



SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN FUNCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y DRENAJE PLUVIAL

Magaly Amorós Núñez

Empresa Aguas de la Habana. Dirección Técnica; Subdirección de Sistemas de Planeación, Departamento GIS. Fomento y Recreo. Reparto Palatino, Cerro, Ciudad de la Habana, Cuba. Teléf.: 07-643 4950 Ext. 310. Correo electrónico: mamoros@ahabana.co.cu

RESUMEN

Se realiza un análisis de la utilización de los SIG en las Empresas gestoras de agua, lo que está determinado por la capacidad de los mismos de almacenar y manejar grandes volúmenes de información georeferenciada, que le permite el intercambio de información con otros sistemas procedentes de diferentes áreas de la empresa. Se explican algunas de las potencialidades de los SIG que se explotan en la Empresa Aguas de la Habana actualmente y su vinculación con otras tecnologías para la gestión del agua. La utilización de los SIG en Aguas de La Habana para la gestión de los servicios de acueducto y saneamiento que se muestra es aplicable a cualquiera de las empresas de acueducto u otras de Recursos Hidráulicos del país.

ABSTRACT

It is accomplished an analysis of the utilization of the GIS in the management Companies of water, what is determined by the capacity of the same of storing and handling large information volumes pron geographically, that permits to him the information exchange with other systems originating from different areas of the company. They are explained some of the potentials of the GIS that are exploited in the Waters Company of the Havana currently and their link with other technologies for management of the water. His utilization of the GIS in Waters of The Havana for management of the aqueduct and drain services that is shown is applicable to anyone of the aqueduct companies or other of Hydraulic Resources of the country.

INTRODUCCIÓN

El nacimiento de los SIG va ligado al desarrollo de otros sistemas, de los cuales ellos son claros herederos por su similitud, los sistemas de Cartografía Asistida por Ordenador. Una característica importante de estos primeros pasos es que en todos los casos analizados las personas que iniciaron el desarrollo de estas tecnologías, desconocían realmente que lo que estaban creando eran Sistemas de Información Geográfica. (Carmona y Monsalve, 2008).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos, recursos humanos, métodos y relaciones organizativos, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. (National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, 1990).

Es imprescindible disponer de información sobre el funcionamiento de los Sistemas de Acueducto, Saneamiento y Drenaje pluvial, que permita conocer la problemática que presentan para planificar y organizar actuaciones tendentes a mejorarlo.



Para lograr estos fines se utilizan herramientas como un SIG. Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en la actualidad, entre las empresas que gestionan los abastecimientos de agua y saneamiento, en el núcleo de toda la información relacionada con las redes. La capacidad del SIG para combinar la información geográfica con la información alfanumérica, hace de estos el soporte ideal para tareas de consulta, para la gestión de los sistemas.

Objetivo General.

- 1- Fomentar las potencialidades de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en la Empresa Aguas de la Habana.

Objetivos Específicos.

1. Proporcionar a los técnicos, especialistas y dirigentes en general de preparación y capacitación en los Sistemas de Información Geográfica y su utilización en las Empresas gestoras de acueducto y saneamiento.
2. Evaluación del trabajo con la Aplicación SIG en diferentes áreas de la empresa aguas de la Habana.

Aplicación de los sistemas de información geográfica en los abastecimientos urbanos.

Definición de los sistemas de información geográfica

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. Es por ello que en las Empresas dedicadas a la actividad de abastecimiento y saneamiento se ha difundido ampliamente su uso.

En el entorno de una empresa gestora de Agua, un SIG queda definido por las cinco componentes básicas, que se muestran en la figura 1, según los Manuales de Aplicaciones GIS de la División de Agua y Saneamiento del Grupo Agbar, 2005, como:

Datos: Una información gráfica de la cartografía de base del ámbito territorial de las redes. La información gráfica de la red de Distribución y/o de Saneamiento y la información alfanumérica descriptiva, funcional y de gestión asociada a las dos redes perfectamente relacionada con ella. El aspecto diferenciador más significativo de un SIG con respecto a otro sistema gráfico asistido por ordenador es de hecho la coexistencia de unos datos gráficos y de unos datos alfanuméricos asociados, que confieren al sistema propiedades de gestión de base de datos más que de representación gráfica.

Programas: Un programa de Sistemas de Información Geográfica capaz de gestionar y satisfacer las necesidades y requerimientos concretos del servicio en todos sus aspectos funcionales tal y como han sido descritos anteriormente. Este programa debe estar sólidamente apoyado en un programa Gestor de Base de Datos, y en un programa de CAD. A ellos deben sumarse los programas para el desarrollo de los Modelos Matemáticos de Simulación para cada una de las redes y los desarrollos propios sobre cada uno de todos estos programas para facilitar las labores específicas de la gestión de redes de suministro y saneamiento de agua.

Máquinas: Un dimensionamiento de los ordenadores personales y servidores de datos y programas que garanticen que toda esta información pueda ser tratada sin perjuicio de funcionalidad ni rendimiento en sus accesos.



Métodos: Una definición de los circuitos de información dentro de la organización y de los circuitos de relación con empresas externas, (de servicios, administraciones públicas,...) que faciliten la entrada, el mantenimiento y la consulta de los datos disponibles y relativos a la red, así como su actualización.

Equipo Humano: Todas las personas de los distintos ámbitos de la organización a los que paulatinamente sea posible hacer accesible la información geográfica.



Figura 1.- Esquema de un SIG

Funciones y limitaciones de los sistemas de información geográfica.

Las funciones de un SIG se explican con gran claridad en el Manual de Caracterización de un SIG con aplicación en el registro de Establecimientos industriales, suelos industriales, y artesanía, 2005.

- Construir datos geográficos: Mediante datos geométricos existentes en CAD, o capturándolos por digitalización o vectorización de imágenes, el sistema permite depurarlos y estructurarlos topológicamente, asociándolos con bases de datos alfanuméricas. De esta forma se obtienen datos espaciales listos para su uso en el análisis.
- Modelado cartográfico: Creación de nuevos mapas a partir de mapas existentes: Combinado atributos del terreno como pendiente, vegetación, tipo de suelo, etc. Mediante un modelo matemático se pueden crear nuevas variables.
- El SIG nos permite analizar los mapas estructurados en combinación con bases de datos asociadas. Se pueden interrogar para seleccionar los datos de interés, ver los resultados interactivamente eligiendo la simbología en función de los atributos asociados y producir cartografía de calidad.

A las limitaciones que tiene un SIG se refiere el Manual de Caracterización de un GIS con aplicación en el registro de Establecimientos industriales, suelos industriales, y artesanía, 2005 planteando que un SIG es un gran sistema informático cuya implantación en una organización es siempre gradual y costosa. Se requiere siempre la adecuación del sistema al trabajo requerido, mediante programación y recopilación de los datos necesarios.

Según Moreno y otros, 2003 plantean que el costo y calidad de las cartografías digitales disponibles es una limitación ya que las empresas que ofertan cartografías digitales poseen permisos especiales para su comercialización que les permiten imponer los precios. El uso del software constituye un problema de menor rango.



Se consideran estos planteamientos valederos si de limitaciones de SIG se trata. En la implementación del SIG en la Empresa Aguas de la Habana se ha transitado por la adquisición de una cartografía costosa, mejoras de las prestaciones del equipamiento, una constante preparación del personal que administra y edita la aplicación, como de los consultores, además de la implantación de procedimientos de flujo de información que garanticen el mantenimiento del SIG, así como su correcta explotación.

Problemática en la gestión de las redes de abastecimiento de agua y de saneamiento.

Las empresas administradoras de redes de agua y saneamiento presentan una serie de problemas, que tienen algún grado de coincidencia que las descritas por Cabrera y García, 2004, que se puede resumir en los siguientes puntos:

- Ausencia total o parcial de información en algunas zonas. Esta información posee distinta naturaleza, que podría ser agrupada en tres grandes grupos; información física de los elementos de la red, información económica del sistema de abastecimiento e información espacial sobre la ubicación de los anteriores. Tradicionalmente, esta información se ha guardado en distintos formatos. La información sobre los elementos de la red (diámetros, longitudes, fechas de puesta en operación, proveedores, etc.) quedaba guardada en planos de obra u Hojas de esquinas, en el mejor de los casos. Por último, la información espacial se encontraba dispersa en distintos planos topográficos donde aprecian las curvas de nivel del área geográfica abastecida, la ubicación de las tuberías principales y los trazados de las conducciones de distribución, en muchas ocasiones sin actualizar y realizados a mano.
- Redes Insuficientes
- Desconocimiento del Sistema
- Falta de profesionalidad en la gestión
- Cartografía de la red no actualizada o poco fiable.
- Situación de muchos elementos de regulación y control no reflejada en planos. Estado de operación no descrito (p.e. válvula cerrada / abierta).
- Carencia de datos sobre materiales, diámetros, estado de conservación.
- Escasa información sobre operaciones de mantenimiento y generalmente mal estructurada.
- Mala estructuración de la información de abonados escasa o nula relación de esta con la información disponible sobre las redes.

Con la utilización de un SIG se podrían eliminar gran parte de estas deficiencias, ya que se logra:

- Mejora de la calidad de servicio, al asegurar una eficaz gestión de los problemas de las redes y una comunicación a los usuarios de las deficiencias en el servicio.
- Sencillez en el mantenimiento, al permitir una mejora en la planificación de trabajos en la red, detección de problemas puntuales en elementos de la red y reducción de los costos de mantenimiento.
- Facilitar el acceso a toda la información relevante en la operación de alta, baja o modificación de cualquier elemento de la red. Esto incluye ubicación geográfica, datos técnicos e históricos de mediciones y mantenimiento.
- Minimizar los tiempos de interrupción del servicio por reparación de averías y el tiempo de respuesta para la ejecución de acometidas para nuevos abonados.
- Realizar un seguimiento del programa de mantenimiento que posibilite evaluar su bondad.

A continuación se explicará el proceso de implantación de un SIG en la Empresa Aguas de la Habana.

Utilización de sistemas de información geográfica en Aguas de la Habana.

Entre las metas globales que tiene la empresa para los sistemas de información geográfica está el desarrollo propio e implantación de tecnologías, como el SIG, que mejoran aspectos concretos del servicio.

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

En la fig. 2 se muestra la estructura general que tendrá un SIG destinado a la gestión integral de un abastecimiento de agua, teniendo como núcleo central el propio SIG.

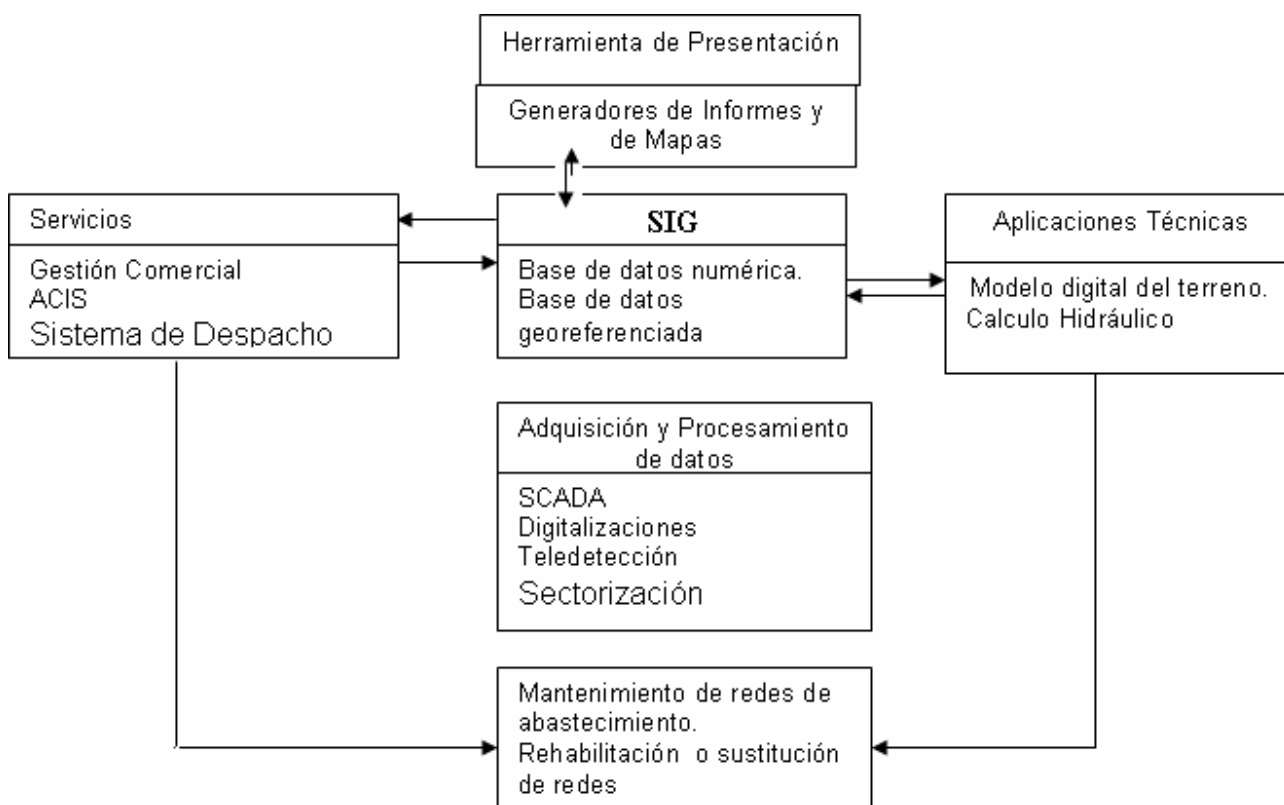


Figura 2.- Esquema funcional de un SIG en la Empresa Aguas de la Habana

Cuando surge la empresa, existía la información de redes en formato de hojas de esquinas y hojas de zona, la mayoría desactualizada, e incompleta, por lo que los primeros pasos fueron la organización, conversión a formato digital (escaneo) y codificación de la información disponible.

Conjuntamente con este trabajo se contrató a GEOCUBA, una base cartográfica escala 1:500, con las características necesarias para realizar mediciones de precisión, a la que se le realizó control de calidad, y se normalizó utilizando el modelo físico de datos, se equipó a tres comisiones de catastro,



para realizar el levantamiento de las redes de agua y saneamiento, de los ocho municipios que atiende la empresa, así como 6 puestos para la digitalización de estos levantamientos, se elaboró además un plan general de implantación del Sistema de Información Geográfica, adquiriéndose por transferencia tecnológica del Grupo Agbar, la licencia para el uso de la aplicación de la División de Agua y Saneamiento (DAS) sobre la base del ArcView 3.2.a, y se adopta como plataforma de trabajo. En la actualidad el SIG implantado en la Empresa Aguas de la Habana, la información cartográfica de los 8 municipios que gestiona la empresa se encuentra disponible en la base de datos de forma que puede ser consultada y explotada por todas las dependencias de la empresa.

La base de datos de la Aplicación SIG, está dividido en tres grupos fundamentales: Cartográfico, Abastecimiento y Saneamiento.

A partir de estar normalizadas todas las redes de abastecimiento de agua y sus elementos puntuales en la aplicación SIG, esta posibilita realizar análisis de conectividad y de topología, marcados de averías, obtención de planos personalizados e informes de todo tipo.

También están en la Aplicación de forma diferenciada las válvulas de manipulación con todos los datos que posibilitan su operacionalidad por Territorio, además de los horarios de distribución de agua, temas que se actualizan mensualmente.

Todo esto posibilita realizar una adecuada gestión de las redes de abastecimiento, en estos momentos de sequía que se requiere de frecuentes cambios de circuitos con la finalidad de garantizarle el agua a toda la población, se ha utilizado esta información por los especialistas de la Subdirección de Operaciones, aunque no se ha explotado el SIG en todas sus potencialidades, en el criterio de la autora por falta de entrenamiento de los explotadores del sistema en la Aplicación SIG.

La Aplicación SIG tiene herramientas de conexión con EPANET, lo que posibilita la modelación matemática de redes, trabajándose en la Subdirección de Proyecto y de Sectorización en estos momentos.

Ya desde la Base de datos del SIG hay vinculación con la de Comercial, a través de las Consultas, fig.3, con el fin de vincular información referida a usuarios, datos de abonados y consumo, que se muestran tabulados en la fig.4.

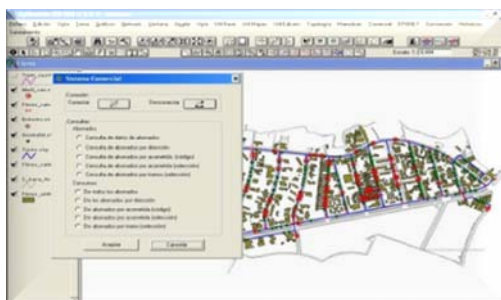
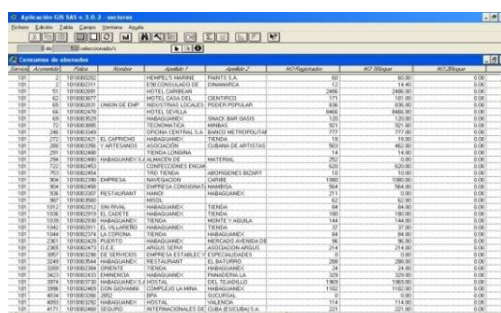


Figura 3.- Consulta a la Base de datos AS400



ID	Consumo	Actividad	Localidad	Localidad2	Actividad2	Consumo	Consumo2	Consumo3
181	181000001	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
182	181000002	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
183	181000003	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
184	181000004	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
185	181000005	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
186	181000006	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
187	181000007	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
188	181000008	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
189	181000009	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100
190	181000010	RESTAURANTE	LA HABANA	LA HABANA	RESTAURANTE	100	100	100

Figura 4.- Datos de consumos obtenidos en el SIG

Todo lo anterior está muy relacionado con la actividad de sectorización, la que también está vinculada a la Base de datos Comercial y es el vínculo de la compatibilización SIG – Comercial. En la empresa Aguas de la Habana existen ya 25 sectores hidráulicos delimitados y el SIG.

La masividad del Programa de rehabilitación de redes ha requerido también de herramientas que permitan realizar un control efectivo del gran volumen de información que se genera, por lo que el SIG de la empresa también le ha dado respuesta a esta problemática y se cuenta en la Base de datos con suficiente información gráfica y alfanumérica de las redes que se han sustituido o renovado. (Fig. 5).

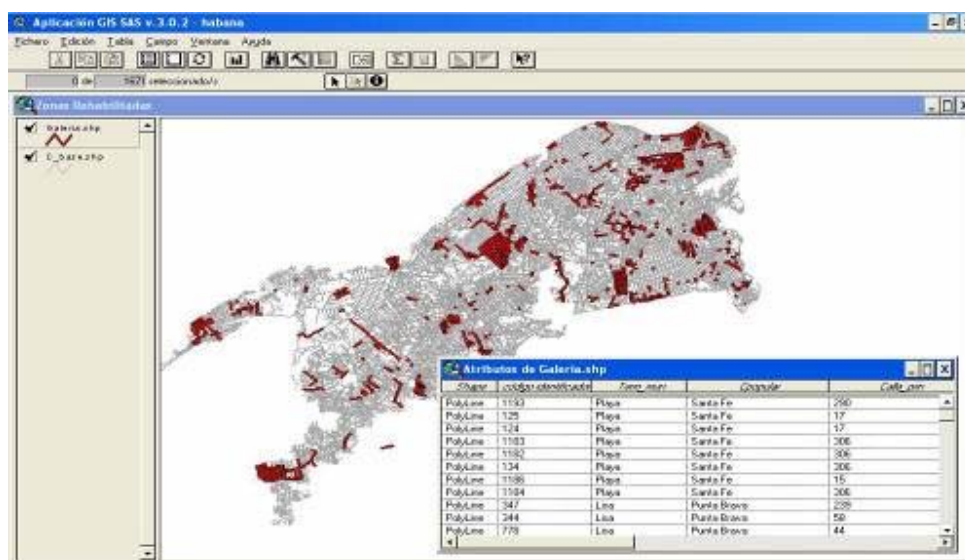


Figura 5.- Redes Rehabilitadas

Desde cualquier puesto de la empresa se puede acceder al tema galería que representa los lugares rehabilitados con una tabla de atributos que brinda los datos al respecto y tiene vinculado el croquis del inversionista.

La autora elaboró una metodología para la planificación y organización de la actividad de mantenimiento y rehabilitación de redes de abastecimiento de agua utilizando como herramienta un SIG, la que se evaluó en un Sector Hidráulico con muy buenos resultados. Esta metodología es aplicable a cualquier sector hidráulico y para la empresa no significa adquirir nuevas tecnologías, sino la aplicación de las que ya posee.

La aplicación Despacho, es otra muestra de la utilización en la empresa de los SIG, ya que la base de este sistema se obtuvo de la Base de Datos SIG. Los temas normalizados de cartografía se utilizaron como base en esta aplicación que es una herramienta de trabajo que muestra 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.

Con la normalización de las redes de saneamiento en la Aplicación SIG también ha posibilitado la gestión de estas redes, por ejemplo se realizó el SIG de la Cuenca Almendares, otro de Contaminaciones, otro de las Zonas de Inundación, así como de las Cuencas de Drenaje. (Fig. 6 y 7)

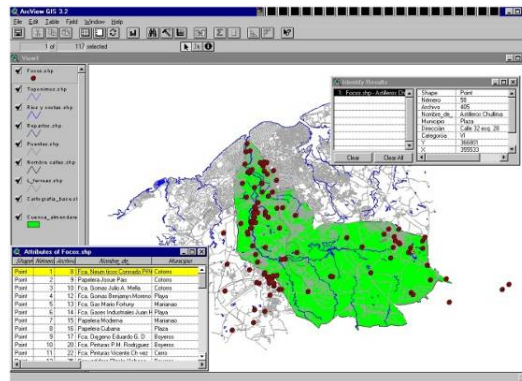


Figura 6.- SIG de la Cuenca Almendares.

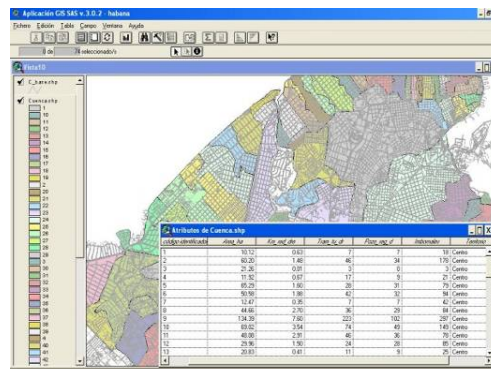


Figura 7.- SIG de las Cuencas de Drenaje.

En la actividad de saneamiento igualmente se ha desarrollado una metodología para la organización del mantenimiento de las redes y también se ha utilizado la Aplicación SIG.

En la Aplicación SIG está ubicada toda la infraestructura hidráulica con que cuenta la empresa; Fuentes de Abasto, con todos los datos de sus bombas, Impulsores, Estaciones de Bombeo y EBAR; así como Talleres , Almacenes, Bases Productivas, Oficinas Comerciales y Territoriales, además se ha utilizado en actividades vinculadas con la defensa.

También se dispone de una Base datos de redes no propias, donde aparecen datos de las redes del GAS, del soterrado eléctrico, de semáforo y cable coaxial, tan necesarias en los trabajos que realiza la empresa.



La Aplicación SIG desde sus inicios se ha ido nutriendo de información de archivo, de la recogida directamente por comisiones de catastro especializadas que reciben soporte topográfico con equipamiento avanzado como Estación Total y GPS, pero requiere de un proceso de actualización que solo se logra con la acción de todos los que de una forma u otra modifican la red. Una parte de ella o de los elementos puntuales que la componen, por lo que se crea el Procedimiento Operativo de Flujo de Información para SIG.

Otra de las grandes ventajas de la Aplicación SIG es las posibilidades de salida gráfica que tiene que son muy rápidas y se pueden realizar desde cualquier punto de Consulta, desde los cuales se pueden generar Mapas Predefinidos y Personalizados.

Análisis socioeconómico

No se pretende realizar una valoración económica de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica en la empresa, que son bastante costosos; se invirtió en la compra a GEOCUBA de la cartografía base con precisión 1:500, las máquinas necesitan de una renovación natural según el desarrollo de la tecnología al igual que los software y la capacitación y preparación de los trabajadores que se dedican a la edición y puestos de consulta, pero toda esta inversión queda amortizada con los resultados obtenidos y se superarán aún más, mientras mayor utilidad se le dé a la Aplicación SIG en la solución de las principales problemáticas que se dan en la prestación de un servicio de agua, saneamiento y drenaje pluvial de gran calidad.

Se enumeraran aspectos que redundaran en beneficios para la empresa, que aunque no son tangibles, si tienen repercusión en la eficiencia en el trabajo de los que utilizan la Aplicación SIG.

- 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.
- Planificación de la actividad de mantenimiento de redes de acueducto y saneamiento, con un componente espacial.
- Mayor rapidez en la tramitación de los Permisos para corte de vías.
- Agilidad en la obtención de las redes no propias.
- Prontitud en los trabajos previos a la elaboración de proyectos de obras.
- Facilidad para dividir el territorio en sectores hidráulicos y para realizar trabajos de sectorización en sentido general.
- Mayor eficiencia en la realización de los modelos matemáticos para la simulación de redes.
- Mantener actualizada la información de forma ágil y fiable.
- Fácil acceso a la información, lo que posibilita incrementar la eficiencia en el control de las fugas.
- Ahorro de recursos humanos y económicos en el dibujo de nuevos planos producto del cambio de escala o correlación de los originales.
- Obtener elementos estadísticos de unidades y elementos instalados o proyectados en la red.
- Gestión de la redes tanto de acueducto y saneamiento por parte de las Direcciones Técnicas y de Explotación, lo que redundará en un mejorar la calidad del servicio que brinda la empresa y estar "Naturalmente al servicio de la ciudad".

CONCLUSIONES



1. Es necesario generalizar en la empresa la utilización de la Aplicación SIG, lo que posibilitará mayor eficiencia en la gestión de los sistemas de abastecimiento y saneamiento.
2. El desconocimiento de las potencialidades de los SIG en la empresa por parte de sus directivos contribuye a que no se explote como corresponde con las condiciones actuales.
3. Se requiere disponer de una serie de Procedimientos en el departamento GIS que contribuya a elevar la productividad y eficiencia en el trabajo aún más para lograr aumentar el alcance de trabajo.
4. Este trabajo es aplicable a las restantes empresas gestoras de acueducto y saneamiento del país, posibilitando mayor eficiencia en el servicio que se brinda a la población.

RECOMENDACIONES

1. Realizar Planes de preparación sobre la Aplicación SIG a otras áreas en dependencia de sus necesidades, potenciando de esta manera su utilización.
2. Seguir exigiendo el cumplimiento del Procedimiento Operativo de Flujo de Información a las áreas involucradas.
3. Aumentar la preparación de los técnicos y especialistas del departamento GIS con vista a obtener mayor provecho de las potencialidades y bondades de los SIG.
4. Utilizar este trabajo como base para la divulgación de los SIG y su aplicación en la empresa en particular y en las restantes de su tipo en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, Alvaro de J. y Monsalve, Jairo Jhon, (2008): " Sistemas de Información Geográficos". Disponible en Internet: [www.monografias.com/trabajos/ GIS](http://www.monografias.com/trabajos/GIS)
- Cabrera Marcel, E. y Garcia Serra Garcia, (2004): "Problemática de los Abastecimientos Urbanos. Necesidad de su modernización", Primera Edición, Editado por Unidad Docente Mecánica de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Grupo AGBAR,(2004): "Manuales de aplicaciones GIS de la División de Agua y Saneamiento". España..
- "Manual de Caracterización de un GIS con aplicación en el registro de Establecimiento industriales, suelo industriales y artesanía" (2005): Fundación Instituto Tecnológico de Canarias. (en formato digital, Biblioteca Aguas de La Habana).
- Moreno, Pilar, Molina, Iñigo y Ormeño, Santiago, (Abril-Mayo, 2003):"Curso "Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica". Fundación General. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, 1990.