro a colocar será de 200 mm de PEAD garantizando un gasto de 38,25 L/s desde las nuevas redes de abasto a Trinidad.

Conductora La Boca: Existente con una longitud de 3,0 km con un Ø 200 mm y un gasto de 30 L/s en muy mal estado técnico, es necesaria su rehabilitación paralela a la existente con un Ø 200 mm de PEAD garantizando una conducción de 33,51 L/s.

Redes de abasto La Boca: Existentes en muy mal estado técnico, inoperante, es necesario su rehabilitación total para garantizar un abasto en 24 horas.

Redes de abasto Casilda: Existentes en muy mal estado técnico, inoperante, es necesario su rehabilitación total para garantizar un abasto en 24 horas.

Redes de abasto Sanguily: Existentes en muy mal estado técnico, inoperante, es necesario su rehabilitación total para garantizar un abasto en 24 horas.

Redes de abasto La Pastora: Existentes en muy mal estado técnico, inoperante, es necesario su rehabilitación total para garantizar un abasto en 24 horas.

Redes Trinidad Situación actual: La situación actual del abastecimiento de agua a la ciudad está caracterizada por la antigüedad de la mayor parte de su infraestructura.

Las redes de distribución alcanzan la mayoría de la ciudad y se encuentran construidas hace más de 40 años, la mayor parte de sus tubos son de hierro fundido existiendo tuberías de asbesto y de centro acero en algunos circuitos de cierre de la red.

La distribución actual del acueducto se realiza con la red de distribución dividida en zonas representativas, que reciben agua en un horario determinado en función del nivel de disponibilidad que tenga el sistema en ese momento. Estas zonas son:

- Zona Alta se entrega agua durante 3 horas cada 3 días.
- Zona Media se entrega agua durante 3 horas cada 3 días.
- Zona Baja se entrega agua durante 3 horas cada 3 días.

En los Repartos La Purísima, Salabarría, Los Cedros, Aeropuerto, y Sanguily se distribuye el agua 8 horas cada 4 días.

Se distribuye agua en pipas con un ciclo de 15 días a las siguiente Zonas:

- Parte de La Purísima.
- Reparto Primero de Mayo.
- Reparto Vertedero.

Nuevas Inversiones:

Nuevo Tanque la Popa: con capacidad de 3000 m³ con el objetivo de garantizar el déficit de almacenamiento tanto actual como futuro necesitado por el sistema. El área solicitada está en las coordenadas x 605 286,41 y 220 691,17.

Nuevo Tanque Ancón: con capacidad de 2000 m³ con el objetivo de garantizar el déficit de almacenamiento tanto actual como futuro necesitado por el sistema. El área solicitada está en las coordenadas x 603 751,67 y 219 410,21.

Nueva Conductora Ancón: saldrá desde la ubicación de los tanques apoyados de abasto a la península paralelo al vial de Trinidad-La Boca por el lado izquierdo hasta la entrada a la chorrera para colocarse al lado derecho del vial de acceso a la península ubicándose en el corredor técnico hasta la curva de Alfredo, luego desde aquí continuará por el mismo lado del corredor, pero sobre el pedraplén. El primer tramo comprendido desde los tanques hasta las parcelas de los campos de golf será de 4,5 km y un Ø 500 mm, el segundo tramo será desde este punto hasta el final con una longitud de 10,5 km y un Ø 450 mm, garantizando un gasto de 127,25 y 60 L/s respectivamente.

Nuevos pozos Arenas de Algaba: como se ha expresado anteriormente el sistema de abasto a Trinidad tiene grandes problemas con la entrega del caudal necesario hasta los distintos depósitos existentes, lo que ha sido necesario estudiar alternativas en la búsqueda del déficit del mismo, en este caso a petición de la entidad inversionista de la Provincia de Sancti Spíritus, es necesario buscar pozos capaces de entregar 250 L/s previendo el desarrollo turístico en la Península Ancón para el período de diseño.

Nueva Conductora Arenas de Algaba: se ubicará desde los pozos ubicados en un área de Algaba, la conductora su trazado irá paralelo al Ferrocarril que va desde Fomento a Trinidad hasta llegar a la zona donde se ubicará un tanque apoyado. Esta será de PEAD con un Ø 710 mm y una longitud de 21,9 km a conducir un gasto de 250 L/s.

Nueva Conductora Pozo Planta Asfalto- Conductora Santiago Escobar: será de PEAD con un Ø 160 mm y una longitud de 1,5 km, la misma garantizará una conducción de 25 L/s a incorporarlos a la conductora Santiago Escobar, esta saldrá desde el pozo Planta Asfalto hasta el vial de Trinidad – Modelo para cruzarlo e ir paralelo a este hasta la intercepción de este vial con la carretera de Trinidad-Sancti Spíritus luego tomando izquierda hasta la intercepción de la Circunvalante y la carretera Trinidad-Sancti Spíritus, para conectarse a la conductora antes mencionada.

2.2. Diseño teórico del SIG .

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales (cartografía). La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen, así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en alguna área de interés.

2.2.1 Arquitectura del SIG .

La reducción de la complejidad del mundo real en la modelización de un SIG puede conducir a resultados diferentes. El proceso de modelización en sí mismo no sólo está relacionado con el mundo real, está limitado por los SIG. Por lo tanto, el resultado del proceso de aplicación puede variar considerablemente y se pueden crear demasiados errores.

Las representaciones del mundo real pueden pasar por alto fenómenos importantes, o los modelos pueden no representar el mundo real de acuerdo a los objetivos de los SIG. Hay varias etapas de planificación, que puede ayudar a prevenir los errores hasta el completo fracaso del proyecto SIG. (ver figura 2.1)(Legía 2010)



Figura 2.1 Pasos para la construcción del SIG .

En primer lugar, se definen las **temáticas generales** y se indican los **objetivos**. Los problemas de la investigación son el determinar el análisis necesario y las herramientas de presentación. Esto depende de una estructura de datos, la cual tiene que ser elaborada antes que el análisis y la presentación a la cual puede ser aplicada. El segundo paso es la **conceptualización** y **elaboración** de modelos del mundo real. Para esta etapa hay que tener mucha experiencia y el conocimiento teórico sobre la naturaleza de los fenómenos del mismo. La conceptualización depende en considerar una metodología.

La raíz de las decisiones sobre cómo y por qué las entidades y los datos del mundo real, deben estar representados en los SIG, son las estructuras de datos que almacena la información concerniente, que debe ser desarrollado. Tenemos que diferenciar entre el almacenamiento de los atributos espacio-temporales en un lado y los datos relacionados con la geometría (datos nominales) en otro lado. La estructura de datos dependerá de la base de datos y la tecnología de los SIG disponible y viceversa.

Las decisiones sobre la estructura de datos y la gestión de bases de datos relacionadas con los SIG son más interdependientes con las demandas de análisis y la presentación. Durante la siguiente fase los datos deberán recopilarse y así construir la base de datos. Además, las geometrías de los objetos deben ser digitalizados o importados en el SIG. Este es un punto crítico, donde todas las decisiones tomadas antes deberán evaluarse cuidadosamente.

El posterior análisis y elaboración de modelos es la parte más interesante del proceso de construcción. Al punto de que los errores o las malas interpretaciones hechas antes tendría un impacto crucial. Finalmente, los resultados deberán ser visualizados y presentados (Legía 2010).

Por lo antes expresado se puede llegar a la conclusión que para la creación del SIG será necesario:

- 1- Seleccionar el software a utilizar.
- 2- Gestionar y Compatibilizar la información.
- 3- Seleccionar los campos de la base de datos.
- 4- Seleccionar las capas de trabajo.

5- Anexar la base de datos a la representación espacial.

6- Planificar las consultas a realizar.

2.2.2 Diseño del SIG .

Diseño es la tarea de encontrar la estructura óptima para un SIG , es decir la más eficaz y fácil de mantener. Se trata de todas las decisiones necesarias para implementar el sistema en una computadora: cuantos ficheros se necesitan, cuantos campos es necesario definir en cada fichero, que longitud ha de tener cada campo, que tipo de ficheros se usarán, etcétera.

Hay un factor de tamaño. En un SIG pequeño el diseño no es excesivamente importante, basta con almacenar todos los datos en un único fichero y definir cuantas más claves de búsqueda, mejor.

Este trabajo se centra en el modelo de datos Entidad-Relación, uno de los más ampliamente usados, y en el diseño de ficheros para una Geodatabase (G B D) relacional, también muy extendido.

Hay tres categorías conceptuales de modelo, que cubren de modo secuencial el proceso de abstracción y ordenación que lleva desde el mundo real hasta un sistema informático concreto. Y, por lo tanto, tres fases de diseño: el diseño **conceptual** o semántico, el diseño **lógico** y el diseño **físico** (o diseño interno o consolidación)(Hernandez 2002).

A) Al realizar el diseño **conceptual**, se pasa del mundo real al modelo semántico. Es una tarea esencialmente de entendimiento. En el proceso: -

Se fijan los objetivos del SIG .

- Se establece la lista de preguntas.

- Se especifican las circunstancias de consulta.

- Se confecciona un catálogo de entidades: de atributos y de relaciones.

- Se prepara un diccionario de entidades.

- Se dibuja un diagrama conceptual.

El modelo **conceptual**: es el narrativo, lingüístico y descriptivo de los tres.

- Su centro de atención esencial lo constituyen los datos que se manejan.
- Se elabora desde el punto de vista del usuario.
- Se expresa, en gran parte, en palabras.
- Es un modelo de datos.
- El resultado final es un diagrama.

Diseño conceptual.

Es esencial adquirir el punto de vista del usuario con todas las consecuencias. A partir de ahí, se categoriza el mundo real de acuerdo con los intereses y objetivos asumidos. Es muy difícil dar reglas generales a aplicar durante este proceso. Simplemente hay que aplicar el sentido común, desechar las ideas preconcebidas y saber sumergirse en una visión del mundo que no es la nuestra.

Para construir el modelo conceptual se identifican las entidades, los entes de la realidad que van a jugar en nuestro modelo un papel sustantivo, los atributos que van a jugar un papel adjetivo, y las relaciones, que representan un papel análogo al del verbo en la oración.

Un método para identificar estos tres tipos de entes es por contraste entre ellos: entidad es aquello que soporta atributos y establece relaciones con otras entidades; relación es aquello que relaciona entidades; y atributo, aquello que aporta información acerca de una entidad (Hernandez 2002).

De cada relación hay que establecer su cardinalidad y las reglas o condiciones si es que existen. Una vez identificados, listados y descritos tanto entidades como atributos como relaciones, puede expresarse mediante un diagrama entidad relación la situación relativa de estas tres categorías, que se representan en la siguiente figura:

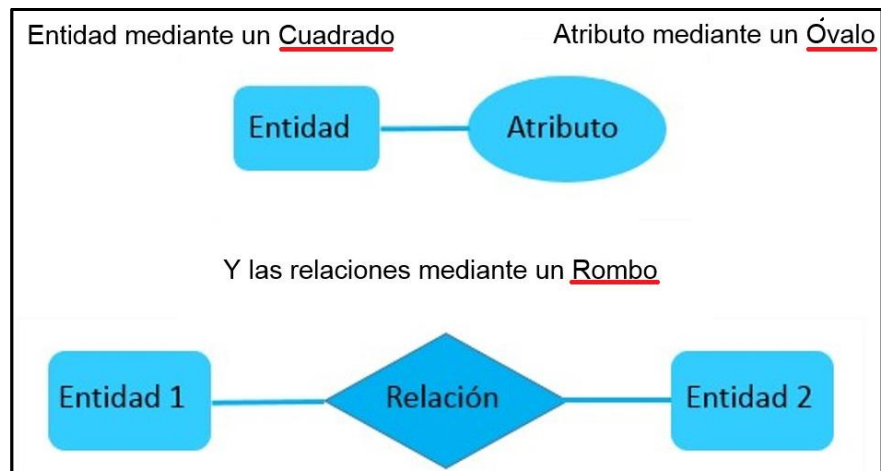


Figura 2.2 Representación de entidad, Atributo y Relación

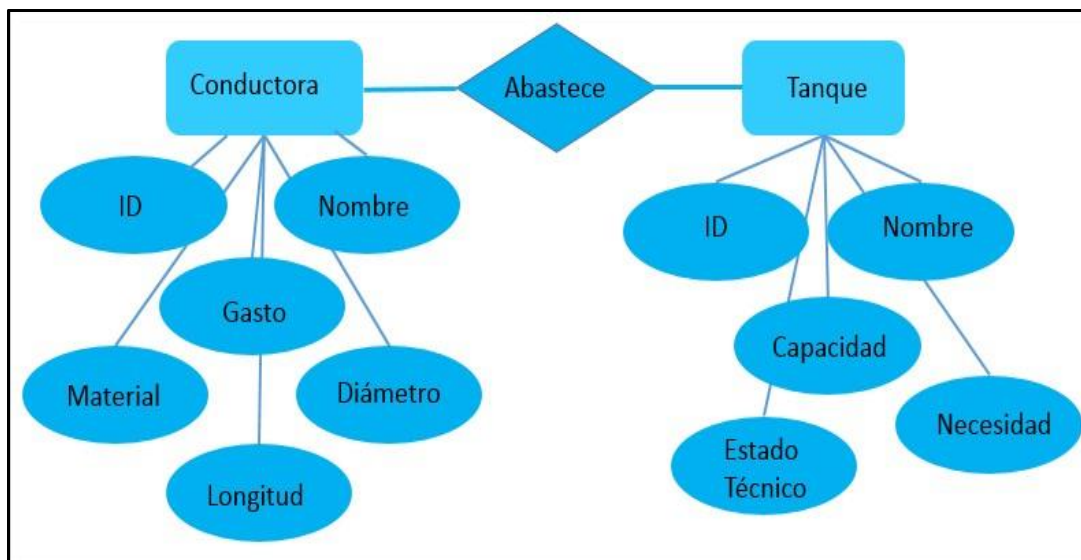


Figura 2.3 Ejemplo del SIG a Diseñar

Selección de las capas de trabajo

- Crear relaciones de análisis entre las bases de datos y la información de la base cartográfica de la zona de estudio.
- División político-administrativa.
- División por consejos populares.
- Conductoras Internas de la Ciudad.
- Conductoras Externas a la Ciudad.
- Pozos de Abasto de Agua Potable.
- Tanques de Abasto de Agua.

- Otros Objetos de Obra del Acueducto.

- Tuberías Principales y Secundarias de la red de Abasto a la Ciudad.

B) Al efectuar el diseño **lógico**, se pasa del modelo conceptual al modelo lógico. En el proceso, se cuida al máximo la versatilidad, es decir la flexibilidad, del sistema. Es una tarea esencialmente teórica. En el proceso:

- Se diseñan los ficheros.

- Se deciden las claves primarias y secundarias.

- Se normalizan los ficheros.

- Se consideran los flujos de información.

El modelo **lógico**: podría aplicarse, en teoría, a tanto a un sistema de tratamiento manual como a uno informatizado. Su centro de atención principal lo constituyen los depósitos que contienen los datos y como se accede a ellos. Se elabora desde el punto de vista del diseñador y se expresa, en su mayor parte, en papel. El resultado final es un conjunto de ficheros en BFN descritos en una documentación.

En el caso de datos georreferenciados es necesario que el modelo lógico contemple los datos nominales y espaciales. Un adecuado marco computacional es fundamental para que los modelos científicos se ejecuten (Hernandez 2002).

Diseño lógico

Nomenclatura de diseño:

Fichero = Tabla = Relación

Campo = Atributo = Columna

Clave = Descriptor

Clave principal = Descriptor único

Clave - Campo, sobre el que el GBD ha construido una lista invertida de índices, para optimizar las búsquedas.

Clave primaria - Campo utilizado para identificar de modo único y no ambiguo un registro dentro de un fichero.

Confección de ficheros de GBD.

Para la confección de los ficheros se utilizó la información brindada por la Empresa de Proyecto e Investigaciones Hidráulica de Sancti Spíritus. Para la misma se eligieron los siguientes ficheros por ser los de mayor importancia, además de los solicitados por dicha empresa.

Capa Pozos:

ID	Nombre	Capacidad Total de Extracción (l/s)	Obras Civiles	Interconexión Pozos- Conductoras
Necesidad	Calidad del Agua	Pérdidas (l/s)		

Capa Conductoras Internas:

ID	Nombre	Diámetro (mm)	Material	Presión Nominal (MPa)	Longitud (Km)
----	--------	---------------	----------	-----------------------	---------------

Capa Conductoras:

ID	Nombre	Longitud (Km)	Material	Diámetro (mm)	Gasto (l/s)	Estado Técnico	Necesidad	Futuro
----	--------	---------------	----------	---------------	-------------	----------------	-----------	--------

Capa Tanques:

ID	Nombre	Capacidad (m3)	Estado Técnico	Necesidad	Observaciones
----	--------	----------------	----------------	-----------	---------------

Capa Redes de Abasto:

ID	Nombre	Estado Técnico	Utilidad	Necesidad	Bombeo Futuro	Bombeo Actual	Población Actual	Población Futura
Dotación Actual	Dotación Futura	K1 Actual	K2 Actual	K1 Futuro	K2 Futuro	Q medio (l/s) Actual	Q máximo Diario Actual (l/s)	Q máximo Horario Actual (l/s)
Q máximo Diario Actual (l/s)	Q máximo Horario Actual (l/s)	Q medio Futuro (l/s)	Q máximo Diario Futuro (l/s)	Q máximo Horario Futuro (l/s)				

Capas Otros Objetos de Obra:

ID	Nombre	Capacidad (l/s)	Necesidad	Estado Técnico
----	--------	-----------------	-----------	----------------

Nomenclatura Utilizada en la Base de datos:

Materiales:

Hierro Fundido	HoFo
Centro Acero	AC
Polietileno de alta Densidad	PEAD

Esta Técnico:

M a l o	M
M a l o e n s u T o t a l i d a d	M S T
M u y m a l e s t a d o T é c n i c o	M M E T
B u e n e s t a d o T é c n i c o	B E T
N u e v o	N V
D e t e r i o r o P r o g r e s i v o	D P

Necesidad:

R e h a b i l i t a c i ó n	R H
R e h a b i l i t a c i ó n T o t a l	R H T
C o n s t r u c c i ó n	C S T
R e c o n s t r u c c i ó n y R e h a b i l i t a c i ó n	R C S T R H
N i n g u n a	N G

C) Al acometer el diseño **físico** se pasa del modelo lógico al modelo físico. Este paso es lo que se llama implementación propiamente dicha. Al hacerlo, se cuida al máximo la eficacia del sistema. El proceso depende de la configuración particular de "hardware" + "software" de que se disponga, se tiene muy en cuenta las peculiaridades del equipamiento. Es una tarea esencialmente práctica (Hernandez 2002).

En el proceso:

- Los ficheros adaptan al G D B .
- Se adaptan a la carga de trabajo que han de soportar.
- Se optimiza el sistema.

El modelo **físico**: Su centro de atención principal lo constituyen los procesos concretos ejecutados contra los datos. Se elabora desde el punto de vista del Administrador del SIG. Se expresa, en su mayor parte, dentro de un ordenador. El resultado final es un conjunto de ficheros soportados por un "hardware" + "software".

Los objetivos del diseño son:

- Q u e l a B D s e a c o m p l e t a , q u e c o n t e n g a t o d a l a i n f o r m a c i ó n i m p o r t a n t e .

- Que no contenga información redundante, aunque pueden existir repeticiones si están justificadas.

- El número de ficheros ha de ser mínimo.

- La BD ha de ser robusta, es decir, ha de soportar el impacto de las aplicaciones y actualizaciones sin desmoronarse.

- Ha de ser lo más versátil posible, es decir admitir cambios de estructura y ampliaciones con la máxima facilidad posible.

2.2.3 Recopilación de la Información.

Uno de los puntos clave en la confección de un modelo matemático, y que puede considerarse como la primera etapa en la elaboración del mismo, es recoger la mayor cantidad posible de datos acerca de la red que se pretende modelar.

La disponibilidad de los datos, así como una herramienta adecuada para realizar el control de calidad de los mismos resulta de suma importancia para lograr un modelo fiable. La información recopilada y procesada se agrupa en:

- Datos cartográficos: Abarcarán los datos más típicos en un SIG. Estos deben incluir, al menos, un MDT o herramientas para construirlo. Además, resulta muy conveniente disponer de una cartografía urbana de fondo con información de calles, catalogación de los usos del suelo y ubicación de todas las infraestructuras urbanas, con especial atención a las de transporte de agua (abastecimiento y saneamiento).

- Datos descriptivos de la red: Aquí entrarán todos los elementos necesarios para el conocimiento de la red de distribución de agua.

- Datos de mediciones y actuaciones: Si además se pretende calibrar y actualizar sistemáticamente el modelo será necesario disponer de los registros disponibles de mediciones realizadas en la red, así como la tarea de mantenimiento que hayan sido realizadas sobre la misma.

- Datos topológicos: Además de los datos anteriores, será necesario disponer de información topológica que informe de las relaciones espaciales que hay entre los distintos elementos de la red (Martínez 2002).

Errores más comunes al recopilar la Información.

- Errores objetivos: Todos los errores que tienen carácter objetivo, apenas presentan un problema en lo que a su localización y corrección se refiere. Básicamente derivan de una falta de calidad (o de control de calidad) de los datos aportados. Tenemos varios tipos:

- Errores tipográficos: Básicamente se refiere a permutación u omisión de caracteres y a errores derivados del empleo de juegos de unidades diferentes entre la base de datos y el programa de cálculo.

- Error de medida: La imprecisión de las medidas puede deberse bien a la de los propios aparatos de medida, bien a la falta de actualización de dichas medidas.

- Imprecisión de las cotas: Se refiere principalmente al desconocimiento de la profundidad a la que se hallan las conducciones. En muchas ocasiones, el modelo digital del terreno disponible se refiere a la superficie del terreno, pero se carece de información detallada de la profundidad a la que se hallan las tuberías.

- Errores en los planos y mapas: Los principales errores derivados del manejo de planos son:

a) Planos ambiguos. Al trabajar con planos con distintas edades y elaborados por distintas personas, es frecuente encontrar informaciones contradictorias que deben ser subsanadas antes de validar dichos datos.

b) Escala inadecuada.

c) Planos sin actualizar.

d) Anomalías geométricas. Se refieren en general a anomalías que inciden en la integridad hidráulica de la red: tramos de tubería que aparecen aislados porque se ha olvidado alguna tubería, tramos cruzados donde deberían estar unidos y viceversa, etc.

2.2.4 Modelos de Objetos Geográficos y Topología.

Modelos de Objetos Geográficos

Información y datos es una dicotomía que se presenta entre la concepción en el mundo real y su representación simbólica codificada. La complejidad de la realidad geográfica

da lugar a diversas formas de adquirir la información asociada a los eventos espaciotemporales.

Para describir la fisonomía espacial geográfica, la realidad debe ser concebida mediante un modelo espacial de datos el cual puede ser descrito en dos niveles: modelo de objetos y modelo de campo.

El modelo de objetos que representa fenómenos geográficos que pueden ser singulares ya que poseen una identidad y a su vez características que pueden ser descritas a través de un conjunto de atributos y están definidos a continuación:

Punto: Un objeto cero-dimensional que especifica la localización geométrica a través de un conjunto de coordenadas. Un nodo es un tipo especial de punto, también un objeto cero-dimensional, que es una conexión topológica o punto final que puede especificar una localización geométrica.

Línea: Un objeto uni-dimensional que es un segmento de línea determinado entre dos puntos. Formas especiales de líneas incluyen las siguientes: cadenas, como una serie de puntos que dan un segmento de línea; arcos, como el lugar geométrico de todos los puntos que forman una curva definida por una función matemática; y cadena, como una secuencia consecutiva y dirigida de segmentos de línea o arcos con nodos en cada punto terminal.

Área: Un objeto bidimensional que es continuo, puede incluir un límite o frontera.

Celda: Un objeto bidimensional que representa un simple elemento en un espacio discreto referenciado a una superficie continua.

Pixel: Un objeto pictórico bidimensional que es el elemento más pequeño indivisible de una imagen.

Símbolo: Elemento gráfico que representa alguna característica a los puntos sobre un mapa.

Topología en el SIG.

La topología es una colección de reglas que, acopladas a un conjunto de herramientas y técnicas de edición, permite a las geodatabases modelar relaciones geométricas con mayor precisión. ArcGIS implementa una topología a través de un conjunto de reglas que

definen cómo las entidades pueden compartir un espacio geográfico y un conjunto de herramientas de edición que trabajan con entidades que comparten geometría de manera integrada.

La topología se almacena en una geodatabase como una o más relaciones que definen cómo las entidades en una o más clases de entidad comparten geometría. Las entidades que participan en una topología siguen siendo clases de entidad simples; en vez de modificar la definición de la clase de entidad, la topología describe cómo las entidades se pueden relacionar espacialmente.

¿Por qué la topología?

La topología ha sido durante mucho tiempo un requisito clave SIG para la administración y la integridad de los datos. En general, un modelo de datos topológico administra relaciones espaciales representando objetos espaciales (entidades de punto, línea y área) como un gráfico subyacente de primitivas topológicas: nodos, caras y bordes. Estas primitivas, junto con sus relaciones entre sí y con las entidades cuyos límites representan, se definen representando las geometrías de entidad en un gráfico planar de elementos topológicos. Ver figura 2.4.

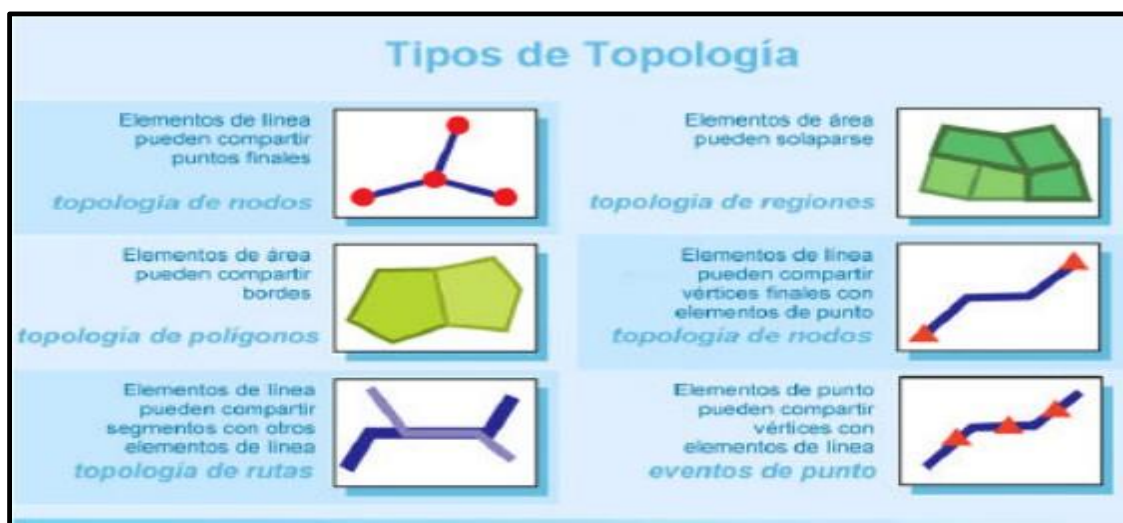


Figura 2.4 Ejemplo de una correcta Topología.

La topología se utiliza fundamentalmente para garantizar la calidad de los datos de las relaciones espaciales y para facilitar la compilación de los datos. La topología también se utiliza para analizar relaciones espaciales en muchas situaciones, tales como disolver los

límites entre polígonos adyacentes con los mismos valores de atributo o atravesar una red de elementos en un gráfico topológico.

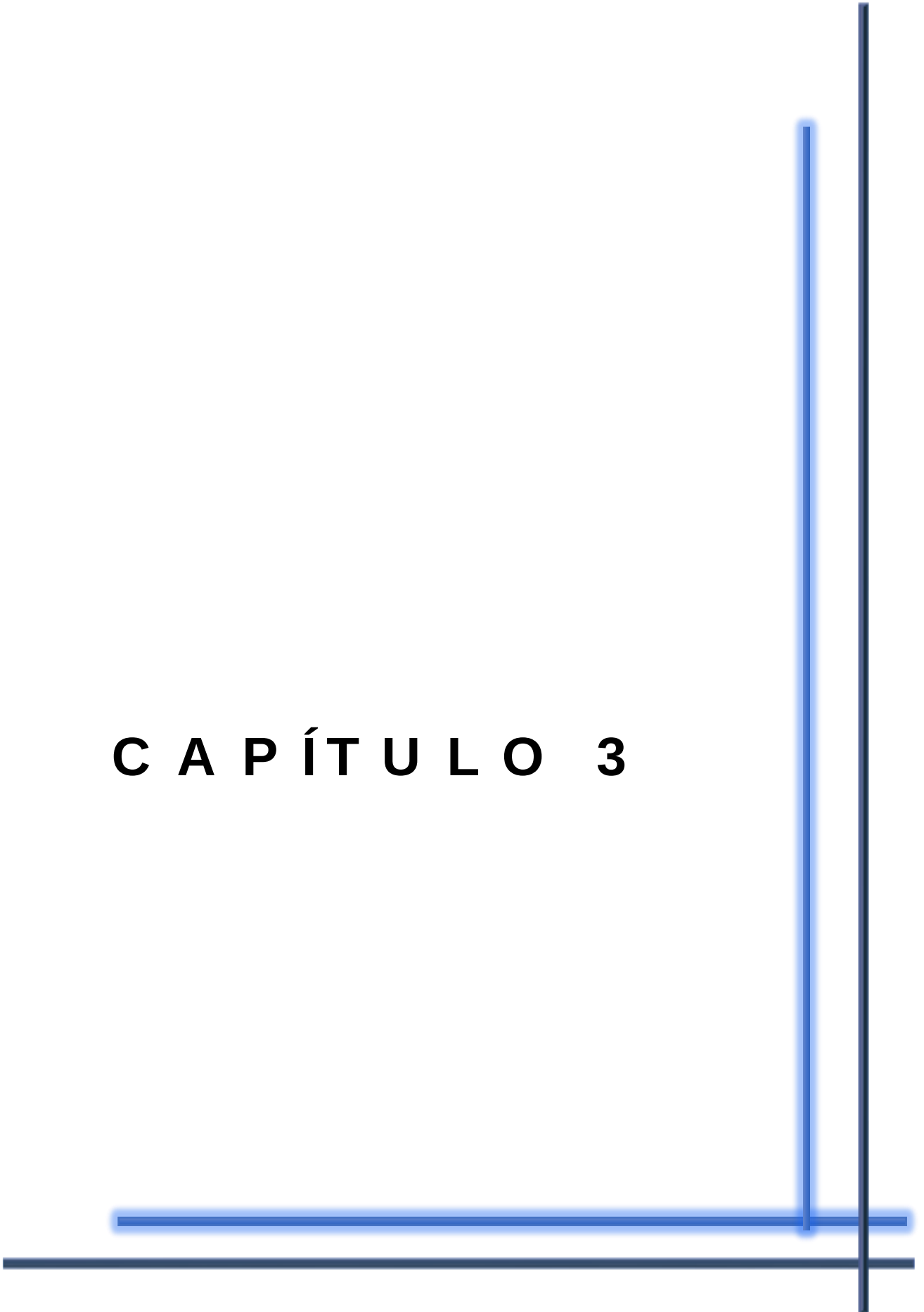
Las entidades pueden compartir geometría dentro de una topología. Éstos son algunos ejemplos entre entidades adyacentes:

- Las entidades de área pueden compartir límites (topología de polígonos).
- Las entidades de línea pueden compartir extremos (topología de borde y nodo).

Además, la geometría compartida se puede administrar entre clases de entidad utilizando una topología de geodatabase. Por ejemplo:

- Las entidades de línea pueden compartir segmentos con otras entidades de línea.
- Las entidades de área pueden ser coincidentes con otras entidades de área. Por ejemplo, las parcelas pueden anidarse dentro de bloques.
- Las entidades de línea pueden compartir los vértices de los extremos con otras entidades de punto (topología de nodo).
- Las entidades de punto pueden ser coincidentes con entidades de línea (eventos de punto).

C A P Í T U L O 3



CAPÍTULO 3: Resultados en la aplicación del Sistema de Información Geográfica en la gestión del Abasto de agua a la Ciudad de Trinidad.

3.1 Compatibilidad la información.

Las bases de datos utilizadas se realizaron en Microsoft Excel teniendo en cuenta la compatibilización con el trabajo que realiza el software y se eliminaron los errores en su confección (elementos que sean cero filtrarlos de manera que queden de últimos en la fila, que las fracciones sean por coma y no por puntos, que no se importen fórmulas sino los valores numéricos, entre otros análisis). Las bases de datos se ejemplifican a continuación.

Tabla 3.1 Capa Conductora Internas.

ID	Nombre	Diámetro (mm)	Material	Presión Nominal (MPa)	Longitud (Km)
C11	Conductora La Popa- Ancón (500mm)	500	PEAD	0,6	0,4
C12	Conductora La Popa- Ancón (400mm)	400	PEAD	0,6	0,7
C13	Conductora La Popa- Ancón (315mm)	315	PEAD	0,6	1,6
C14	Conductora Calle Fausto Pelayo(315mm)	315	PEAD	0,6	0,8
C15	Conductora Calle Fausto Pelayo(200mm)	200	PEAD	0,6	0,7
C16	Conductora La Popa- Circunvalación (315mm)	315	PEAD	0,6	0,6
C17	Conductora La Popa- Circunvalación (200mm)	200	PEAD	0,6	1,6
C18	Conductora Chanzoneta- Circunvalación (315mm)	315	PEAD	0,6	1,6
C19	Conductora Chanzoneta- Circunvalación (200mm)	200	PEAD	0,6	2,2

Tabla 3.2 Capa Conductoras.

ID	Nombre	Longitud (Km)	Material	Diámetro (mm)	Gasto (l/s)	Estado Técnico	Necesidad
C1	Conductora Santiago Escobar	6	AC	400	200	MST	RH
C2	Conductora Las Piñas -Santiago Escobar	1,5	AC	400	100	MMET	RH
C3	Conductora La Sanchoneta La Popa	3	AC	400	100	-	RH
C4	Conductora Los Mangos- Tanque Ancón	0,5	HoFo	200	37	MMET	RH
C5	Conductora Oeste Trinidad-Tanque Ancón	3	PEAD	200	-	BET	-
C6	Conductora San Juan de Letran	11,4	HoFo	500	110	MMET	RH
C7	Conductora Casilda	2,5	HoFo	200	25	MMET	RH
C8	Conductora La Boca	3	-	200	30	MMET	RH
C9	Conductora Ancón	4,6	-	-	-	MMET	RH
C10	Conductora Arenas Algasas	21,6	PEAD	710	350	-	CST
C20	Conductora Planta Azfalso (Nuevo)	2	PEAD	-	-	NV	CST

Tabla 3.3 Capa Pozos.

ID	Nombre	Capacidad Total de Extracción (l/s)	Obras Civiles	Interconexión Pozos- Conductoras	Necesidad	Calidad del Agua
P1	Pozos Santiago Escobar 1,2,3 y 4	100	BET	M	RH	BN
P2	Pozos Las Piñas 2,3,4 y 5	100	BET	M	RH	BN
P3	Pozos Planta de Azfalto	25	BET	-	-	BN
P4	Pozo Los Mangos	37	BET	M	RH	BN
P5	Pozo La Boca	10	BET	BN	-	Problemas con los Nitratos
P6	Pozos Oeste Trinidad	30	BET	-	-	Pozo 2 Problema con los Nitratos
P7	Bateria de Pozos Arenas Algaba	350	-	-	CST	BN

Tabla 3.4 Capa Tanques.

ID	Nombre	Capacidad (m3)	Estado Técnico	Necesidad	Observaciones
T1	Tanque La Chanzoneta	2000	M	RH	Devolverle su estabilidad así como adecuarlo a las nuevas conductoras de Entrada y de Salida
T2	Tanque La Popa	2270	DP	RH	-
T3	Tanque Ancón	2000	DP	NG	-
T4	Nuevo Tanque La Popa	3000	-	CST	Construcción Futura (Nuevas Inversiones)

Tabla 3.5 Capa Redes.

ID	Nombre	Estado Técnico	Utilidad	Necesidad	Bombeo Futuro	Bombeo Actual	Población Actual	Población Futura
R1	Redes de Abasto La Boca	MMET	Inoperante	RH	24h	-	1088	4250
R2	Redes de Abasto Casilda	MMET	Inoperante	RH	24h	-	5112	5526
R3	Redes de Abasto Sanguily	MMET	Inoperante	RH	24h	-	246	332
R4	Redes de Abasto La Pastora	MMET	Inoperante	RH	24h	-	669	819
R5	Redes Zona Alta	M	-	RH	24h	3h cada 3 días	-	-
R6	Redes Zona Media	M	-	RH	24h	3h cada 3 días	-	-
R7	Redes Zona Baja	M	-	RH	24h	3h cada 3 días	-	-
R8	Redes Media Legua	M	-	RH	24h	-	499	539

Tabla 3.6 Capa Otros Objetos de Obra.

ID	Nombre	Capacidad (l/s)	Necesidad	Estado Técnico
O1	Planta Potabilizadora La Popa	110	RHT	MMET
O2	Estación de Bombeo y Cloración	100	RCSTRH	MMET
O3	Obras de Acueducto	-	-	-

Además de las bases de datos se confeccionaron las distintas capas de trabajo en función de los elementos que las componen (ver figuras de la 3.7 a la 3.10).

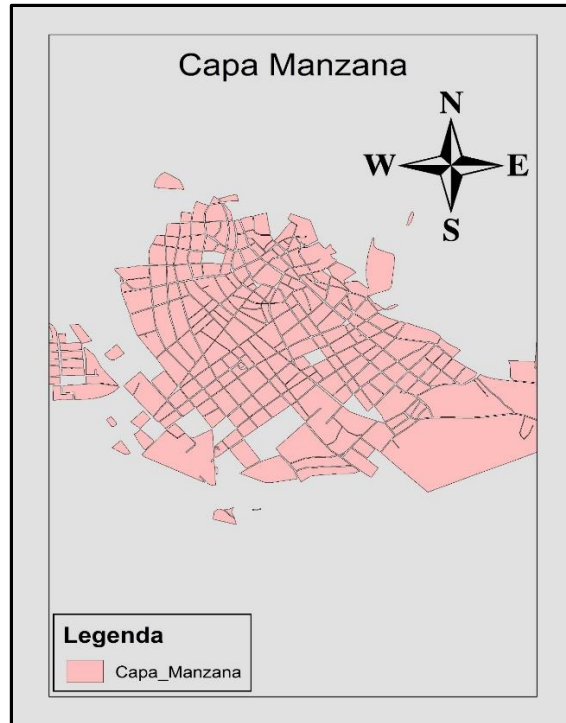


Figura 3.7 Capa Manzanas.

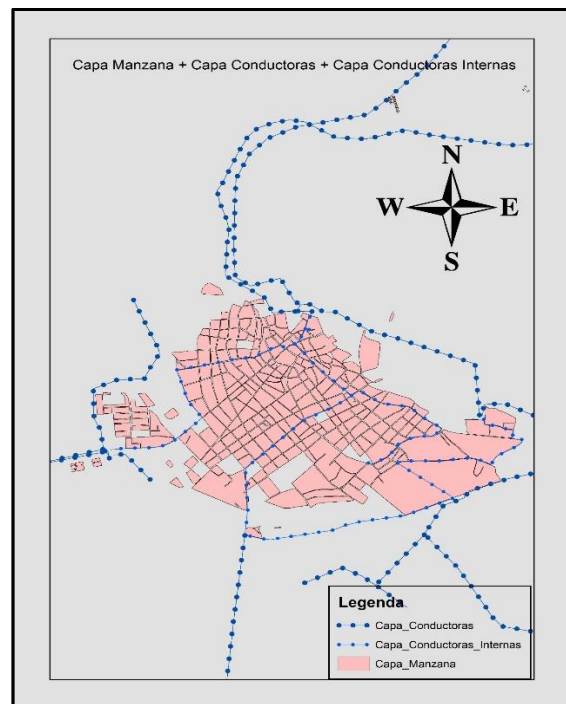


Figura 3.8 Unión de las capas Manzana, Conductoras y Capa Conductoras Internas.

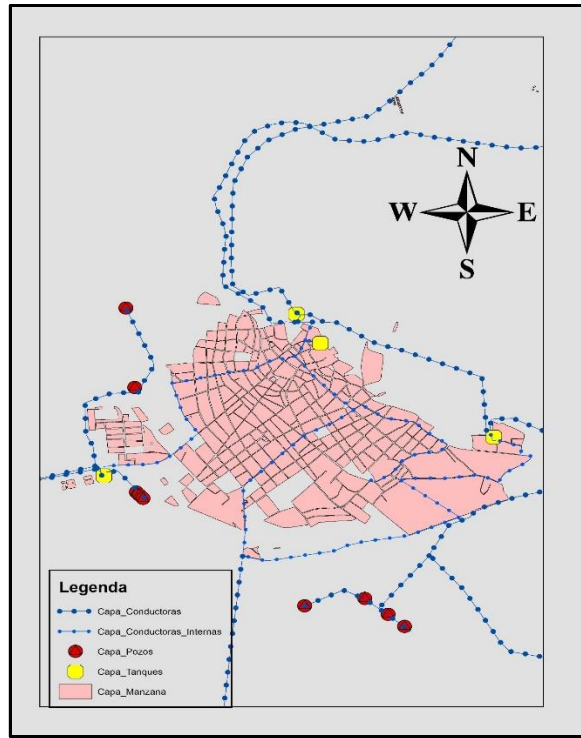


Figura 3.9. Unión de las capas Manzana, Conductoras, Conductoras Internas, Pozos y Tanques.

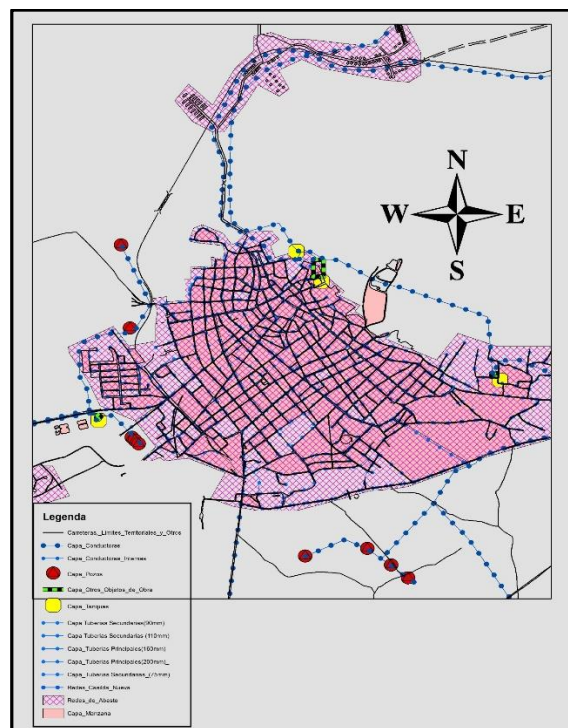


Figura 3.10 Unión de todas las capas del SIG.

Los análisis realizados en el SIG se hicieron sobre la base de la relación de las bases de datos con sus respectivas capas a través de un ID común (ver figuras de la 3.11 a la 3.15)

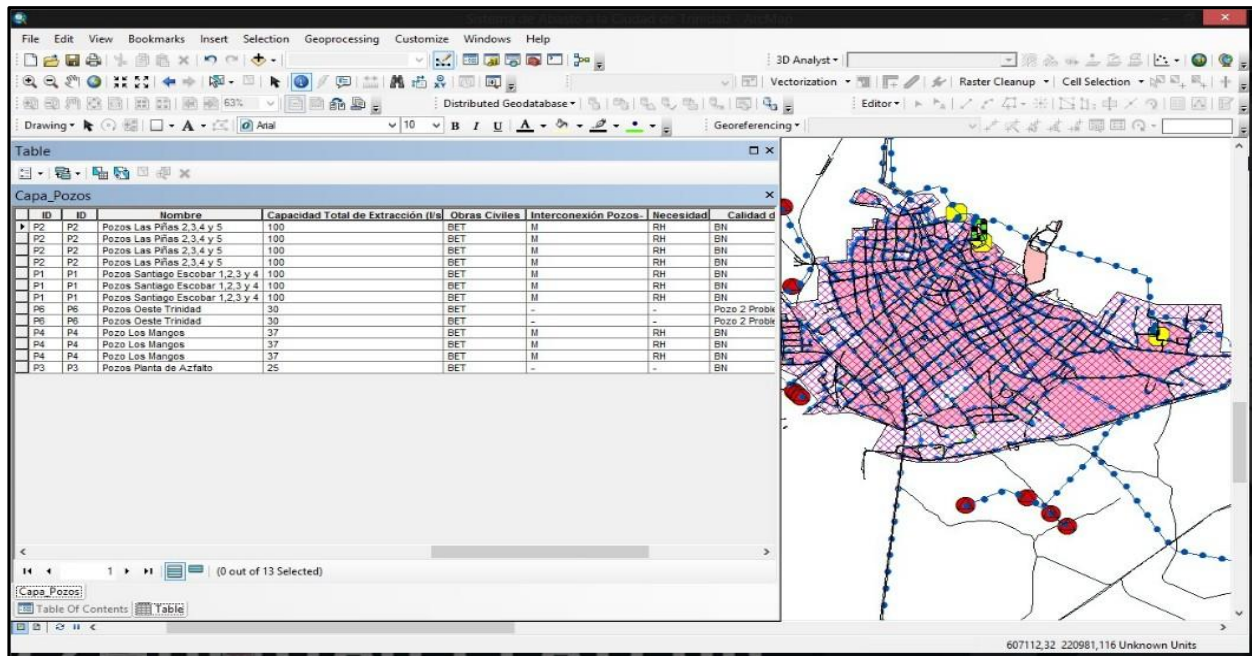


Figura 3.11 Capa Pozos y su base de datos asociada.

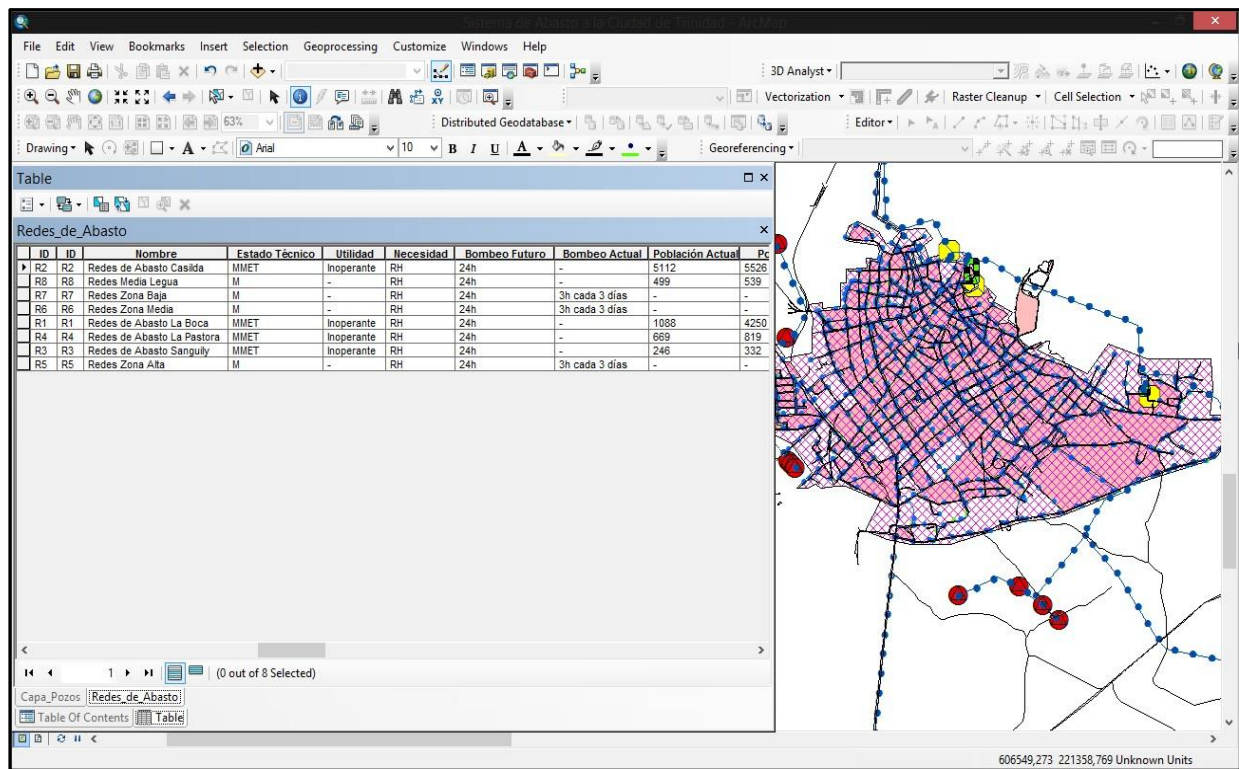


Figura 3.12 Capa Redes y su base de datos asociada.

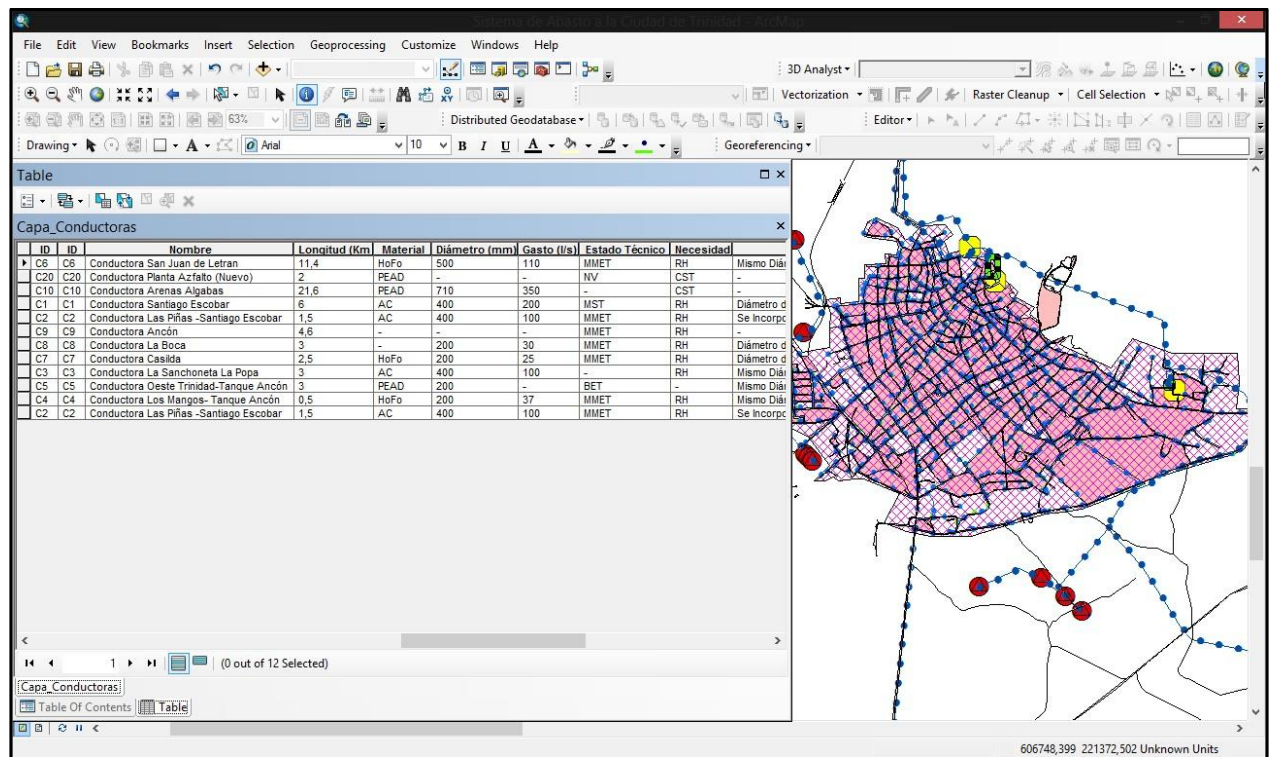


Figura 3.13 Capa Conductoras y su base de datos asociada.

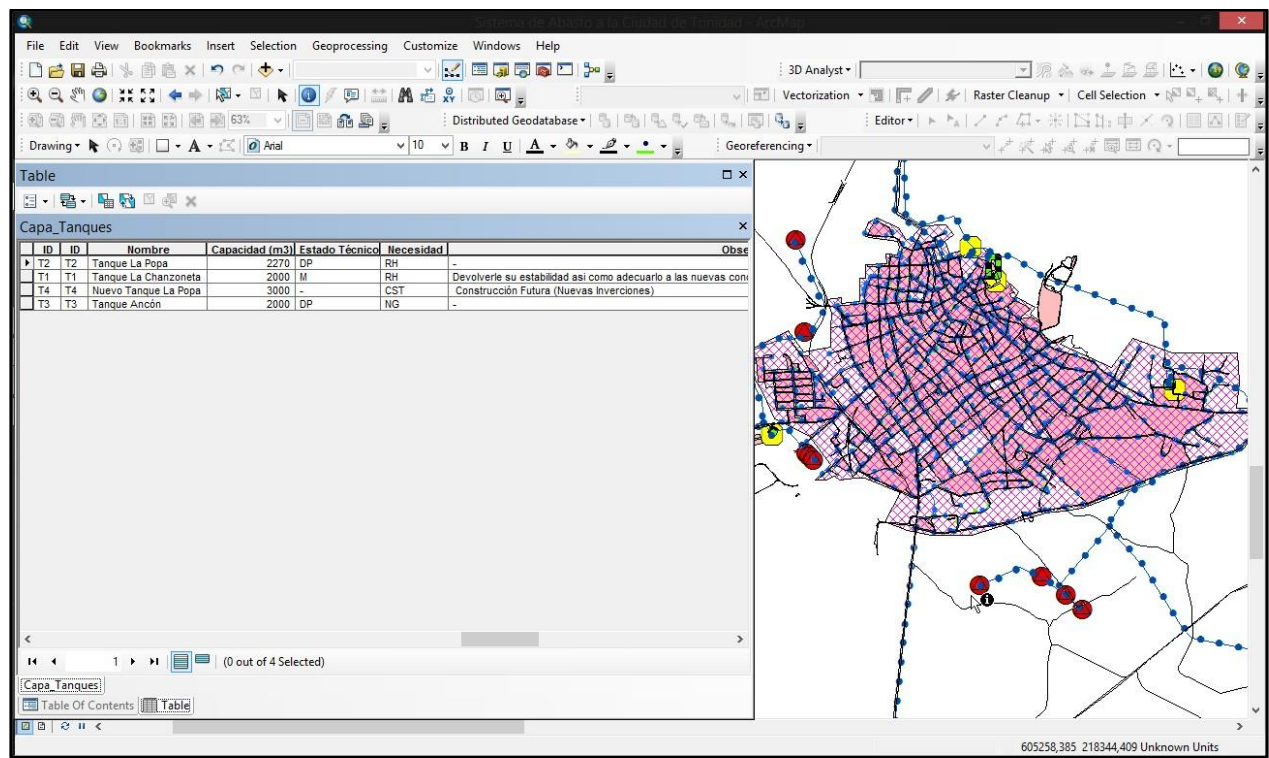


Figura 3.14 Capa Tanques y su base de datos asociada.

3.2 Resultados obtenidos: Consultas.

Las consultas realizadas al SIG pueden ser muchas, todo depende del alcance que tenga la base de datos creada. El usuario puede interactuar con el mismo en dependencia de sus necesidades. Por lo que a continuación se muestran algunas consultas realizadas al mismo en función de los requisitos del usuario.

Al SIG creado se le pueden realizar tres tipos de consultas:

- Selección por Atributos.
- Selección por Localización.
- Elementos por separados directamente en el plano.

Consultas realizadas a la Selección por Localización.

Este tipo de consulta brinda la información sobre un área determinada, referidas al elemento que el usuario necesite conocer, un ejemplo de ello se muestra en las figuras de la 3.15 a la 3.19. Las respuestas se reflejan en color Cian.

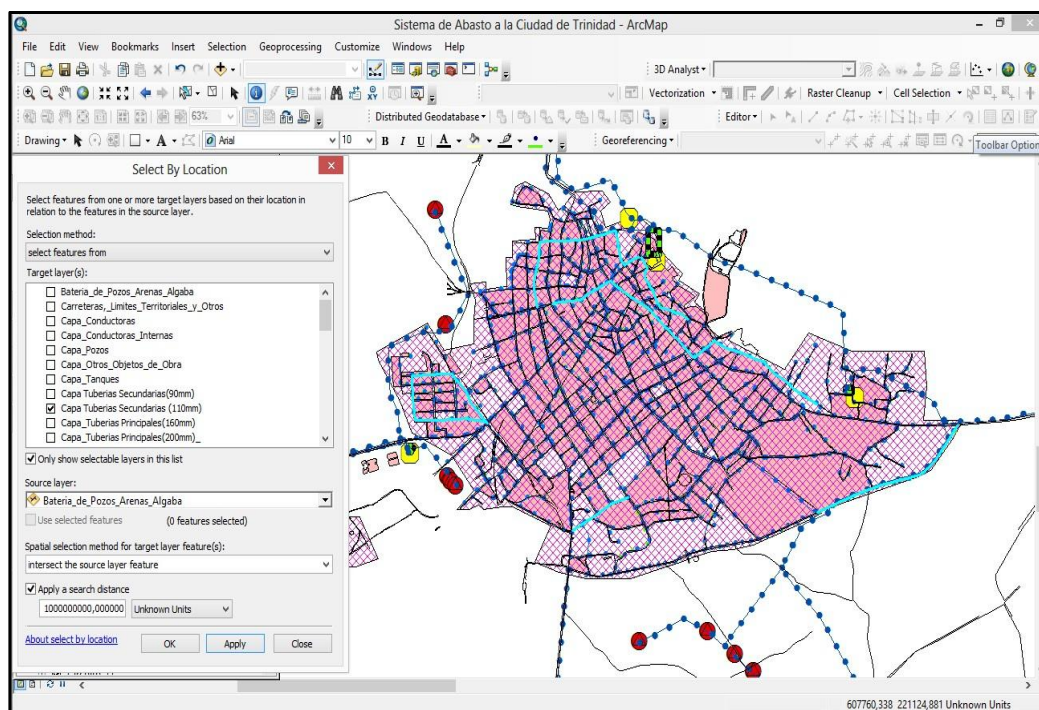


Figura 3.15 Tuberías Secundarias de 110mm en el área seleccionada.

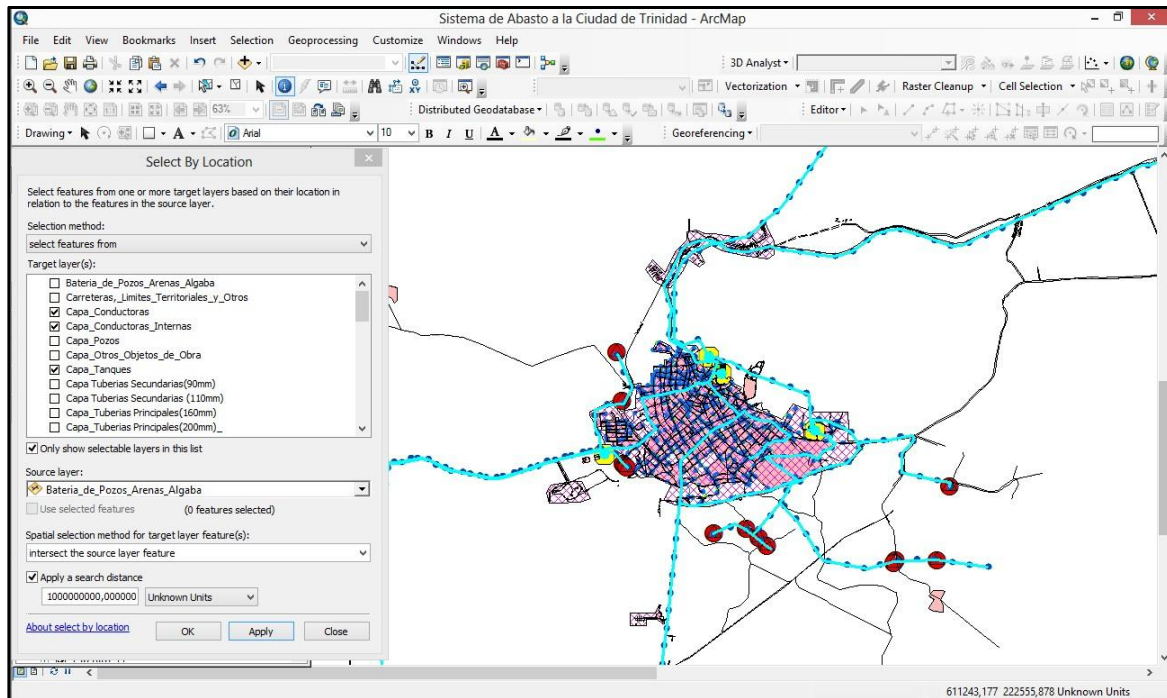


Figura 3.16 Conductoras, Conductoras Internas y Tanques de agua en el área seleccionada.

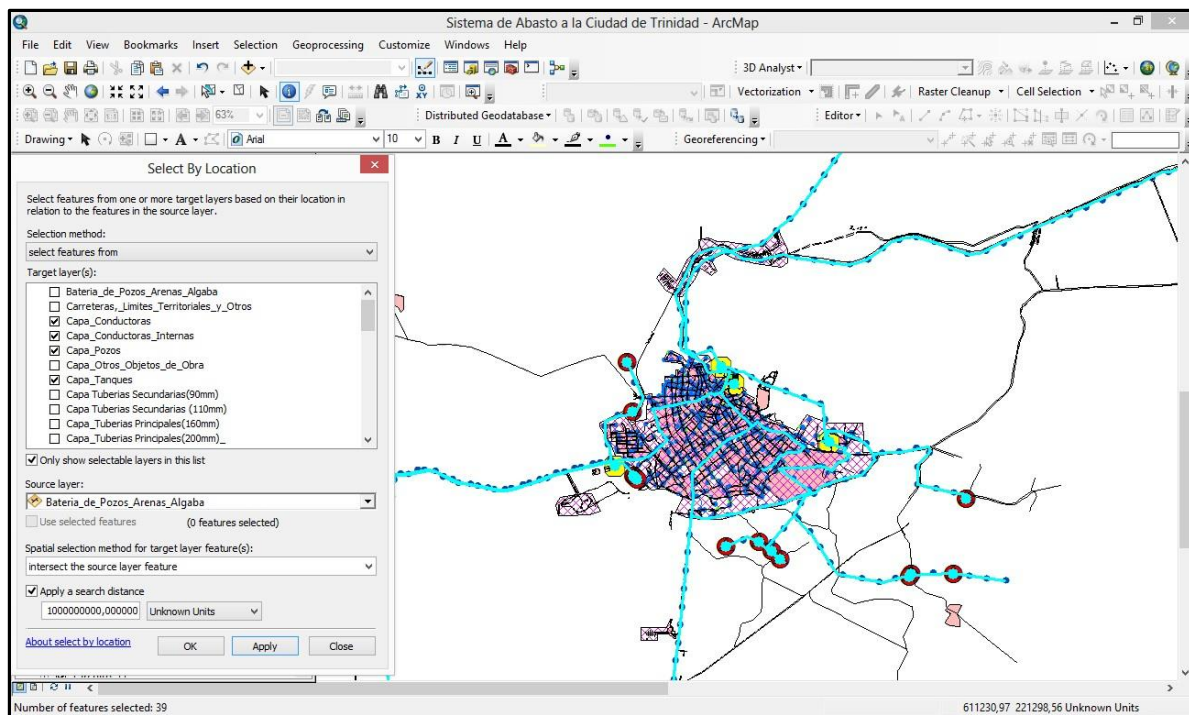


Figura 3.17 Conductoras, Conductoras Internas, Tanques de agua y Pozos en el área seleccionada.

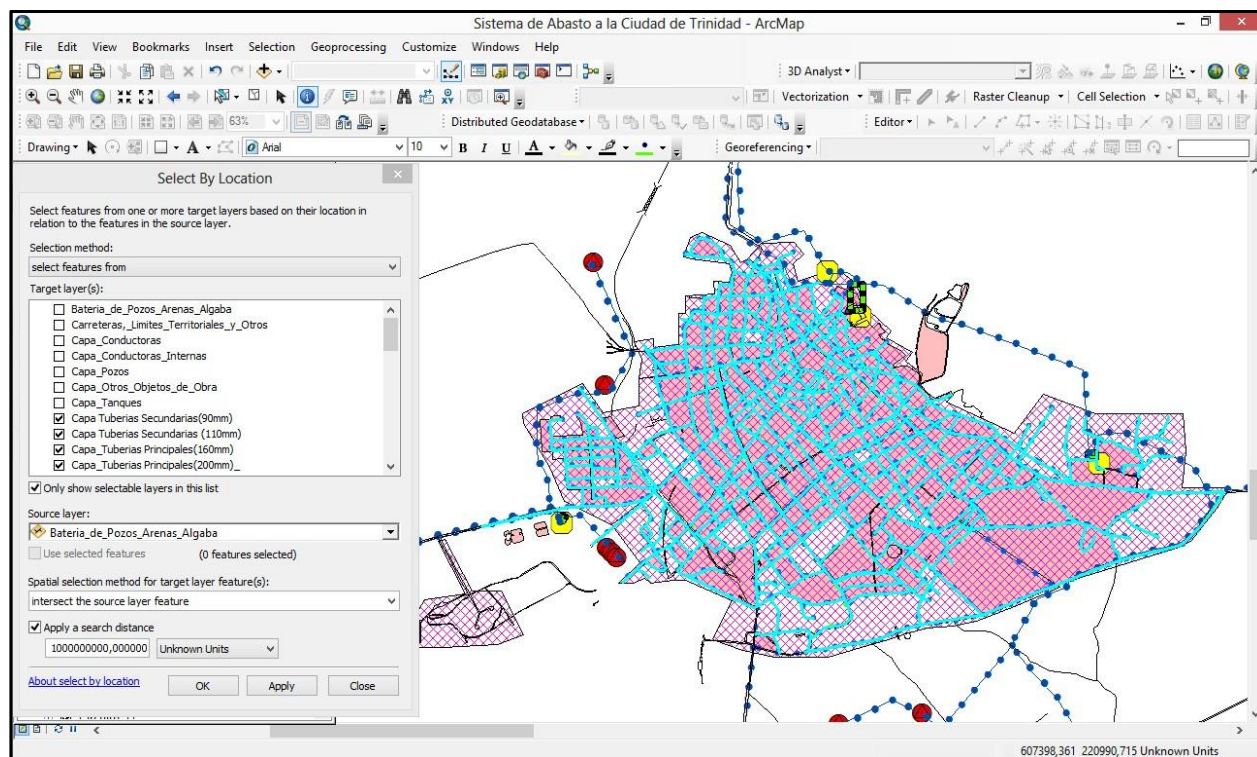


Figura 3.18 Resultado de la consulta sobre la red interna de abasto de agua de la ciudad de Trinidad.

Consultas realizadas a la Selección por Atributos:

Este tipo de consultas permite en gran medida la gestión de la información por parte de usuario, en este caso la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del municipio Trinidad. El poder obtener espacialmente y de forma gráfica una amplia gama de datos (presiones, tipos de materiales, longitudes, etc.) sobre los diferentes elementos que conforman la red así como su interacción, permite operatividad y rapidez en la obtención de resultados.

A continuación, se muestran una serie de consultas referidas a la selección por atributos (figuras de 3.19 a la 3.21).

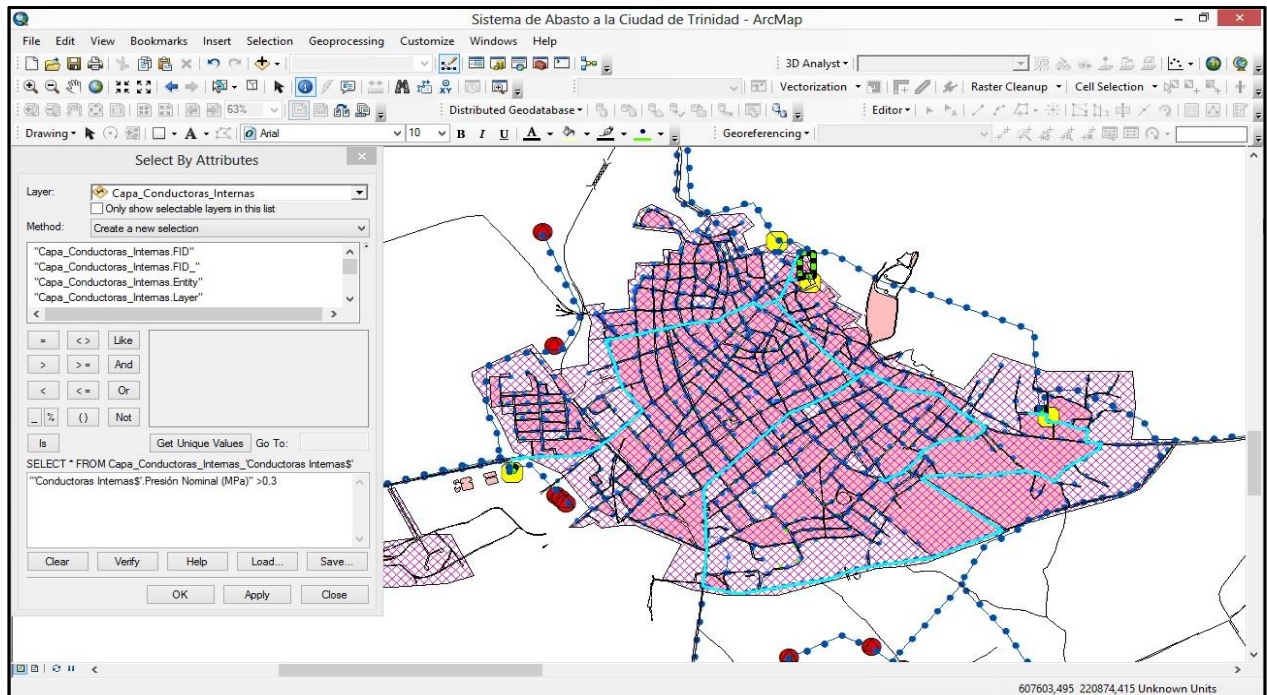


Figura 3.19 Conductoras internas con presión nominal mayor que 0,3 MPa.

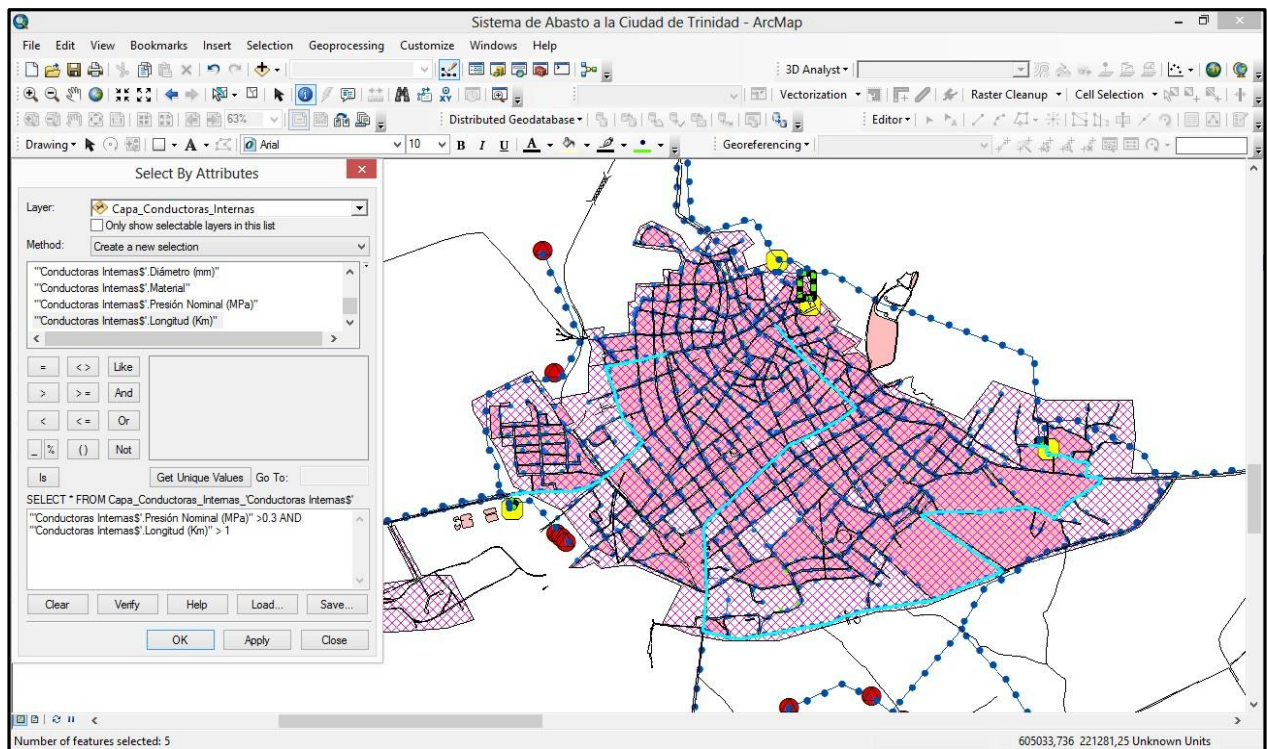


Figura 3.20 Conductoras internas con presión nominal mayor que 0,3 MPa y longitud mayor de 1 kilómetro.

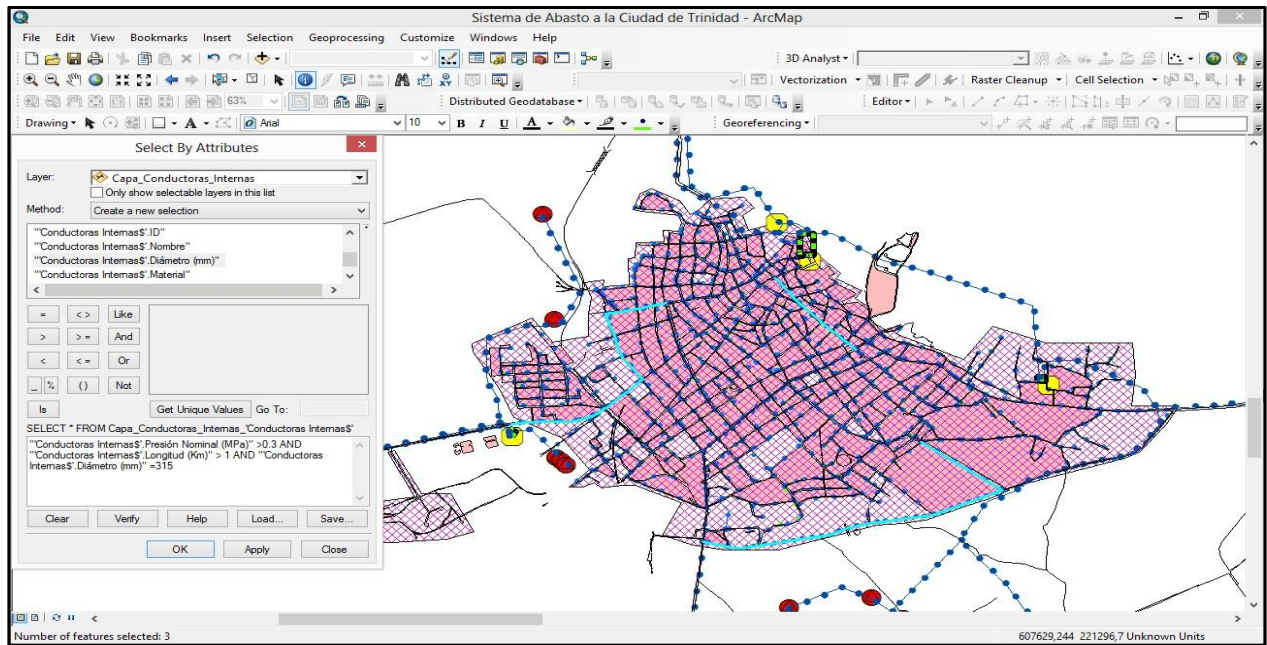


Figura 3.21 Conductoras internas con presión nominal mayor que 0,3 MPa, longitud mayor de 1 kilómetro y diámetro igual a 315mm.

Con lo mostrado anteriormente se puede apreciar la efectividad del SIG reduciendo la búsqueda, para así facilitarle al usuario información rápida y confiable. Por lo que el SIG ahorra tiempo de trabajo.

Elementos por separados directamente en el plano.

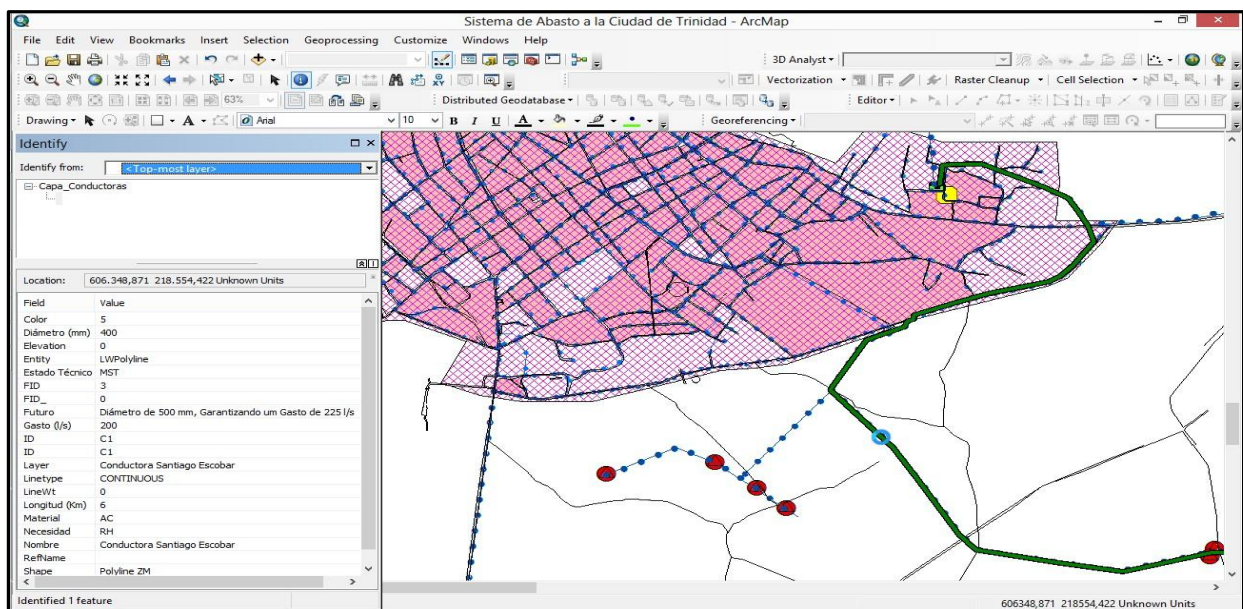


Figura 3.22 Ubicación de la Conductora Santiago Escobar.

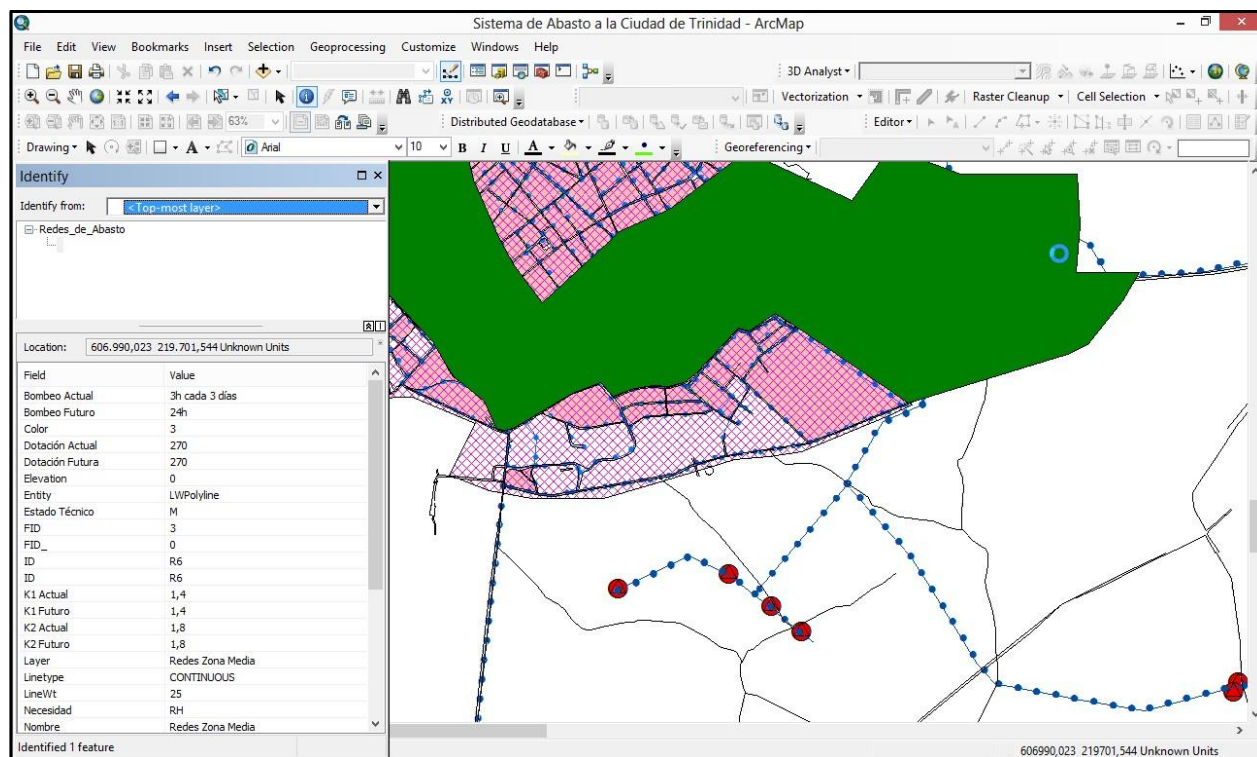


Figura 3.23 Ubicación de las redes pertenecientes a la Zona Media.

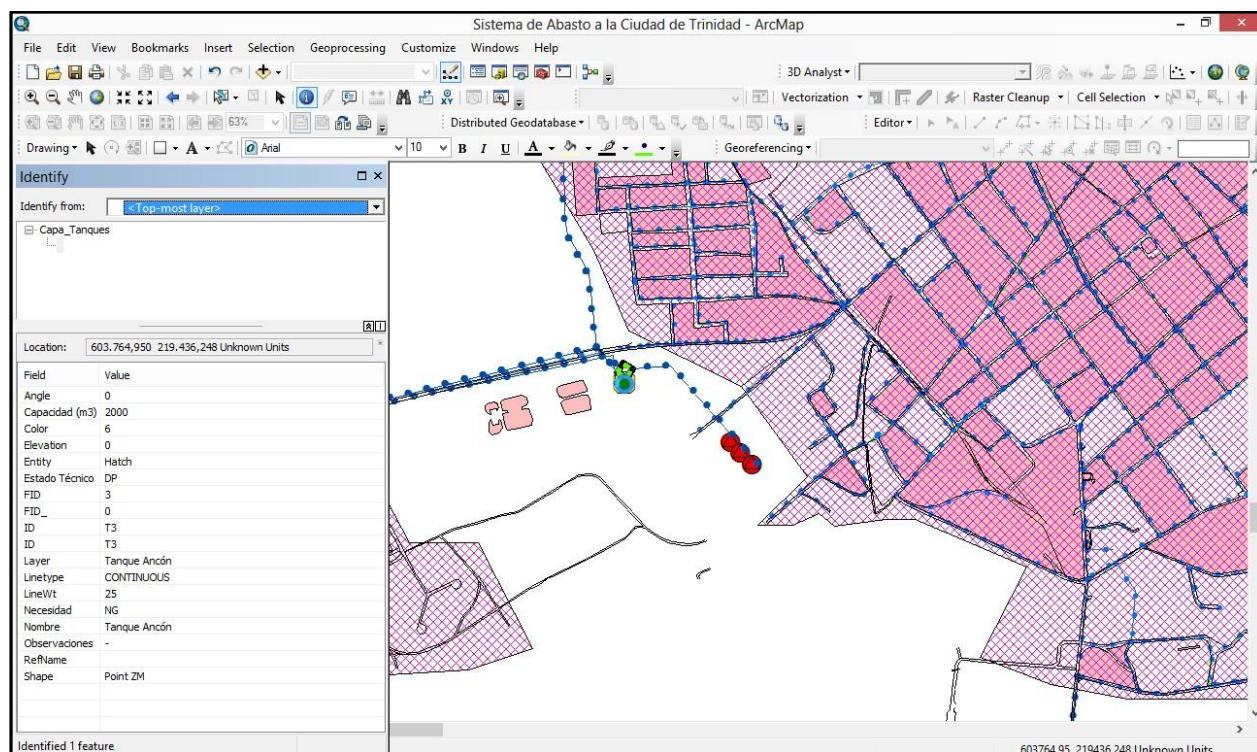


Figura 3.24 Ubicación del Tanque Ancón.

CONCLUSIONES

- 1- Con este trabajo la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del municipio Trinidad dispone de una base de datos georreferenciada con información actualizada de las redes de abasto, pozos y otros elementos, permitiendo el fácil acceso a la información, lo que ayuda tanto internamente en la gestión del sistema, como para brindar informaciones a delegación o al INRH a la hora de discutir los planes productivos a mediano y largo plazo.
- 2- El SIG creado permite que se vaya validando continuamente con la información aportada por las bases productivas a partir del trabajo que realizan diariamente, por los inversionistas de las obras que se ejecutan, por las comisiones de topografía o por las entidades constructoras en el territorio.
- 3- Los beneficios para la empresa, aunque no son tangibles, sí tienen repercusión en la eficiencia del trabajo de los que utilizan la aplicación.

RECOMENDACIONES

- 1- Explotar todas las posibilidades que brinda la herramienta SIG en la gestión de las redes de abasto del municipio Trinidad, manteniendo actualizada su base de datos.
- 2- Utilizar los datos aportados por el SIG en la elaboración de los proyectos de simulación de redes, sirviendo de conexión con el software utilizado para la simulación.
- 3- Generalizar el SIG creado a otras Empresas de Acueducto y Alcantarillado del país.
- 4- Como proceso de actualización del SIG agregarle la capa elevación de la ciudad para en futuros proyectos o reparaciones del sistema de abasto de agua agilizar el proceso de movimiento de tierra y análisis hidrológicos de la zona.

ANEXOS

Tabla Conductoras Internas

ID	Nombre	Diámetro (mm)	Material	Presión Nominal (MPa)	Longitud (Km)
C11	Conductora La Popa- Ancón (500mm)	500	PEAD	0,6	0,4
C12	Conductora La Popa- Ancón (400mm)	400	PEAD	0,6	0,7
C13	Conductora La Popa- Ancón (315mm)	315	PEAD	0,6	1,6
C14	Conductora Calle Fausto Pelayo(315mm)	315	PEAD	0,6	0,8
C15	Conductora Calle Fausto Pelayo(200mm)	200	PEAD	0,6	0,7
C16	Conductora La Popa- Circunvalación (315mm)	315	PEAD	0,6	0,6
C17	Conductora La Popa- Circunvalación (200mm)	200	PEAD	0,6	1,6
C18	Conductora Chanzoneta- Circunvalación (315mm)	315	PEAD	0,6	1,6
C19	Conductora Chanzoneta- Circunvalación (200mm)	200	PEAD	0,6	2,2

Tabla Pozos

ID	Nombre	Capacidad Total de Extracción (l/s)	Obras Civiles	Interconexión Pozos- Conductoras	Necesidad	Calidad del Agua	Pérdidas (l/s)
P1	Pozos Santiago Escobar 1,2,3 y 4	100	BET	M	RH	BN	56
P2	Pozos Las Piñas 2,3,4 y 5	100	BET	M	RH	BN	52
P3	Pozos Planta de Azfalto	25	BET	-	-	BN	-
P4	Pozo Los Mangos	37	BET	M	RH	BN	7
P5	Pozo La Boca	10	BET	BN	-	Problemas con los Nitratos	-
P6	Pozos Oeste Trinidad	30	BET	-	-	Pozo 2 Problema con los Nitratos	5
P7	Batería de Pozos Arenas Algabe	350	-	-	CST	BN	-

Tabla Otros Objetos de Obra

ID	Nombre	Capacidad (l/s)	Necesidad	Estado Técnico
O1	Planta Potabilizadora La Popa	110	RHT	MMET
O2	Estación de Bombeo y Cloración	100	RCSTRH	MMET
O3	Obras de Acueducto	-	-	-

Tabla Conductoras

ID	Nombre	Longitud (Km)	Material	Diámetro (mm)	Gasto (l/s)	Estado Técnico	Necesidad	Futuro
C1	Conductora Santiago Escobar	6	AC	400	200	MST	RH	Diámetro de 500 mm, Garantizando um Gasto de 225 l/s
C2	Conductora Las Piñas -Santiago Escobar	1,5	AC	400	100	MMET	RH	Se Incorpora el Pozo de abasto a Casilda a este Sistema
C3	Conductora La Sanchoneta La Popa	3	AC	400	100	-	RH	Mismo Diámetro y Gasto, (Mejora su Mantenimiento e Inspección
C4	Conductora Los Mangos- Tanque Ancón	0,5	HoFo	200	37	MMET	RH	Mismo Diámetro y Gasto
C5	Conductora Oeste Trinidad-Tanque Ancón	3	PEAD	200	-	BET	-	Mismo Diámetro y Gasto
C6	Conductora San Juan de Letran	11,4	HoFo	500	110	MMET	RH	Mismo Diámetro y Gasto
C7	Conductora Casilda	2,5	HoFo	200	25	MMET	RH	Diámetro de 200 mm de PEAD, Garantizando un Gasto de 38,25 l/s
C8	Conductora La Boca	3	-	200	30	MMET	RH	Diámetro de 200 mm de PEAD, Garantizando un Gasto de 33,31 l/s
C9	Conductora Ancón	4,6	-	-	-	MMET	RH	-
C10	Conductora Arenas Algasas	21,6	PEAD	710	350	-	CST	-
C20	Conductora Planta Azfalto (Nuevo)	2	PEAD	-	-	NV	CST	-

Tabla Tanques

ID	Nombre	Capacidad (m3)	Estado Técnico	Necesidad	Observaciones
T1	Tanque La Chanzoneta	2000	M	RH	Devolverle su estabilidad así como adecuarlo a las nuevas conductoras de Entrada y de Salida
T2	Tanque La Popa	2270	DP	RH	-
T3	Tanque Ancón	2000	DP	NG	-
T4	Nuevo Tanque La Popa	3000	-	CST	Construcción Futura (Nuevas Inversiones)

Tabla Redes de Abasto

ID	Nombre	Estado Técnico	Utilidad	Necesidad	Bombeo Futuro	Bombeo Actual
R1	Redes de Abasto La Boca	MMET	Inoperante	RH	24h	-
R2	Redes de Abasto Casilda	MMET	Inoperante	RH	24h	-
R3	Redes de Abasto Sanguily	MMET	Inoperante	RH	24h	-
R4	Redes de Abasto La Pastora	MMET	Inoperante	RH	24h	-
R5	Redes Zona Alta	M	-	RH	24h	3h cada 3 días
R6	Redes Zona Media	M	-	RH	24h	3h cada 3 días
R7	Redes Zona Baja	M	-	RH	24h	3h cada 3 días
R8	Redes Media Legua	M	-	RH	24h	-

Población Actual	Población Futura	Dotación Actual	Dotación Futura	K1 Actual	K2 Actual	K1 Futuro	K2 Futuro
1088	4250	125	125	1,5	1,9	1,5	1,9
5112	5526	170	170	1,5	1,9	1,5	1,9
246	332	125	125	1,5	1,9	1,5	1,9
669	819	125	125	1,5	1,9	1,5	1,9
-	-	270	270	1,4	1,8	1,4	1,8
-	-	270	270	1,4	1,8	1,4	1,8
-	-	270	270	1,4	1,8	1,4	1,8
499	539	125	125	1,5	1,9	1,5	1,9

Q medio (l/s) Actual	Q máximo Diario Actual (l/s)	Q máximo Horario Actual (l/s)	Q medio Futuro (l/s)	Q máximo Diario Futuro (l/s)	Q máximo Horario Futuro (l/s)
1,57	2,36	4,49	6,15	9,22	17,52
10,06	15,09	28,67	10,87	16,31	30,99
0,36	0,53	1,01	0,48	0,72	1,37
0,97	1,45	2,76	1,18	1,78	3,38
135,18	189,25	340,64	145,22	203,31	365,95
135,18	189,25	340,64	145,22	203,31	365,95
135,18	189,25	340,64	145,22	203,31	365,95
0,72	1,08	2,06	0,78	1,17	2,22

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

(2004). "Tipo de Estructura de los SIG."

Camellón, J. L. (2014). "Acueducto trinitario: rehabilitación por tuberías." Escambray.

Ecured (2016). "Acueducto de Santiago de Cuba."

Ferreiro, L. (2012). "Actualización Redes Trinidad."

García (2014). "¿Sabía Usted el Origen del Acueducto?".

González, D. G. y. A. (2010). "Apuntes para un Libro de Texto de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica."

Hernandez, P. y. M. (2002). "Módulo II sistema de Información Geográfica."

Legía (2010). "Sistema de Información Geográfica para la ayuda de toma de decisiones en políticas sociales",

Martínez (2002). "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua Potable."

Núñez, C. y. (2012). "Gestión de acueducto y alcantarillado mediante sistemas de información geográfica."

Puerta-Rengifo-Bravo (2011). "ArcGIS Básico 1o."

Remond Noa-Quintela Fernández-Durán Osorio (2000). "DISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SIG COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DEL TURISMO Y SU PLANIFICACIÓN EN LAS REGIONES DEL ARCHIPIÉLAGO DE LOS CANARREOS Y CIENFUEGOS TRINIDAD-TOPES DE COLLANTES, CUBA".

Trinidad, O. N. d. E. e. I. M. (2014). "ANUARIO ESTADÍSTICO DE TRINIDAD 2014."

BIBLIOGRAFÍA

2004. Tipo de Estructura de los SIG.

ALONSO 2016. Modelos lógicos. Formato raster y vectorial.

BORRERO, J. A. 2016. Rehabilitación hidráulica en Trinidad llega hasta la periferia.
Granma.

CAMELLÓN, J. L. 2014. Acueducto trinitario: rehabilitación por tuberías. *Escambray*.

CRESPO, M.-M.-. 2009. SIG -PMI: Sistema de información geográfica de la plataforma modular integrada de recursos hidráulicos.

ECURED 2016. Acueducto de Santiago de Cuba.

FERREIRO, L. 2012. Actualización Redes Trinidad.

FERREIRO, L. 2012. SISTEMA DE ABASTO Y SANEAMIENTO TRINIDAD.

GARCÍA 2014. ¿Sabía Usted el Origen del Acueducto?

GONZÁLEZ, D. G. Y. A. 2010. Apuntes para un Libro de Texto de Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica.

HERNANDEZ, P. Y. M. 2002. Módulo II sistema de Información Geográfica.

LEGÍA 2010. Sistema de Información Geográfica para la ayuda de toma
de decisiones en políticas sociales

MARTINEZ 2002. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión
técnica de redes de distribución de agua Potable.

NÚÑEZ, C. Y. 2012. Gestión de acueducto y alcantarillado mediante sistemas de
información geográfica.

ORDÁS, A. 2012. Aplicación de SIG en proyecto de gestión de redes hidráulicas en la
República de Sudáfrica.

OSORIO, R. N.-Q. F.-D. 2000. DISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN
SIG COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DEL TURISMO Y
SUPLENIMIENTO EN LAS REGIONES DEL ARCHIPIÉLAGO DE LOS
CANARREOS Y CIENFUEGOS TRINIDAD-TOPES DE COLLANTES, CUBA

PUERTA-RENGIFO-BRAVO 2011. ArcGIS Básico 1o.

QUINTANA, M. 2008. Libro SIG: Aprendiendo a manejar los SIG en la Gestión
ambiental.

TRINIDAD, O. N. D. E. E. I. M. 2014. ANUARIO ESTADÍSTICO DE TRINIDAD 2014.