

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FC
Facultad de
Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título del trabajo: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

Autor: Maikel Bosch González

Tutores: MSc. Yoany Sánchez Cruz

MSc. Rafael Matamoros García

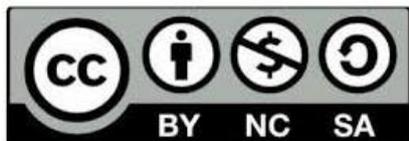
Santa Clara, junio 2018
Copyright©UCLV

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

DEDICATORIA

Existe un refrán que dice: el que persevera triunfa por lo que jactancioso puedo decir que he triunfado. Triunfo que no es solo personal, sino de todas esas personas que estuvieron a mi lado tanto en buenos momentos como en momentos difíciles, brindándome cariño y amor.

Sin dudas ha sido un largo camino y en estos momentos me encuentro en el final. Esto no hubiese sido posible sin el apoyo, cariño y amor que me han brindado mis padres Pedro Bosch Rodríguez y Eva González Cruz.

Para ti papá va este trabajo, tú que has sido mi guía a seguir desde el principio, que has estado ahí siempre para mí no importa cuál sea el momento ni la situación, gracias por ayudarme a convertirme en el hombre que ya soy, gracias por apoyarme en cuantas cosas se me ocurrieran a lo largo de esta etapa de mi vida en la cual gracias a ti soy ING Hidráulico y gracias por ser MI PAPÁ.

Para ti mamá también va este trabajo, inmejorable como madre, amiga y confidente, siempre preocupada por mí, persistente hasta el cansancio, gracias por ser como eres, gracias por siempre no importa la situación creer en mí, gracias por amarme y malcriarme y gracias por ser la MEJOR MAMÁ DEL MUNDO, este éxito en mi vida es en gran parte tuyo también.

No puedo dejar de mencionar a mi abuelo, mi tía, mi prima, mi primo y toda mi familia, los cuales han sido pilares fundamentales en mi formación como persona, como profesional y como ING HIDRÁULICO.

Hay personas que no puedo dejar de mencionar y esos son mis amigos, que más que amigos creo que puedo llamarlos hermanos. Por tanto, este trabajo de diploma va dedicado a mis padres, mi familia y mis amigos.

¡Para ellos va este trabajo de diploma!

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

AGRADECIMIENTOS

- Amigos y familia que de una forma u otra formaron parte de mis estudios, así como mi crecimiento profesional.
- A mi tutor Rafael Matamoros el cual me brindó su apoyo, su tiempo y su sabiduría para la confección de este trabajo de diploma.
- A mi cotutor Yoany Sánchez Cruz el cual me brindó su ayuda y mucho de su tiempo para la confección de este trabajo de diploma.
- A todo el claustro de profesores que se encargaron de mi formación como profesional en estos 5 años.
- Al personal de la EAA Cayo Santa María los cuales me brindaron su apoyo y me ofrecieron la información necesaria para la confección de este trabajo de diploma.
- A mis compañeros de aula que han sido capaces de no solo soportarme sino quererme durante estos 5 años.

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

RESUMEN

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cayo Santa María es la encargada de proveer el servicio de abasto y saneamiento del agua a los usuarios que se encuentran en este enclave turístico. Teniendo en cuenta las facilidades que brindan los Sistemas de Información Geográfica para la gestión de información geoespacial unido a los grandes volúmenes de datos que maneja esta empresa, en el presente trabajo de diploma sintetiza un procedimiento para la gestión integral del agua en la EAA Cayo Santa María mediante SIG, lo cual facilitará el manejo de datos de esta empresa en las labores de saneamiento, distribución y mantenimiento de la red. Se exponen sus principales ventajas y desventajas, así como la factibilidad de su empleo una vez definido el software SIG a utilizar. En el presente trabajo además se ofrecen datos reales de la empresa que pueden ser utilizados para la confección del SIG, así como las principales carencias que pueden existir en la construcción de este.

ABSTRACT

The Water and Sewerage Company of Cayo Santa María is in charge of providing the service of water supply and sanitation to the users that are in this tourist enclave. Taking into account the facilities provided by the Geographic Information Systems for the management of geospatial information together with the large volumes of data handled by this company, in the present work of diploma synthesizes a procedure for the integral management of water in the EAA Cayo Santa María through GIS, which will facilitate the handling of data of this company in the work of sanitation, distribution and maintenance of the network. Its main advantages and disadvantages are exposed, as well as the feasibility of its use once the GIS software to be used is defined. In the present work we also offer real data of the company that can be used for the preparation of the GIS, as well as the main shortcomings that may exist in the construction of this.

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
INTRODUCCIÓN:.....	1
CAPÍTULO 1: Revisión Bibliográfica (Estado del Arte).....	5
1.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	5
1.2 Software SIG.....	9
1.3 SIG para la gestión de Acueductos.....	12
1.4 Gestión Integral del agua.....	14
1.5 Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas.....	16
1.6 Gestión Integral de Acueductos. Tendencias.....	18
1.7 EAA Cayo Santa María.....	22
Conclusiones Parciales.....	24
CAPITULO 2 Gestión Integral del Agua en la EAA Cayo Santa María.....	25
2.1 Ubicación de las fuentes de abasto de la EAA Cayo Santa María.....	25
2.2 Procedimientos para el trabajo con un software SIG.....	27
2.3 Diseño del SIG.....	29
2.4 Requerimientos en la cartografía a utilizar.....	34
2.5 Datos de interés para la confección del SIG en la EAA Cayo Santa María.....	36

Trabajo de diploma: Propuesta metodológica para la Gestión Integral del Acueducto de Cayo Santa María mediante Sistemas de Información Geográfica.

Conclusiones parciales	44
CAPITULO 3: SIG para la GIA en EAA Cayo Santamaría.....	45
3.1 Datos necesarios para un SIG de acueducto	45
3.2 Software a utilizar.....	46
3.3 Aplicaciones del SIG en la EAA Cayo Santa María.....	49
3.4 Limitaciones actuales	51
Conclusiones Parciales.....	53
CONCLUSIONES GENERALES	54
RECOMENDACIONES.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos.....	57

INTRODUCCIÓN:

El enfoque de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales. De igual manera, reconoce los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua, y las necesidades del medio ambiente (GWP & INBO, 2009).

Concebir un enfoque integrado coordina la gestión de recursos hídricos en todos los sectores y grupos de interés a diferentes escalas. Toda una gama de herramientas, tales como evaluaciones sociales y ambientales, instrumentos económicos, y sistemas de información y monitoreo, respaldan este proceso (GWP & INBO, 2009).

La gestión integral de acueductos, está estrechamente vinculada a garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico a través de un uso eficiente y eficaz, respectivo al ordenamiento y al uso del territorio conservando los ecosistemas que regulan esta oferta hídrica.

Un ejemplo donde se manifiesta la gestión de acueductos se sitúa en dos localidades de México, Tehuacán y Puebla, donde la gestión del acueducto incluye planificar las posibles extensiones de la red, dar mantenimiento a la misma, determinar y proyectar las inversiones futuras en extensiones de la red, generar información para la proyección de la demanda de los clientes y para la regulación tarifaria.

Otro importante aspecto de la GIRH es la Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas (GICH). La relación que existe entre GIRH y GICH es dinámica y más sensible a las circunstancias cambiantes, sean estas ambientales, sociales o económicas (GWP & INBO, 2009).

En Cuba se gestiona el agua de forma integrada a escala de la sociedad, la economía y el medio ambiente, proporcionando desarrollo sostenible y seguridad a la nación (INRH, 2012). Bajo esta visión, se hace necesario abordar la gestión de la EAA Cayo Santamaría desde una perspectiva integral.

La (GIAU) da respuesta a esta problemática y consiste en visualizar el sistema completo del recurso hídrico urbano como parte de una estructura coherente (Srinivas, 2009). La GIAU tiene en cuenta el proceso de captación, almacenaje, distribución, tratamiento, reutilización y vertido final del agua, como parte de un ciclo, en vez de considerarlo como actividades separadas, planificando la infraestructura de acuerdo con esta visión. (Sánchez, 2014).

La zona geográfica de estudio es conocida por sus playas y los deportes acuáticos. Paralela a la exuberante vegetación y atractivos naturales ha crecido el desarrollo urbano de Cayo Santamaría. Además de las instalaciones hoteleras, el Pueblo la Estrella ofrece servicios de restaurantes, bares, Spa, mercados y otras actividades económicas-sociales. El Acuario-Delfinario se suma a los atractivos constituyendo una instalación más dentro del complejo sistema. Todas estas cuestiones convierten a Cayo Santamaría en una ciudad turística, por lo que su infraestructura hidráulica atraviesa las mismas complejidades que los abastecimientos urbanos y su gestión debe ser a partir de conceptos integrales para lograr la sostenibilidad del recurso agua.

El desarrollo turístico en los cayos al norte de la Provincia de Villa Clara, ha condicionado el surgimiento de una potente infraestructura de acueducto y alcantarillado que garantiza su sostenibilidad. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAA) Cayo Santamaría, es la encargada de gestionar la infraestructura, garantizando así, un servicio de calidad que contribuye al auge hotelero en la zona.

Actualmente existen los datos y la tecnología para garantizar una gestión integral del agua, pero no se cuenta con las plataformas informáticas necesarias para brindar una información específica siendo esto un problema para la EAA Cayo Santa María.

En la actualidad la GIAU apoya sus principios en tecnologías y procedimientos que aportan un enfoque más integral al proceso. Tal es el caso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que han sumado a la larga lista de aplicaciones con las que hoy cuenta, la de asistir a la gestión integral de acueductos

A partir de lo expuesto anteriormente esta investigación tiene como:

Objeto de Estudio:

Gestión integral del agua

Campo de Investigación:

Gestión integrada de acueductos urbanos

Surgiendo el siguiente **Problema Científico:**

¿Cuáles son los pasos a seguir, al tener los datos existentes sobre las redes de Acueducto y Alcantarillado de Cayo Santa María, para mejorar la gestión integral del agua a partir de las posibilidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica?

Por lo antes expuesto en este trabajo de tesis se plantea la siguiente **Hipótesis:**

A través del uso de un SIG que integre los datos técnicos y operativos referidos a la red de Acueducto y Alcantarillado de Cayo Santa María, se podrá realizar una gestión integral del agua por parte de la empresa de acueducto y alcantarillado de este lugar.

Para llevar a cabo su cumplimiento se trazó como **Objetivo General:**

Brindar una propuesta metodológica para la Gestión Integral de la EAA Cayo Santamaría mediante Sistemas de Información Geográfica que permita apoyar la planificación y toma de decisiones en la gestión del agua.

Objetivos específicos:

- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre la gestión integral del agua en acueductos mediante SIG.
- Investigar la gestión de la EAA Cayo Santa María desde una perspectiva integral.
- Concebir un inventario de información existente para el desarrollo del SIG EAA Cayo Santa María exponiendo una propuesta metodológica para su implantación.
- Establecer limitaciones actuales.

Tareas de investigación:

Para asegurarnos del cumplimiento de los objetivos anteriores se realizarán las siguientes tareas de investigación:

1. Estudiar las iniciativas nacionales e internacionales de proyectos SIG para la gestión integral de acueductos.
2. Hacer un inventario de datos e información referida a la EAA Cayo Santamaría
3. Proponer el software SIG acorde con el objetivo a alcanzar.
4. Proponer un procedimiento para la implantación del SIG-EAA Cayo Santamaría.

Valor práctico de la tesis:

Desarrollar una propuesta metodológica para implementar un SIG en la gestión integral de la EAA Cayo Santamaría que tribute a la organización, gestión y utilización de datos necesarios para elevar la calidad del servicio.

Este trabajo de investigación se estructuró en tres (3) capítulos, los cuales son:

Introducción

Cap. 1: Revisión Bibliográfica.

Cap. 2. Gestión Integral del Agua en la EAA Cayo Santamaría

Cap.3. SIG para la GIA en EAA Cayo Santamaría.

Conclusiones y recomendaciones.

Bibliografía

Anexos

CAPÍTULO 1: Revisión Bibliográfica (Estado del Arte)

1.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El momento que da surgimiento a los orígenes de los SIG se remonta al inicio de la década de los sesenta como resultado de algunos factores que convergen para dar lugar a su desarrollo. Estos factores son principalmente dos: la necesidad creciente de información geográfica y de una gestión y uso óptimo de la misma, y la aparición de las primeras computadoras. (Olaya, Victor; Luaces, Miguel R)

El término Sistema de Información Geográfica suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales.(Sarría, 2008)

Los SIG enfatizan la construcción, organización y estructuración de los datos espaciales en lo que llaman "BD, que acopla gran cantidad de información en una forma simple y comprensible para el usuario, entre una de las ventajas que se encuentra es que los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados y comparados simultáneamente.(Sarría, 2008)

De manera general, los SIG permiten recibir información, almacenarla, trabajar con ella, exportar datos de una BD e integrarlos a la información geográfica referenciada con la cual se cuenta. De igual manera, los SIG permiten el análisis de información espacial, la edición de datos geo-referenciados y la presentación de resultados de una forma rápida y eficiente. La Tabla 1 muestra las ventajas y desventajas de los SIG.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los SIG(Rodriguez, 2002)

SIG	
Ventajas	Desventajas
Capacidad de almacenamiento. Múltiples niveles de datos	Altos costos de adquisición y mantenimiento del sistema
Los datos se almacenan y se presentan de forma separada. La presentación es múltiple	Costos y problemas técnicos en la captura de datos(conversión analógica-digital y en la transferencia(incompatibilidades)
Capacidad de manejo. Edición y actualización	Costos de mantenimiento de datos. Administración, actualización y edición
Rapidez en la operación	Necesidad de formación de cuadros especializados. Operación en el ámbito digital
Capacidad de establecer una relación coherente. Utilizar simultáneamente datos espaciales y sus atributos	Falsa sensación de exactitud
Capacidad de análisis. Implementación de modelos de aplicación	

Ante la posibilidad de la implementación de un SIG, será necesario analizar cada una de las desventajas con vistas a minimizar sus impactos. Un análisis costo-beneficio,

ayudará a establecer criterios para tomar una decisión definitiva. La resistencia al cambio es un aspecto que deberá ser tenido en cuenta.

En un SIG es importante el formato de representación que se utilice para manejar los datos geo-referenciados. Los más utilizados, por las potencialidades en cuanto a análisis espacial y representación de diferentes variables, fenómenos y objetos, son el formato raster y el vectorial (figura 2).

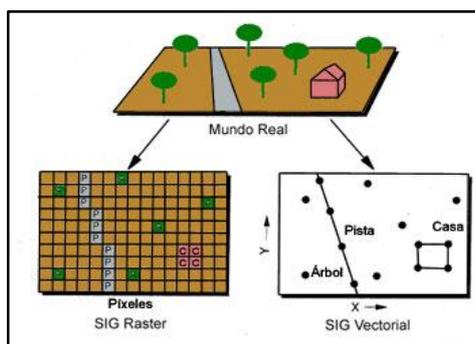


Figura 2. Tipos de formatos presentes en un SIG, Modelo Raster y Modelo Vectorial.

En el formato raster se divide el espacio en un conjunto regular de celdillas, cada una de ellas contiene un número que puede ser el identificador de un objeto (si se trata de una capa que contiene objetos) o del valor de una variable (si la capa contiene alguna variable).(Garcia, 2011)

En el formato vectorial los diferentes objetos se representan como puntos, líneas o polígonos. La representación de puntos o líneas es inmediata, sin embargo, al representar polígonos aparecen dos situaciones diferentes.(Garcia, 2011)

Un objeto o fenómeno generalmente puede ser representado tanto en formato raster como vectorial. La decisión depende de la escala en la que se trabaje y los objetivos que se quieran lograr. La tabla 2 muestra las ventajas y desventajas de los formatos comentados.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de los formatos raster y vectorial.

Formato	Ventajas	Desventajas
Raster	Utiliza una estructura de datos muy simple.	La estructura de datos es menos compacta
	Las superposiciones de las diferentes coberturas se implementan de forma rápida y eficiente.	Algunas relaciones topológicas son difíciles de representar
	Permite una forma más eficiente de representación cuando la variación espacial es muy alta. El modelo raster es muy apropiado para el tratamiento de imágenes de satélite.	La información original se generaliza una vez que se traspasa al sistema, tanto cuanto más grande sea la dimensión de las celdas.
	Da la posibilidad de generar modelos de elevación del terreno.	Se ven limitados por la cantidad de filas y columnas que pueden manejar, por tanto la resolución dependerá de estas.
Vectorial	Posee una estructura de datos muy compacta.	La estructura de datos es más compleja.
	Codifica eficientemente la tipología.	Si la variación espacial es baja, resulta poco eficiente la aplicación.
	La salida en papel presenta muy buenos productos.	El procesamiento de imágenes digitales no puede ser realizado eficientemente en este tipo de formato.

A modo de conclusión, el formato raster permite realizar con gran facilidad procesos de análisis, pero no reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos y dificulta la operación topológica. Por su parte, el formato vectorial es más adecuado

para la realización de gráficos y mapas precisos, estando más de acuerdo con la cartografía tradicional, aun cuando su estructura de datos, es más compleja.(Sendra, 2000)

Un SIG como sistema dentro de una organización puede estar formado por una amplia variedad de herramientas informáticas, que incluye tanto máquinas como programas, demandando un tratamiento de la información corporativa en forma de datos geográficos y de una total integración en todas las áreas de la organización. Si además es conocido que la implantación exitosa de los SIG requiere de una detallada planificación, se puede asegurar que un problema actual es la ausencia de lineamientos que sirvan de guía para el cumplimiento de cada una de las numerosas actividades que supone desarrollar una implantación exitosa en una empresa gestora de agua.(Cruz and Núñez, 2012)

1.2 Software SIG

Para la elaboración y confección de un SIG se cuentan con distintos softwares, de uso libre y comerciales. A continuación, se hace un resumen de los software SIG más utilizados. (Girona, 2017)

QGIS es un software de código abierto licenciado bajo GNU – General Public License. QGIS es un proyecto oficial de la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Está disponible para Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vectorial, raster y BBDD. De los distintos softwares de código libre, QGIS es uno de los más aceptados en el ámbito vectorial.

gvSIG es fácil de usar, interoperable y utilizado por miles de usuarios en todo el mundo. gvSIG Desktop trabaja con diversidad de formatos, vectoriales y raster, ficheros, BBDD y servicios remotos, teniendo a disposición todo tipo de herramientas para analizar y gestionar la información geográfica. gvSIG Desktop es software libre, con licencia GNU/GPL, lo que permite su libre uso, distribución, estudio y mejora.

OpenJUMP es software SIG libre que permite visualizar capas y consultas espaciales realizadas sobre una BD PostgreSQL/PostGIS.

GRASS GIS, más comúnmente conocido como GRASS, es un software SIG gratuito y libre (código abierto) utilizado para la gestión y análisis de datos geoespaciales, procesamiento de imágenes, producción de gráficos y mapas, modelización espacial y visualización. GRASS GIS se utiliza actualmente en entornos académicos y comerciales en todo el mundo, así como por muchas agencias gubernamentales y empresas de consultoría ambiental.

SAGA es la abreviatura para System for Automated Geoscientific Analyses, un SIG de código abierto y Libre, con un interesante conjunto de algoritmos científicos para el trabajo con datos vectoriales y raster. Es uno de los software de código abierto más potentes y populares en la actualidad para análisis raster.

ArcGIS es un software comercial desarrollado por la empresa Esri. Las dos aplicaciones de escritorio principales para profesionales de SIG son ArcMap y ArcGIS Pro. Cada aplicación cuenta con funciones únicas que se ajustan a sus necesidades. Se pueden crear desde sencillos mapas web a modelos analíticos complejos.

Además de estos programas existen muchos más en el mercado con iguales o similares prestaciones.

A partir del análisis de las potencialidades de cada uno de los software analizados, resulta necesario hacer una comparación entre el software más potente desde el punto de vista comercial, ArcGIS y el más potente de Código Libre, QGIS. La Tabla 3 muestra el resultado.

Tabla 3: Comparación entre ArcGis y QGIS.

Criterios	Software	
	ArcGIS	QGIS
Documentación	Muy elaborada tanto a nivel desktop como de desarrollo.	Documentación es insuficiente.
Sistema Operativo	Sólo puede instalarse en Windows.	Mac, Linux, Windows.
Licencia para Geo-Procesamiento	El nivel de licencia del que dispongas determina qué herramientas se pueden utilizar.	QGIS tiene disponible todo tipo de herramientas.
Desarrollo	Restringido al propietario.	Libre.
Topología	Herramientas superiores.	Herramientas limitadas.

ArcGis es un software muy potente y es líder en el mercado internacional, pero su carácter propietario constituye la principal deficiencia para países con escasos recursos económicos. La dependencia tecnológica del propietario, limitan los desarrollos propios.

Por otro lado, QGIS, ha emergido como una solución para países en vías de desarrollo por sus potencialidades. De igual manera, forma parte de importantes desarrollos en el ámbito SIG dentro del territorio nacional, tal es el caso del proyecto para la gestión de los recursos hídricos del INRH HidroSIG(Fernández et al., 2018) y de la plataforma

tecnológica planteada para el Observatorio del Agua de la cuenca Almendares-Vento (HAENER, 2017). Estas cuestiones convierten a QGIS en el software SIG por excelencia para nuevos proyectos con vistas a lograr interoperabilidad entre las diferentes iniciativas.

1.3 SIG para la gestión de Acueductos

Empresas de acueducto han apostado por el uso de los SIG para gestionar los servicios de acueducto, saneamiento y drenaje pluvial. Algunos proyectos constituyen un éxito al dotar a las empresas de capacidad de respuesta rápida ante contingencias y herramientas eficaces de administración y planeación. A continuación, se enuncian algunos de estos desarrollos.

Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial (SIGUE). Bogotá, Colombia. (Morales, 2018)

Con el fin de convertirse en una empresa más eficiente en sus actividades operativas y de atención al cliente, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) ha definido un nuevo modelo de administración e incorporó tecnología que apoya nuevas unidades de negocio. SAP R/3 fue implementado como el sistema Enterprise Resource Planning (ERP). SIGUE – el SIG Corporativo de la EAAB – fue desarrollado por Prosis S.A., el distribuidor de ESRI en Colombia, con el fin de darle apoyo a actividades que relacionan información geográfica, no cubiertas por el ERP.

SIGUE está implementado en una geodatabase corporativa la cual almacena información básica y temática, considerada como uno de los activos más valiosos de la entidad. Usuarios de diferentes unidades de trabajo acceden a diversas aplicaciones SIG, utilizando un cliente ArcGIS personalizado o un navegador WEB, explotando información geográfica que apoya sus operaciones en el flujo de trabajo.

SIG de Aguas Cartagena.(AcuaCar, 2011)

El SIG de Aguas de Cartagena, se originó como herramienta tecnológica implementada por el socio operador de la empresa, para el mejoramiento del manejo de información de redes de acueducto y alcantarillado y localización espacial de los usuarios, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio.

A partir de la herramienta, AcuaCar ha logrado:

- Rediseñar programas de mantenimiento preventivo.
- Hacer planes estratégicos de sectorización, planeamiento y operación.
- Realizar modelos matemáticos de las redes de acueducto, saneamiento y drenaje pluvial.
- Tener un conocimiento y control total de la Red.

SIG en Aguas de la Habana(Núñez and Cruz, 2012)

La aplicación SIG permite realizar gestión de vistas, elaboración de planos temáticos, procesamiento digital de imágenes, estudios de sequías, inventario, mantenimiento y gestión de redes, entre otros, y cuenta con una funcionalidad de localización por callejeros.

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.

Desarrollos SIG del INRH para la gestión y administración de recursos hídricos

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) coordina el desarrollo de HidroSIG para la consulta de información geográfica vía Web de alcance nacional para la visualización de los recursos hídricos. El desarrollo HidroSIG combina funciones propias de SIG con herramientas que le permiten al usuario georreferenciar los datos asociados a los recursos hídricos para la visualización, análisis y toma de decisiones.(Fernández et al., 2018)

HidroSIG se nutre de los datos que son gestionados mediante un sistema externo denominado HidroCuba el cual se encarga de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del Estado y el Gobierno, relativa a la actividad de los recursos hidráulicos en el país. Los datos son georreferenciados utilizando diferentes métodos, actualizados periódicamente o a voluntad del usuario, para su posterior análisis.(Molina et al., 2016)

El sistema HidroSIG cuenta con varias herramientas como la visualización y manipulación de mapas, obtención automática de mapas isoyéticos y de lluvias por diferentes niveles de agregación espacial (cuenca, municipio, etc.). Permite al usuario conformar diferentes tipos de mapas agregando capas y estableciendo estilos a cada una de ellas, estos mapas pueden ser compartidos entre varios usuarios. Este proyecto permite compartir la información geográfica del Grupo Empresarial de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (GEARH) en un ambiente colaborativo orientado fundamentalmente a la toma de decisiones.

Los proyectos antes comentados han pasado por diferentes etapas para su desarrollo. La recolección y organización de datos, el trabajo con diferentes softwares y la coordinación para la producción y actualización constante de las informaciones geográficas y alfanuméricas, han sido sus más importantes retos.

1.4 Gestión Integral del agua.

En los últimos años, la disminución en los niveles de disponibilidad de agua ha propiciado una situación de crisis que amenaza la seguridad, estabilidad y el equilibrio medioambiental de las naciones, lo que es un problema cada vez más severo. Una de las causas importantes de esta crisis es la falta de una gestión adecuada de los recursos hídricos, que permitiera su uso más eficiente para hacer frente a los nuevos retos económicos, sociales y ambientales, es así que surgió la Gestión Integral de los Recursos Hídricos como una alternativa de solución a dicha problemática.(Gil and Hernández, 2015)

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) ha sido definida por la Asociación Mundial del Agua como un proceso que pretende desarrollar y gestionar de forma coordinada el agua, la tierra y los recursos conexos, tratando de maximizar el bienestar social y económico, de una manera equitativa y sin comprometer el nivel de sostenibilidad de los ecosistemas.(Ecoticias.com)

Esto significa garantizar la igualdad de acceso de todos los usuarios (en particular a los sectores marginados, vulnerables y/o más afectados por la pobreza) a una cantidad y calidad suficientes de agua, necesarias para sostener su bienestar. (Ecoticias.com)

Este concepto tiene como objetivo promover cambios en las prácticas que se consideran fundamentales para mejorar la gestión de los recursos hídricos. En la definición actual, la GIRH descansa en tres principios que juntos actúan como marco general para la misma:

Eficiencia económica

La idea de este principio se basa en aportar el máximo beneficio que sea factible conseguir para satisfacer las necesidades del mayor número posible de usuarios, con los recursos con los que cada nación cuenta.

Sostenibilidad ecológica

Desde los organismos internacionales existe un requerimiento de que los ecosistemas acuáticos sean reconocidos como tales, que se los proteja y valore y que se haga un uso adecuado de sus recursos, para mantener su funcionamiento natural.

Las prácticas de GIRH dependen del contexto particular de cada país, pero el énfasis se pone en que, a nivel operativo, el reto consiste en traducir los principios acordados en acciones concretas que beneficien a sus habitantes, sin que ello vaya en detrimento de la protección de los recursos.

Implementación

Operacionalmente, los enfoques de la GIRH incluyen la aplicación de los conocimientos que puedan aportar diferentes disciplinas, así como de la percepción de multitud de actores para diseñar e implementar soluciones eficientes, equitativas y sostenibles a los problemas del agua.

Como tal, la GIRH es una herramienta de planificación e implementación integral y participativa, para la gestión y el desarrollo de los recursos hídricos, de una manera que equilibre las necesidades sociales y económicas y garantice la protección de los ecosistemas para las generaciones futuras.

1.5 Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas.

Se entiende por Cuenca Hidrográfica (figura 2) el área geográfica delimitada por la divisoria de las aguas que conforman un sistema hídrico constituido por aguas superficiales y subterráneas, que las conduce a un río principal, lago, zona de infiltración o costas. Los límites de la división de las aguas superficiales y subterráneas no siempre coinciden, por lo que pueden ser extendidos hasta incluir los acuíferos o tramos subterráneos, cuyas aguas confluyen hacia la cuenca en cuestión, de importancia a los efectos de realizar el balance hidrológico (García & Gutiérrez, 2015).

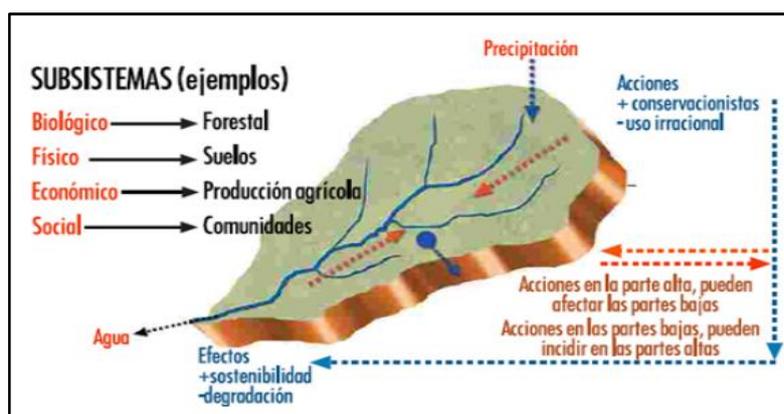


Figura 2. La cuenca hidrográfica como sistema. (Fernández and Díaz, 2015)

El sistema de la cuenca hidrográfica, está integrado por los subsistemas siguientes:(Fernández and Díaz, 2015)

- Biológico, integra esencialmente la flora, la fauna y los elementos cultivados por el hombre.
- Físico, integrado por el suelo, subsuelo, geología, recursos hídricos y clima (temperatura, radiación, evaporación, entre otros).
- Económico, integrado por todas las actividades productivas que realiza el hombre, en agricultura, recursos naturales, ganadería, industria, servicios (caminos, carreteras, energía, asentamientos y ciudades).
- Social, integrado por los elementos demográficos, institucionales, tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda, culturales, organizacionales, políticos, y legal.

En la cuenca hidrográfica existen entradas y salidas naturales provenientes del Ciclo Hidrológico (ver figura 3). El balance natural puede ser modificado por la acción del hombre produciendo cambios en la respuesta hidrológica del sistema y, por tanto, ruptura del equilibrio sistémico.

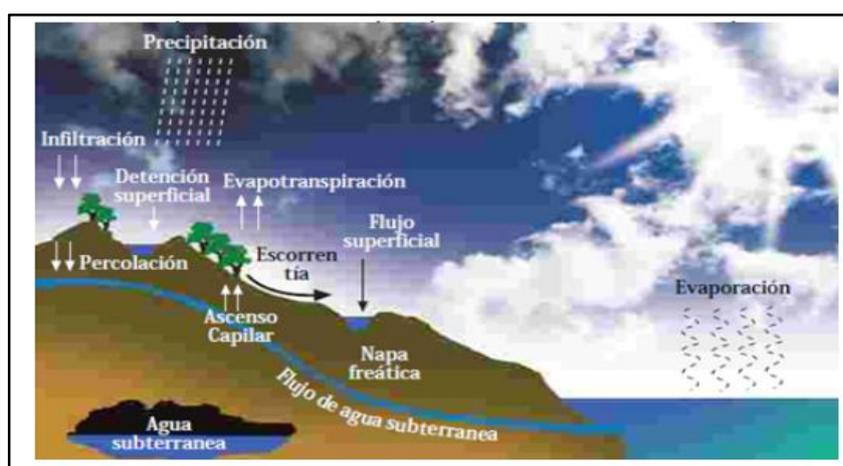


Figura 3. Ciclo del agua.(Fernández and Díaz, 2015)

En la cuenca hidrográfica se producen interacciones entre sus elementos lo cual le da la característica de ser una unidad eco sistémica en constante transformación. Existen diferentes aspectos que inciden en la calidad ambiental y en la sostenibilidad de las cuencas. La falta de educación ambiental, el uso irracional del agua, la falta de marcos regulatorios, el uso de tecnologías inapropiadas en zonas agrícolas e industriales, son algunos de los factores que más influyen en las demarcaciones hidrográficas.

Debido a la configuración del territorio cubano de forma alargada y estrecha, conjuntamente con la disposición y estructura del relieve, determinan la existencia de un parte-aguas central a lo largo de toda la isla principal en la dirección de su eje longitudinal. Este parteaguas define dos vertientes: la vertiente septentrional (Norte) y la vertiente meridional (Sur). Si además se considera al régimen pluvial como el principal factor que determina el régimen del escurrimiento, así como la extraordinaria difusión e intensidad de los fenómenos cárscicos presentes en el 67 % del territorio cubano, se explica el predominio de cuencas colectoras relativamente pequeñas. (Fernández and Díaz, 2015)

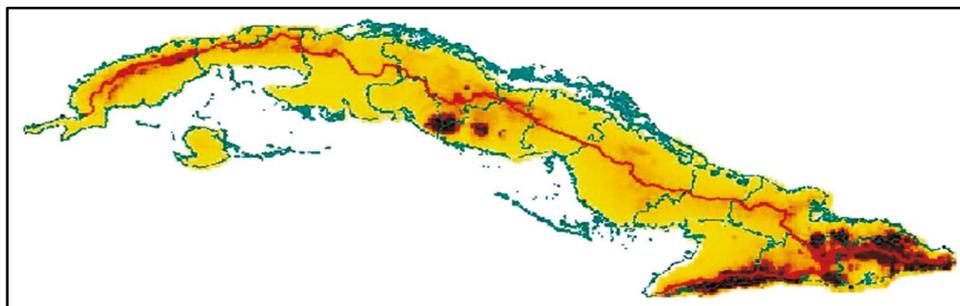


Figura 4. Isla de Cuba. Línea central divisoria de las aguas.(Fernández and Díaz, 2015)

1.6 Gestión Integral de Acueductos. Tendencias.

La GIAU tiene en cuenta la diversidad de otros usuarios y ecosistemas que dependen de los mismos cuerpos de agua que la ciudad y busca balancear la eficiencia económica, la equidad social y la sostenibilidad ambiental. Está insertada dentro de una noción más amplia de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) teniendo

en cuenta que la unidad hidrológica convencional de análisis y gestión de la GIRH es la cuenca. Así, la GIAU no es un fin en sí misma sino más bien, es un medio para vigilar un sub-sistema de cuenca en búsqueda la seguridad hídrica: una mejor disponibilidad y acceso al agua y reducción de conflictos por el uso de este recurso y de los riesgos relacionados con el mismo (GWP, 2011).

Fundamentalmente el ciclo consta de dos grandes etapas: abastecimiento y saneamiento. Estas etapas se corresponden con aquellas actuaciones necesarias para llevar el agua potable a los consumidores y recoger y tratar el agua residual una vez utilizada (Cubillo, 2012).

Dentro del abastecimiento se encuentra la captación del agua mediante embalses, pozos, desalinizadoras o tomas directas en ríos y lagos. Posteriormente se realiza su tratamiento para potabilizar el “agua bruta” captada del medio natural. Finalmente es la distribución, mediante la cual, el agua tratada, es llevada a los hogares o industrias consumidoras (Cubillo, 2012).

En cuanto al saneamiento también consta de dos fases. La primera de ellas, la recogida de las aguas residuales y las procedentes del drenaje mediante sistemas de alcantarillado que la conducen a las plantas depuradoras. En segundo lugar, la depuración de aguas residuales es la encargada de tratar dichas aguas para descontaminarlas y devolverlas al medio natural en condiciones razonablemente adecuadas (Cubillo, 2012).

A este ciclo se puede añadir una tercera etapa, la reutilización de aguas residuales. Consiste en el tratamiento de dichas aguas para garantizar sus características sanitarias y su reutilización en el riego de jardines, limpieza de calles, riego de zonas deportivas e incluso, para su uso por parte de la industria (Cubillo, 2012).

Los recientemente aprobados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 6 y 11 (<https://sustainabledevelopment.un.org>), representan un llamamiento valiente a promover la gestión sostenible del agua urbana para lograr ciudades más

seguras, inclusivas y resilientes. Surgen entonces conceptos, visiones, estrategias y metodologías de carácter holístico.

Las ciudades donde se usa el agua racionalmente conocidas en inglés como *water-wise cities*, utilizan elementos estructurales para la puesta en acción de principios sostenibles mediante tres niveles (Figura 5) (IWA [a], 2018)



Figura 5. Visión water-wise. Fuente: www.iwa-network.org

El *Principio 1: Servicios regenerativos*, plantea reabastecer los cuerpos de agua y sus ecosistemas, así como reducir la cantidad de agua y energía utilizada. Conceptualiza el principio de las 3 “R”: Reutilizar, Recuperar y Reciclar. De igual manera utiliza un enfoque sistémico integrado con otros servicios e incrementa la modularidad de los sistemas asegurando múltiples opciones.

El *Principio 2: Diseño urbano sensible al agua*, concede importancia a la habilitación de servicios regenerativos del agua a partir de diseños de espacios urbanos para reducir riesgos de inundación, mejorar la habitabilidad mediante la “arquitectura del

agua” y modifica y adapta materiales urbanos para minimizar el impacto medioambiental.

Por su parte, el *Principio 3: Ciudades conectadas a la cuenca*, aplica el principio de planificar para asegurar los recursos hídricos y mitigar sequías, así como proteger la calidad de los recursos hídricos y preparar los sistemas para eventos extremos.

Finalmente, la visión *Water-wise 4*, englobará a todos los actores y tomadores de decisiones en un entorno participativo e inclusivo.

El agua urbana sostenible se re-define entonces como “toda agua urbana utilizada y gestionada por comunidades “water-wise” en ciudades conectadas a sus cuencas, construidas de forma tal que sean sensibles a los problemas hídricos, para minimizar los riesgos a corto plazo, preservar los recursos e incrementar la habitabilidad mediante el Diseño Urbano Sensible al Agua y los Servicios Regenerativos del Agua para todos”.

Cada una de las variables comentadas tienen una fuerte componente espacio-temporal y temática dado por la propia distribución geográfica y las características técnicas y de gestión de las mismas (Sánchez, 2014). A escala mundial hay un movimiento para invertir en captura de datos y sistemas de información que coadyuven a la planificación y toma de decisiones en la gestión del agua (IWA [b], 2018).

Los acueductos en Cuba están llamados a tener en cuenta la trascendencia de las aguas terrestres, como recurso natural, renovable limitado, que exige una gestión integrada y sostenible en función del interés general de la sociedad, la economía, la salud y el medio ambiente (INRH, 2017). Dotar a nuestros sistemas de herramientas para planificar, administrar y evaluar los recursos hídricos e hidráulicos de los cuales disponemos, constituye un paso fundamental para lograr una gestión integral atemperada a las condiciones de Cuba.

1.7 EAA Cayo Santa María.

Formación y desarrollo de la infraestructura.

Al comenzar el año 1999 se inicia la construcción de la infraestructura hidráulica y sanitaria en el Polo Turístico Cayo Santa María, permitiendo el abasto, distribución y almacenamiento del agua potable a todas las instalaciones existentes en la Cayería Noreste de Villa Clara, tanto como la recolección de aguas que han sido usadas por los hoteles para su futuro tratamiento y la disposición final de estas en labores de jardinería fundamentalmente.

Al iniciar el abasto, distribución y almacenamiento del agua, así como el tratamiento de las aguas albañales en Cayo Santa María fue necesario que un organismo controlara estos recursos, creándose la UEB Cayo Santa María respondiendo a la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Villa Clara. Con el paso de los años, el incremento del turismo, la construcción de nuevos hoteles y por tanto el aumento del consumo de agua, fue necesario crear la EAA Cayo Santa María.

La EAA Cayo Santa María es la encargada de dar mantenimiento a la conductora que se extiende desde las fuentes de abasto La Fuente y El Caney por todo lo largo del pedraplén. De igual manera, se encarga de controlar todos los parámetros de gestión y los indicadores de calidad del servicio de acueducto y alcantarillado del importante polo turístico.

Las figuras 6 y 7 muestran un esquema general de la red de abasto a Cayo Santamaría.

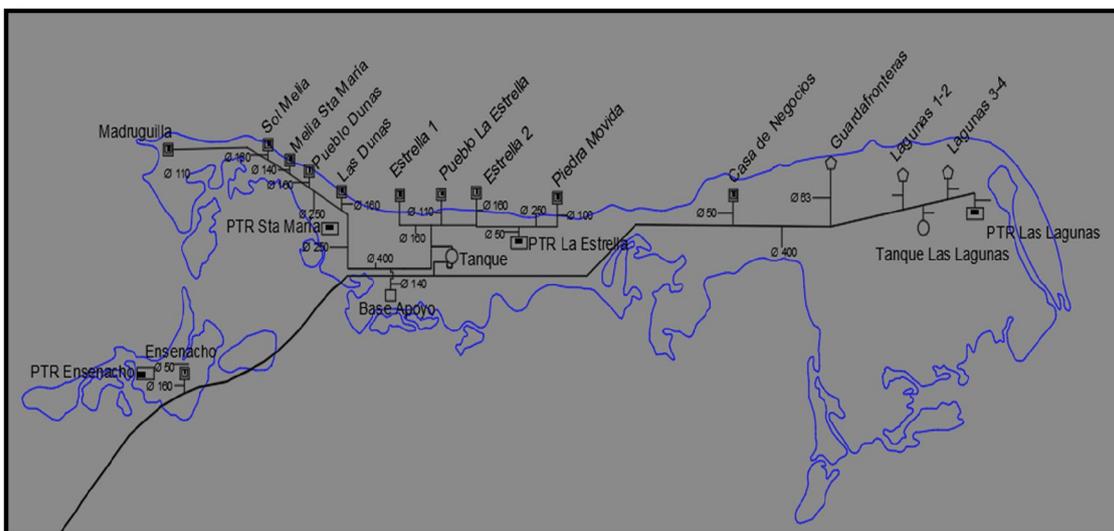


Figura 6. Croquis de la red de abasto de Cayo Santa María.

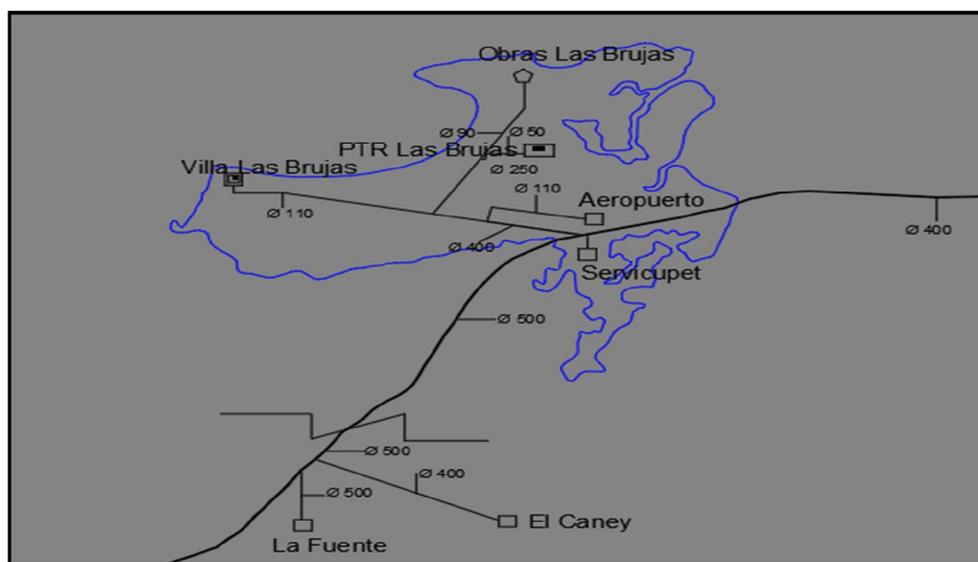


Figura 7. Croquis de la red de abasto de Cayo Santa María.

La empresa además es la encargada de brindar reparaciones y dar mantenimiento a los tanques de abastecimiento 1 el cual se encarga de brindarles servicio a la unidad

turística Las Dunas, La Estrella y Base Apoyo. El tanque 2 se encarga de brindar el servicio a la unidad turística las Lagunas.

Actualmente Cayo Santa María cuenta con 5 plantas de tratamiento residual cuya función es brindarle agua de reúso a los hoteles que lo necesiten en labores de jardinería y riego. La EAA cuenta además con un puesto de mando en el cual se realiza un control riguroso y constante a todos los elementos de los cuales es responsable esta empresa, dando un parte diario al director de ingeniería.

Conclusiones Parciales

A lo largo de este capítulo se ha hecho una pequeña reseña de los SIG, dando a conocer algunos de los más importantes, estableciendo ventajas y desventajas, dando ejemplos de estos en países extranjeros, así como en el nuestro.

Se pone de manifiesto la gestión integral del agua, tanto en acueductos como en la cuenca hidrográfica.

CAPITULO 2 Gestión Integral del Agua en la EAA Cayo Santa María.

Al dar comienzo a este capítulo se brinda la ubicación de las fuentes que gestiona la EAA, dando a conocer la cuenca a la cual pertenece. Esta relación: Cuenca-Fuente de Abasto -Sitio de Demanda, es importante para establecer conexiones entre las diferentes dinámicas que tienen lugar en cada uno de los sitios permitiendo establecer, en un futuro, programas de gestión de la demanda con enfoque sistémico (Sánchez, et. al, 2018). Finalmente se presenta una propuesta metodológica para la confección de un SIG en la EAA Cayo Santamaría y así asegurar la gestión integral del agua, contando con una serie de datos y conociendo los requerimientos necesarios para llevar a cabo esta tarea.

2.1 Ubicación de las fuentes de abasto de la EAA Cayo Santa María.

La región acuífera del Noreste de Villa Clara abarca un área de 1087 km² y se desarrolla en forma de franja con dirección Noroeste paralela a la Bahía de San Juan de los Remedios, desde el río Sagua la Chica por el Oeste hasta el límite con la provincia de Sancti Spíritus por el Este.

La región está conformada por la cuenca Dolores Sagua- La Chica (Figura 8), denominada como VC-I, la cual esta subdividida a su vez por los siguientes tramos hidrogeológicos: Figura. (Burgos and Ramos, 2006).

Tramo VC-I-1 Dolores-Chiqui Gómez.

Tramo VC-I-2 Buena Vista-Camajuaní.

Tramo VC-I-3 Área Costera.

Tramo VC-I-4 Vueltas-Viñas

Tramo VC-I-5.

Zona aledaña al Río Sagua La Chica.



Figura 8. Esquema de ubicación de la cuenca Dolores- Sagua La Chica

La sede social de la EAA en estudio pertenece al municipio de Caibarién, situándose en cayo Santa María (figura 9) y utilizando como fuentes de abasto La Fuente y El Caney pertenecientes al poblado de Dolores.



Figura 9: Foto Satelital Cayo Santamaría.

2.2 Procedimientos para el trabajo con un software SIG

- Determinación las funciones, problemas, las reglas que regirán los procesos, así como los objetivos y metas a desarrollar.

Para el trabajo con cualquier software SIG es necesario determinar la o las funciones que tendrá este, ya sea aplicado a la gestión urbana, redes de infraestructura, agricultura, gestión de acueductos entre otras. Siempre teniendo en cuenta los problemas existentes o que puedan ocurrir en el territorio o área en donde se implementará el SIG. Llevando a cabo un orden lógico y trabajando de forma organizada con el propósito de cumplir los objetivos y metas a desarrollar.

- Definición las exigencias de los usuarios externos e internos.

Para el trabajo es necesario definir desde el comienzo cuales son las exigencias que demandan tanto los usuarios externos como los internos. Los externos centrarán sus exigencias e intereses en los objetivos que deseen lograr y las exigencias internas se verán materializadas fundamentalmente en los equipos que se utilizarán para trabajar con este software SIG, la información necesaria y actualizada.

- Precisar los requerimientos de la información necesaria para el desarrollo del proceso.

Para el desarrollo del SIG es necesaria una gran cantidad de información, tanto cartográfica como numérica donde se encuentren todos los datos que serán utilizados, recalcando que toda esta información debe estar actualizada para lograr un resultado final con una gran calidad y precisión.

- Adquisición de la información, evaluación de ella y su digitalización.

Hay que señalar que al comenzar el trabajo con el software para el desarrollo del SIG aparecerá mucha información, la que tendrá que ser evaluada y depurada, para evitar trabajo innecesario. Luego se pasará a la digitalización de toda esta información conformando una gran BD.

-
- Implantación y distribución.

Asegurando todos los procedimientos anteriores y con mucho trabajo por parte del personal encargado de llevar a cabo la tarea de la confección del SIG, este está listo para su implantación y distribución en las distintas áreas.

En la creación de un SIG el primer paso que se debe seguir es la definición de las temáticas generales e indicar los objetivos. Los problemas de la investigación son: 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.(Hurtado, 2017)

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. (Rodriguez, 2002)

La toma de decisiones de cómo y por qué los datos del mundo que nos rodea y usuarios, debe representarse en cualquier tipo de SIG. Almacenando la información requerida que luego será desarrollada, esta información tendrá que ser diferenciada entre el almacenamiento de los atributos espacio temporales y los atributos relacionados con la geometría.

La estructura de datos depende de la BD y la tecnología SIG que se utilizará. A través de esta fase, con los datos que se dispongan se creará la base de datos.

Por lo antes expresado se puede llegar a la conclusión que para la creación del SIG será necesario:(Hurtado, 2017)

- 1- Seleccionar el software a utilizar.
- 2- Gestionar y Compatibilizar la información.
- 3- Seleccionar los campos de la BD.
- 4- Seleccionar las capas de trabajo
- 5- Anexar la BD a la representación espacial.

6- Planificar las consultas a realizar.

2.3 Diseño del SIG

El diseño nos brinda una forma para encontrar la estructura más adecuada de un SIG. Al hacer mención a la estructura solo se está refiriendo a las decisiones que serán adoptadas en la implementación del sistema en un ordenador, la cantidad de ficheros que serán utilizados, los campos que se definirán en cada fichero, la longitud que tendrá cada campo, el tipo de fichero que se usará, entre otros.

El diseño de cualquier SIG está compuesto por 3 fases o categorías conceptuales de modelo, las cuales son:(Rodríguez, 2002)

1. Diseño conceptual o semántico (Modelo conceptual)
2. Diseño lógico (Ficheros teóricos)
3. Diseño físico (Sistema real)

Al realizar el diseño conceptual o semántico, se pasa del mundo real al modelo semántico. Siendo una tarea esencialmente de entendimiento. En el proceso:(Rodríguez, 2002)

- 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.

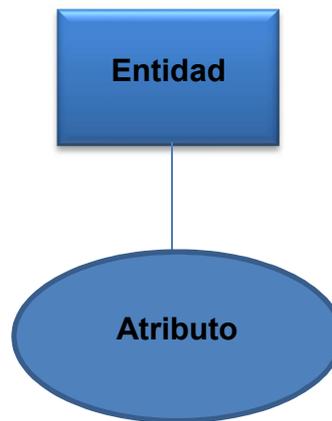
Este modelo constituye el más lingüístico, conceptual y narrativo de los 3. Siendo elaborado desde el punto de vista del usuario, se expresa en su mayoría por palabras y se obtiene como resultado final un diagrama.

En la confección de un SIG se fusionan los 3 diseños comenzando por el conceptual, identificando las entidades, así como los entes de la realidad que jugaran en nuestro

modelo un papel sustantivo, los atributos que jugaran un papel adjetivo y las relaciones.

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.

- Las entidades mediante rectángulos

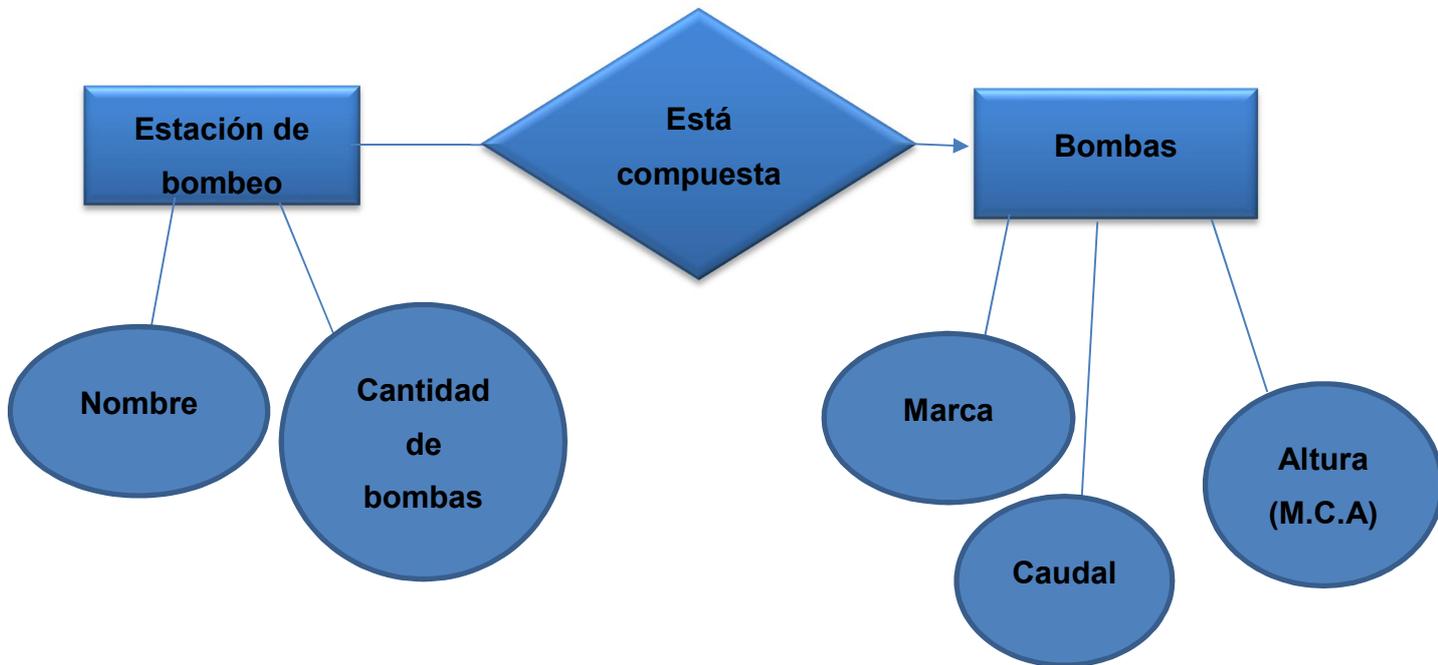


- Los atributos mediante círculos

- Las relaciones mediante rombos



Estas relaciones se pueden observar en el siguiente ejemplo:



En esta etapa se crean las relaciones de análisis existentes entre las bases de datos e información de la base cartográfica que se estudiará los cuales tendrán salida a través de los elementos utilizados para representar datos en el SIG.

O sea, se crearán las capas con las cuales se quiera trabajar representándolas a través de polígonos que contengan la información que se desee conocer de manera precisa, información que estará inmersa en la cantidad de subcapas que sean necesarias.

Al comenzar con el diseño lógico se pasa del modelo semántico al modelo lógico. En este proceso se cuida la versatilidad, o sea, la flexibilidad del sistema, constituyendo una tarea teórica.

En su proceso se:(Rodriguez, 2002)

- Diseñan los ficheros.
- Deciden las claves primarias y secundarias.
- Normalizan los ficheros.

-
- Consideran los flujos de información.

Su centro de atención fundamental lo constituyen los depósitos que contienen los datos y como se acceden a ellos, siendo elaborado desde la perspectiva del diseñador y expresado casi en su totalidad en papel.

Para la elaboración del SIG, confeccionamos los ficheros Gestores de Base de Datos (GBD) con toda la información recopilada de la EAA Cayo Santa María. Estos datos son almacenados en una BD que garantizará la organización del trabajo.

Aquí se componen los campos de trabajo con los cuales contará la BD, la ontología utilizada referencia a la formulación de definiciones de los diferentes campos de trabajo. Con el propósito de facilitar la comunicación e intercambio de información entre diferentes sistemas y entidades.

Para lograr la representación de los campos en la BD es necesario definirlos a través de un atributo, el cual constituye una descripción que define una propiedad de un elemento. Para mayor claridad, los atributos son considerados como metadatos, es decir datos que describen otros datos.

Al entablar el diseño físico se pasa del modelo lógico al modelo físico. En este paso se cuida al máximo la eficacia del sistema, dependiendo de la configuración software + hardware con que se disponga.

En su proceso se:

- Desnormalizan los ficheros.
- Adaptan a la carga de trabajo que han de soportar.
- Optimiza el sistema.

Su centro de atención fundamental lo componen los procesos concretos ejecutados contra los datos. Expresándose en su mayor parte en un ordenador, obteniendo como resultado final un conjunto de ficheros soportados por un software + hardware.

Los objetivos del diseño son:(Rodríguez, 2002)

- Que la BD sea completa, que contenga toda la información importante.

- 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.

Consideraciones a tener en cuenta en la base de datos.

- 1- La base de datos creada posee las herramientas para captura y manejo de información geográfica; y debe contener un soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.
- 2- Se velará que los elementos dentro de la celda no contengan errores (ni espacios después de la última letra escrita, tampoco acentos, ya que resulta más trabajoso a la hora de homogenizar la información, debido a que el software se encuentra en idioma inglés, u otros elementos que sean cero, por lo que es recomendable filtrar de mayor a menor para que los elementos de las columnas que posean valores de cero queden al final, las fracciones tienen que estar separadas por coma y no por puntos, ver que la tabla solo contenga valores y no fórmulas).
- 3- Definir el atributo del encabezado, es decir que cada celda de la base de datos contenga su formato específico en dependencia de lo que trate (texto, número)
- 4- Importar del Excel o Access para el software.
- 5- Es recomendable trabajar en la hoja Excel o Access con la creación de listas de datos y filtros para que pueda establecer un código de la información en la que sea declarado por datos alfanuméricos, para compactar la información y optimizar los análisis del SIG.

Para la confección de un SIG en la EAA Cayo Santa María es necesario realizar un estudio previo a la implantación el cual debe de estar encaminado a crear las condiciones necesarias para la introducción del SIG dentro de la empresa.

Dentro de estos estudios se debe realizar el de factibilidad, ya que la implantación del SIG supone una gran inversión, por lo cual los beneficios que aportarán este nuevo sistema deben estar bien claros para así incentivar al cambio.

En esta etapa se definen las todas las necesidades de información que son requeridas por el usuario referidas a redes y cartografía, dejando clara la infraestructura informática que se utilizará. Se debe contar además con levantamientos topográficos de la zona que se quiere elaborar el SIG, en el caso de no contar con ellos se deben utilizar equipos de detección de tuberías para el catastro de las redes y posterior geo-referenciación con equipos topogeodésicos.

Es preciso especificar con cual software se trabajará para la elaboración del SIG ya que existen varios softwares, lo cual estará en función de los recursos financieros y los objetivos a alcanzar.

2.4 Requerimientos en la cartografía a utilizar.

Para la futura implantación del SIG es obligatorio contar con un listado detallado de planos, mapas y documentos que representen fuentes de datos, dejando bien claro su escala, área geográfica que está ubicada, así como fechas de elaboración y mantenimientos realizados en los cuales se puedan haber cambiado la estructura.

Al concluir el estudio previo se procede a la confección del SIG para su futura implantación donde es imprescindible la adquisición de todo el equipo y las aplicaciones y programas informáticos necesarios, así como enriquecer al sistema con la cartografía correspondiente, lo que servirá de base para la geo referenciación de las redes.

La cartografía base con la que se trabajara en esta etapa debe de contar con algunos requerimientos, entre los que se encuentran:

Precisión milimétrica: esta determina el grado de exactitud en la ubicación espacial de los elementos. Al garantizar un alto nivel de precisión logramos un mantenimiento futuro más eficaz y exacto. Para las zonas urbanas se recomienda una precisión métrica óptima de 15 cm admitiendo un margen de tolerancia entre 15 y 30 cm. Las escalas recomendadas para llevar a cabo la geo referenciación son de 1:500 y 1:1000, obteniendo precisiones de 15 y 20 cm respectivamente.(Sánchez, 2012)

El contenido a utilizar lo determinará el que lleve a cabo el SIG, decidiendo cual será el subconjunto mínimo que se requerirá para la referenciación de las redes. Bordes de acera y fachadas, vértices geodésicos, cotas de altimetría, nombre de las calles constituyen los elementos más comunes que son empleados.

La estructura con la que se contará se debe de fijar, con el objetivo de facilitar la futura incorporación de la cartografía al SIG. Teniendo en cuenta desde la simbología hasta el contenido y estructura de las capas temáticas y ficheros resultantes.

El grado de actualización se mide en cuanto al año de realización de la cartografía. Generalmente se considera la cartografía desactualizada pasadas los 2 años de su realización, aunque este tiempo depende de la intensidad de la actividad urbanística.

Si la cartografía proviene de diversas fuentes se debe conocer la extensión que abarca, disponibilidad, así como las características métricas. Generalmente se adquiere la cartografía en formato CAD para solicitarse su entrega final en el formato SIG correspondiente.

Al comprobar que la cartografía que se utilizará cumple con todos los parámetros antes mencionados y preferentemente en formato CAD, comienza su introducción dentro de la aplicación SIG seleccionada. La cartografía en formato CAD es tan importante porque la mayoría de los softwares SIG permiten cargar a los elementos provenientes de herramientas en este formato.

Para el desarrollo del SIG también es necesario contar con el conocimiento preciso o lo más aproximado posible de la red de abastecimiento, además se debe contar con

las profundidades de esta para lograr una exactitud en cuanto a futuras reparaciones o roturas en la red.

Al contar con los datos de la red de abastecimiento se procederá a buscar los datos referentes a los registros de alcantarillado y drenaje, determinando el tipo de red, diámetros de los colectores de entrada y salida, el material utilizado y la profundidad a la que se encuentran, además se debe conocer las profundidades de los registros, así como el sentido de circulación de las aguas.

La ubicación real de cada acometida o entronque físico es fundamental identificando a los usuarios que utilizan cada acometida, ya que en el caso de la EAA Cayo Santa María los usuarios a los que abastece son hoteles y grandes obras por lo que el consumo de agua en estas es elevado.

En general, todos los levantamientos topográficos con los que se disponga para ser utilizados en la confección del SIG deben tener en cuenta:(Sánchez, 2012)

- Que contengan la información necesaria de la red.
- Que los elementos que están ubicados en la red se encuentren correctamente geo referenciados.
- Que los croquis con los que se cuente sean legibles.

Llegado a este punto se contará con información gráfica y alfanumérica siendo estructurada al formato de las plantillas del modelo de datos adoptados, transformando esta información a formato SIG. Aquí se depura toda la información con la que se cuenta, se ejecutan chequeos de elementos sueltos y otros que están duplicados, corrigiendo los errores que pudo haber cometido el operador. Esta depuración será más fácil si los datos, levantamientos e información la cual se digitalizó sean de calidad.

2.5 Datos de interés para la confección del SIG en la EAA Cayo Santa María

El abasto de agua a todas las instalaciones turísticas y de apoyo de la Cayería se efectúa a través de pozos, las fuentes de abasto a ser utilizadas son 2: Fuente N° 1

“La Fuente” y Fuente N° 2 “El Caney”, cada una cuenta con 2 pozos, uno de trabajo y otro de reserva activa, el caudal máximo que se recomendó para cada Fuente era de 75,00 l/s, siendo de 150 l/s el caudal máximo a trasvasar.

Las tablas 4-5 muestran el funcionamiento de las estaciones de bombeo La Fuente y El Caney sin afectación en ninguna de las dos instalaciones.

Tabla 4: Estación de bombeo La Fuente.

Bomba							
Marca	Modelo	Tipo	# Imp	Q(L/S)	H(m)	Efic(%)	País
Grundfos	SP 215-4AA		3	75	120	75	
Wilo	TWI-5-1821 C/5A		3	38	116	75	

Tabla 5: Estación de bombeo El Caney.

Bomba							
Marca	Modelo	Tipo	# Imp	Q(L/S)	H(m)	Efic(%)	País
KSB	UPA 300-65/3A		3	80	112.3	75	Alemania
KSB	UPA 300-65/3A		3	80	112.3	75	Alemania

En la figura 10 se muestran las bombas en la estación de bombeo la Fuente:



Figura 10. Bombas en la estación de bombeo La Fuente.

La conductora tiene su origen en las estaciones de bombeo La Fuente y El Caney llegando hasta el tanque de regulación N° 1, abasteciendo a los polos turísticos de las

Dunas y la Estrella, continuando hasta el tanque de regulación N° 2 el cual abastece al polo turístico de Lagunas del Este.

En la Tabla 6 se pueden observar los diámetros, la longitud, el material, el año de construcción, así como el estado técnico de la conductora y su longitud.

Tabla 6: Características de la conductora.

Conductora				
D(mm)	L(m)	Material	Est Técnico	Año Const.
350	749	PVC	Bueno	2002
350	20	Acero	Bueno	2002
400	12810	PEAD	Bueno	2002
500	5158	F.Vidrio	Bueno	2002
400	642	F.Vidrio	Bueno	2002
450	10321	PVC	Bueno	2002
500	35400	PEAD	Bueno	2002
Total	65100 m			

Las figuras 11 y 12 muestran dos de los materiales que conforman la conductora hacia Cayo Santa María.



Figura 11. Tubería de PEAD utilizada en la conductora



Figura 12. Tubería de acero utilizada en la conductora

En la tabla 7 se se especifican otros datos técnicos de la red.

Tabla 7: Datos Técnicos de la red

Drenaje			Válvulas de Control			Válvulas de Aire		
Cantidad	Material	Estado técnico	Cantidad	Material	Estado técnico	Cantidad	Material	Estado técnico
						2	Hierro	Regular
14	Hierro	Bueno	3	Hierro	Regular	7	Hierro	Regular
13	PVC	Regular	4	Hierro	Regular	15	Hierro	Regular
43	Hierro	Regular	11	Hierro	Regular	61	Hierro	Regular
70			18			85		

La Estación de Rebombeo Cayo Las Brujas está ubicada en el cayo homónimo y tiene como objetivo permitir la conducción aproximada de 145 l/s de este cayo en adelante sin necesidad de realizar cambios en la conductora. Esta estación de bombeo funcionará simultáneamente con la Estación de Bombeo La Fuente y con la Estación de Bombeo El Caney.



Figura 13. Bombas ubicadas en la estación de rebombeo Las Brujas.

En las Tablas 8 y 9 se muestran algunas características de las 3 bombas ubicadas en la estación de rebombeo Las Brujas:

Tablas 7 y 8: Características de la estación de rebombeo Cayo Las Brujas y de la curva de trabajo de las bombas respectivamente.

Tabla 8: Características de la estación de rebombeo Cayo Las Brujas

Marca	Modelo	Tipo	# impele ntes	Q(l/s)	H(m)	Eficien cia(%)	País
Caprari	E12S55 NW/1Z	MAC85 0-9	2	70	35	85	Italia
Caprari	E12S55 NW/1Z	MAC85 010	2	70	35	85	Italia
Caprari	E12S55 NW/1Z	MAC85 011	2	70	35	85	Italia

Tabla 9: Curva de Trabajo de las Bombas Cayo Las Brujas.

Q (L/s)	H (m.c.a.)	H (%)	N (kW)
0	44,4	0	23
40	43,3	68	25
45	42,6	70	27,8
50	41,8	74	28,6
55	41,1	75,6	30
60	40	76,1	31
65	38	76,8	33,1
70	37	77,7	32,6
75	34	77,7	33

El tanque de distribución número 1 cuenta con una capacidad de 2800 m³ el cual se encarga de distribuir el agua a los siguientes usuarios:

- Base de Apoyo
- Unidad Turística Las Dunas
- Unidad Turística La Estrella

Este tanque de distribución cuenta con 2 módulos de 1400 m³ de volumen cada uno.

En la Tabla 10 se muestran los datos del tanque de distribución número 1:

Tabla 10: Datos del tanque de distribución número 1.

Depósito	Cantidad de módulos	Cota de fondo	Nivel agua contra incendio	Nivel agua máximo	Cota entrada	Altura máxima del agua	Volumen contra incendio	Volumen Total
Tanque de distribución 1	2	15m	15,17m	19,20m	19.4m	4,20m	115m ³	2800m ³

El tanque de distribución 2 se alimenta desde la conductora principal procedente de las estaciones de bombeo en tierra firme. Este tanque tiene una altura de 5 m, encargándose de la distribución del agua a la Unidad Turística de Las Lagunas.

En la Tabla 11 se muestran los datos del tanque de distribución número 2:

Tabla 11: Datos del tanque de distribución número 2

Depósito	Cantidad de módulos	Cota de fondo	Nivel agua contra incendio	Nivel agua máximo	Cota entrada	Altura máxima del agua	Volumen contra incendio	Volumen Total
Tanque de distribución 2	1	15m	15,17m	20 m	20,2 m	4,20m	105m3	2400 m3

La EAA Cayo Santa María se encarga de controlar el sistema de abasto diariamente cada 4 horas asegurando que las estaciones de bombeo se encuentran en óptimo estado, realizando un control sistemático se prevé cualquier mal funcionamiento o rotura que pueda ocurrir tanto en La Fuente como en El Caney. Los parámetros que son controlados se Muestran en la Tabla 12:

Tabla 12: Control del sistema de abasto.

	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			2		3		4		5		6	
2	Instalación	Caney	Fuente	Caney								
3	Hora de la medición	AM	7:00 AM									
4	Bomba trabajando	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Presión de salida (bomba)	11,4	9,4	11,1	8,4	8,9	8,4	8,9	8,5	8,7	8,3	8,9
6	Presión en conductora	10	8,9	9,7	8	8,6	8	8,6	7,8	8,4	8	8,6
7	caudal salida	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
8	Voltaje	442	457	449	456	449	452	443	457	452	456	448
9	AMP mp204	215	180	210	182	170	182	168	182	166	182	170
10	Arrancador suave											
11	Cloro residual		2,5		2,5		2,5		2,5		2,5	

La tabla 13 muestra el parte de existencia y cobertura, en donde se realiza un riguroso control diario a todos los usuarios que están recibiendo los servicios de la EAA Cayo Santa María.

Tabla 13: Parte de existencia y cobertura.

2	Fecha 31/12/2017	Ocupación				Cumplimiento de las Normas establecidas					Cisternas de Clientes				
	CLIENTES	TOTAL HAB.	HAB. OCUP.	CLIENTES	% de Ocupac.	Índice Norma (m ³)	Norma Día X Hab. Exist. (m ³)	Norma Día X Hab. Ocup. (m ³)	CONSUMO	Cumplimiento de la Norma X Hab. Ocupadas	CAP. CISTERNA	EXIST.	% LLENADO	Cob. Días X Hab. Ocup.	Cobertura en horas (Parte de Gaviota)
4	H.SOL MELIA	301	129	317	43	0,968	291	125	948	7,6	1200	900	75,0	7,2	36
5	H.MELIA	360	268	566	74	1,325	477	355	220	0,6	600	400	66,7	1,1	29
6	H.LAS DUNAS	925	543	1351	59	1,208	1117	656	1200	1,8	1500	1350	90,0	2,1	23
7	H.ESTR I	1368	330	635	24	0,986	1349	325	633	1,9	2400	1618	67,4	5,0	36
8	H.ESTR II	1386	434	956	31	0,988	1369	429	607	1,4	2400	1090	45,4	2,5	24
9	H.PLANTA REAL	122	96	182	79	1,059	129	102	131	1,3	280	280	100,0	2,8	24

La empresa cuenta además con una toma de llenado de pipa, lo que es muy importante para satisfacer las necesidades en caso de alguna rotura grave en la conductora o para satisfacer las necesidades de los pueblos cercanos. La tabla 14 nos muestra el parte de pipa:

Tabla 14: Parte toma de pipa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	PARTE TOMA DE PIPA	Diciembre																	
2	CLIENTE	U/M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	CAMPAÑA L. VILLAS	M ³				4													
4	ECOT UBAH	M ³	11	101			91	36	14	38	52		31	12	61	28	34	72	
5	SERMAR	M ³	5				8				8		8	8		8		8	
6	Farallon (Brujas)	M ³													8				
7	Bomberos	M ³																	
8	Bachiplan	M ³				13	16												
9	UBCI	M ³																	
10	Guardafrontera	M ³																	
11	Laguna 5	M ³	17	8	8	14	18	24	16	16	8		13	14	17	17	8	16	
12	ETECSA	M ³																	
13	Casa de Negocios	M ³																	

La EAA cuenta además con una red de saneamiento en excelentes condiciones, siendo responsables de 5 plantas de tratamiento residual, cuya función es tratar toda el agua de residual proveniente de los usuarios que atiende la empresa.

En la tabla 15 se encuentran distribuidos por meses los volúmenes de reúso a lo largo del 2017, siendo utilizado fundamentalmente en la jardinería de los hoteles.

Tabla 15: Volumen de reúso.

CLIENTES/FECHA	Volumen de Cisterna de Reuso	VOLUMEN DE REUSO ENTREGADO(m3/mes)												Total
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
PIEDRA MOVIDA	160	405	137	310	1094	836	817	778	980	116	0	753	719	6945
ESTRELLA 2	120	3188	4506	7717	8220	11570	7231	6395	5880	804	0	114	689	56314
P. REAL	144	451	458	398	233	616	742	860	517	0	0	870	1038	6183
ESTRELLA 1	120	534	1557	946	1639	3204	1991	1715	1657	321	0	213	620	14397
DUNAS 3-4	40	2034	1018	1356	927	576	225	143	729	409	0	1082	2110	10609
Dunas V	100	406	48	261	103	133	153	267	131	7	0	30	30	1569
MELIA	125	23	16	55	750	690	406	400	340	120	0	134	279	3213
SOL CAYO STA. MARÍA	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENSENACHOS	70	1858	1606	2068	2552	1767	1862	2367	2117	479	0	140	1860	18676
Valentin	75	191	213	1134	921	2221	3478	4453	3703	193	0	521	48	17076
Buenavista	20	0	0	56	743	1059	384	375	332	200	0	136	122	3407
Paisajismo(PTR Estrella)		42	24	47	227	313	352	262	82	11	0	378	172	1910
Warwick	110	422	127	200	78	166	47	96	598	453	0	104	169	2460
Casa del Mar	110	4155	2330	1435	1016	92	3951	2363	2833	801	0	2688	3829	25493
Pueblo Lagunas	10	0	1	65	133	135	31	67	56	4	0	66	0	558
TOTAL		1396	13709	12041	16048	18636	23378	21670	20541	19955	3918	0	7229	11685



Figura 16. Planta de tratamiento residual las Dunas

Conclusiones parciales

Al desarrollar este capítulo se ha ubicado la EAA Cayo Santa María, dando a conocer sus fuentes de abasto, así como la cuenca a la que pertenecen. Ofreciendo finalmente datos reales de la empresa en labores de abasto y saneamiento.

CAPITULO 3: SIG para la GIA en EAA Cayo Santamaría.

Al poseer toda la información cartográfica de la zona confirmando que esta esté correcta para llegar a la confección del SIG en la EAA Cayo Santa María, es necesario conformar una BD que contenga la información recopilada de los clientes de los que se ocupa esta empresa. Con el almacenamiento de estos datos en la BD se asegura una mayor organización en el trabajo.

3.1 Datos necesarios para un SIG de acueducto

Se establecerán las relaciones entre la BD y la información que está contenida en la base cartográfica con la cual se disponga.

Se hace necesario organizar los datos que intervienen en la GIAU dentro de una empresa de acueducto. Se toma como principal referencia, la experiencia de la Empresa Aguas de La Habana con su aplicativo GisAgua. Aguas de La Habana gestiona el ciclo integral del agua urbana a través de la administración de una Base de Datos geo-referenciada que agrupa información sobre Cartografía, Abastecimiento y Saneamiento (INBO & UNESCO, 2018).

Otra referencia importante lo constituye el instructivo para la implementación del HidroSIG en los temas abasto y saneamiento. El instructivo traza las líneas de trabajo para la ejecución de tareas que aseguren la digitalización de las infraestructuras y actividades de abasto y saneamiento con el objetivo de conocer el escenario real del país y acceder por la vía más expedita al mejoramiento de la gestión de los indicadores que sirven al control de los procesos productivos del sistema INRH (GeoCuba, 2016).

Estar en línea con ambas iniciativas contribuye a lograr una interoperabilidad entre diferentes sistemas que responden a iguales intereses. De igual manera, contribuye a la no repetición de información y a la validación de la calidad de indicadores. Será necesario también trabajar en los Metadatos (datos de los datos) de la información para lograr confiabilidad sobre los mismos.

Finalmente, se presenta una estructura vectorial compuesta por tres grandes BBDD y adaptada a partir de las referencias antes comentadas:

- Cartografía: agrupa todos los elementos necesarios, desde el punto de vista cartográfico, para geo-referenciar la infraestructura y elaborar planes de gestión, administración, evaluación y operación del sistema.
- Abastecimiento: agrupa toda la infraestructura de acueducto, así como elementos necesarios para su gestión.
- Saneamiento: agrupa toda la infraestructura de saneamiento y drenaje pluvial, así como elementos necesarios para su gestión.

La BD creada será conformada por sistemas con lenguajes y sub-sistemas que atienden al almacenamiento, definición y gestión de la BD. El proceso tiene como objetivo la obtención de resultados a partir de datos logrando un apropiado marco computacional fundamental para que este modelo de datos se ejecute.

Las tres grandes BBDD se estructuran a partir de geometrías vectoriales que describen puntos, líneas y polígonos en función de la escala de representación y las características topológicas que se quieran lograr. El Anexo # 1 describe todos los datos necesarios con sus características geométricas y alfanuméricas. Es importante acotar que en el Anexo se establece Prioridad para la información. La Prioridad está en función de su importancia para lograr un SIG para gestionar un acueducto completo y operativo. Como se puede observar el volumen de datos que se necesita para llevar a cabo el SIG en la EAA Cayo Santa María es muy denso. Por lo que se debe insistir en la recolección de toda la información necesaria y actualizada para que la tarea a cumplir se logre de forma satisfactoria.

3.2 Software a utilizar.

El software propuesto para la confección del SIG en la EAA Cayo Santa María es el QGIS ya que su licencia no tiene costo alguno, su operación es sencilla y ha sido planteado su uso por otras iniciativas para la gestión y administración de datos geo-

referenciados sobre recursos hídricos (Fernández, et. al, 2018 & Ramírez, et. al, 2016). Por otro lado, es un software que se encuentra en constante desarrollo al ser de código libre lo cual facilita la incorporación de módulos programables y específicos para la gestión de acueductos.

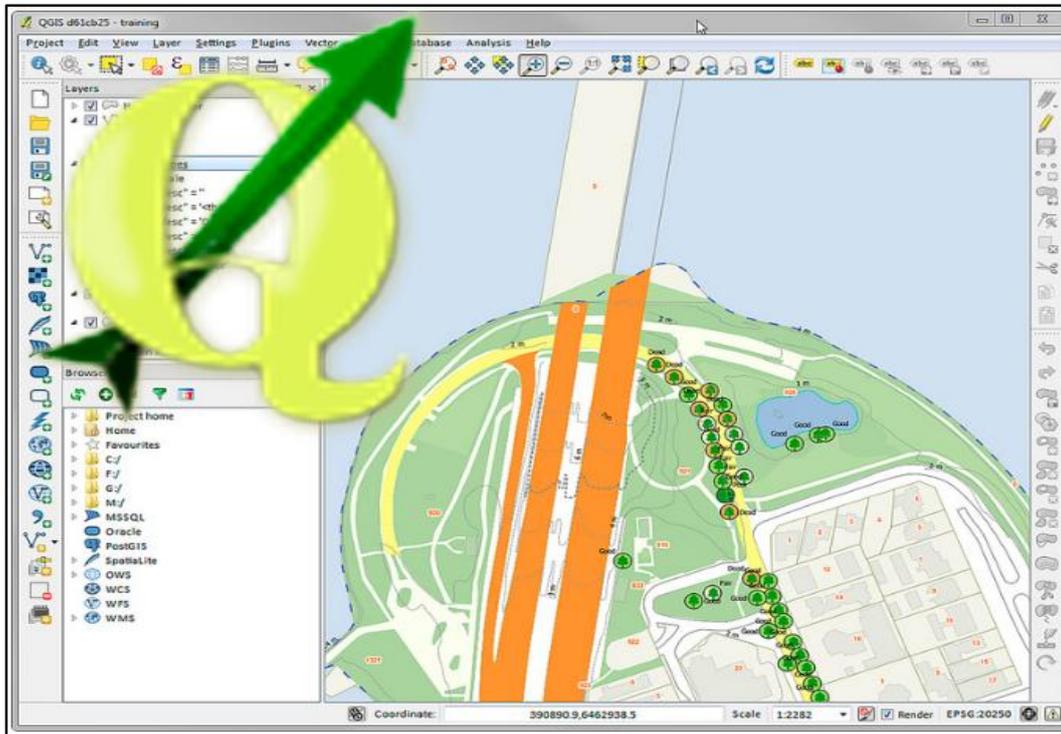


Figura 14. Interfaz del QGIS

Cuenta con una inmensa ayuda y una gran documentación disponible a cualquier usuario. Está disponible para la mayoría de las plataformas Windows, Unix e IOS.

QGIS brinda una progresiva gama de capacidades por medio de sus funciones básicas y los complementos que posee. Logra visualizar, editar, analizar y gestionar datos, siendo además capaz de diseñar mapas con salidas para la impresión.

Dentro de sus principales características se encuentran según(Albert, 2014):

1. Visualización y vector de superposición y de datos de trama en diferentes formatos y proyecciones, sin conversión a un formato interno o común.

Los formatos soportados son:

-
- Espacio habilitado para las tablas PostgreSQL con PostGIS y Spatialite.
 - La mayoría de los formatos vectoriales con el apoyo de la biblioteca OGR *, incluyendo ESRI shapefiles, MapInfo, SDTS y GML.
 - Formatos de mapa de bits con el apoyo de la biblioteca de GDAL *, tales como modelos de elevación digital, la fotografía aérea o imágenes Landsat.
 - Lugares de GRASS y mapsets.
 - En la línea de datos espaciales se desempeñó como OGC-WMS compatible.

2. Creación de mapas y explorar interactivamente los datos espaciales con una interfaz gráfica de usuario.

Las muchas herramientas útiles disponibles en la interfaz gráfica de usuario incluyen:

- Proyección de volar
- Compositor de impresión
- Panel de vista
- Marcadores espaciales
- Identificar y seleccionar las características
- Editar / Ver / atributos de búsqueda
- Característica de etiquetado
- Superposición de diagrama de vectores
- Vector de cambio y la simbología de trama
- Añadir una capa de retícula
- Decorar tu mapa con una flecha al norte, la barra de escala y la etiqueta de derecho de autor
- Guardar y restaurar los proyectos.

3. Creación, edición y exportación de datos espaciales usando:

- Herramientas para la digitalización de GRASS y formatos shapefile
- El plugin georeferencer.

-
- Herramientas de GPS para la importación y exportación en formato GPX, convertir otros formatos de GPS para GPX, o bajar / subir directamente a una unidad de GPS
4. Realizar el análisis espacial utilizando el plugin para fTools Shapefiles o el plugin de GRASS integrado, incluyendo:
- Álgebra de mapas
 - Análisis del terreno
 - Modelos hidrológicos
 - Análisis de redes
5. Servidor de QGIS: Publica capas y proyectos de QGIS como OGC compatibles con servicios Web Map Service (WMS, por sus siglas en inglés) y Web Feature Service (WFS, por sus siglas en inglés). Controla cuales capas, atributos, planos y sistemas de coordenadas son exportados.
6. Publica mapas en Internet utilizando la capacidad de exportación a archivo de asignaciones (requiere un servidor con UMN MapServer instalado). De igual manera, es posible la publicación de proyectos de QGIS en la web con facilidad.

3.3 Aplicaciones del SIG en la EAA Cayo Santa María.

Las aplicaciones que tienen los SIG a nivel mundial son diversas, entre las que se encuentran:

1. Agricultura y usos del suelo
2. Forestales y de espacios protegidos
3. Arqueología
4. Cartografía
5. Redes de infraestructura
6. Gestión urbana
7. Planificación social

El SIG propuesto para la gestión de la EAA Cayo Santamaría contribuirá, desde la perspectiva de la gestión integral del sistema de acueducto, a lograr una sinergia entre las aplicaciones antes mencionadas al proveer indicadores de calidad, administración y evaluación del agua y su disposición al medio una vez consumida. Será capaz de mantener el monitoreo de la cantidad de agua que se extraerá de los pozos con el objetivo de no afectar las propiedades de los suelos en esta zona, ya que en ella se practica la agricultura y la ganadería. Garantizará entonces, que la flora y la fauna de este territorio, así como los ecosistemas se mantengan en perfecto estado, asegurando así el buen estado de la cuenca hidrográfica.

Otra aplicación con la que contará el SIG a diseñar será el monitoreo continuo y riguroso de la red hidráulica en Cayo Santa María, la cual cuenta con grandes tramos de tuberías de materiales como acero, PVC, PEAD y Fibra de Vidrio. Previendo así cualquier falla que pueda ocurrir durante el abasto a los usuarios. Donde en caso de rotura se pueda localizar el o los problemas de una forma rápida, agilizando la respuesta. Esto contribuirá a tomar decisiones a partir del grado de información integral con la que cuenta el GIS (materiales, profundidades y posibles alternativas de operación para minimizar el impacto).

Otra aplicación con la que contará este SIG será la diferenciación de las válvulas de manipulación con todos los datos que posibilitan su operatividad a lo largo de este territorio. Podrán ser seguidos los horarios de distribución de agua, actualizando estos temas mensualmente y posibilitando la realización de análisis cuyo objetivo no es más que la eliminación de las faltas de agua puntuales o las producidas por la sequía.

Lo expuesto anteriormente permite realizar la autogestión de las redes de abastecimiento en momentos de una sequía intensa que requiere de frecuentes cambios de circuitos con el propósito de garantizarle el agua a toda la infraestructura hotelera de Cayo Santa María y sus demás usuarios.

La red de saneamiento será también monitoreada de forma rigurosa y continua, ya que cualquier fuga o desecho verterá directo al mar, afectando la flora y la fauna marina,

rompiendo la armonía de los ecosistemas existentes en la zona y dañando las hermosas playas del polo turístico.

El agua residual de Cayo Santa María va camino a alguna de las 5 plantas de tratamiento residual ubicadas en el Cayo, las cuales se encargan de tratar esta agua de desecho para luego ser reutilizadas en labores de riego y jardinería en los hoteles que lo necesiten.

Se han podido ver las aplicaciones con las cuales podrá contar el SIG en la EAA Cayo Santa María el cual será un gran paso de avance para lograr la gestión integral del agua, concepto que se está manejando desde las más altas esferas del mundo desarrollado y que se está luchando por llevar a cabo en nuestro país. La aplicación del SIG en la EAA objeto de estudio, contribuirá a tener un sistema de acueducto resiliente y conectado con la gestión integral del agua con enfoque de cuenca. Por otro lado, contribuirá al desarrollo sostenible y sustentable en armonía con la naturaleza dentro del polo turístico.

3.4 Limitaciones actuales

Las limitaciones actuales para lograr un plan efectivo de implantación y desarrollo SIG en la EAA Cayo Santamaría son:

1. Ausencia total o parcial de información en algunas zonas, desconociendo información física de elementos que se encuentra en la red, incluyendo su ubicación geográfica.
2. Escasa digitalización de la información de los elementos de la red (diámetros, longitudes, fechas de puesta en operación, entre otras) debido a que la mayoría de la información está guardada en planos de obra u hojas de esquina.
3. La información espacial se encuentra dispersa en distintos planos topográficos donde se aprecian 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.

-
4. La cartografía de la red no está actualizada o es poco fiable Esta problemática se hizo más evidente a partir de las modificaciones efectuadas después del impacto del Huracán Irma que no quedaron reflejadas en ningún plano (digital o impreso).
 5. Carencia de datos sobre materiales, diámetros, estado de conservación. Como se mencionó anteriormente con estas últimas reparaciones, se realizaron grandes cambios que no quedaron reflejados en ningún plano, por lo que la información con la que se contaba anteriormente ya está desactualizada.
 6. Insuficiente información sobre operaciones de mantenimiento y generalmente mal estructurada. Esto es un mal que afecta a nuestro país, ya que en la mayoría de las ocasiones no se informan de los mantenimientos realizados en la red.
 7. La componente Hardware es una de las limitaciones actuales. Será necesario trabajar en la mejora tecnológica de la infraestructura informática a partir de los requerimientos y prestaciones de las PC para soportar los softwares SIG.
 8. El desconocimiento de los procesos SIG por parte del personal operador, es una de las limitaciones. Deberá trabajarse en la capacitación del personal.

Aunque existen grandes limitaciones actuales el SIG en la EAA Cayo Santa María logrará:

- Una notable mejora en la calidad del servicio a los usuarios ubicados en el polo turístico, asegurando una gestión eficaz de cualquier problema que pueda ocurrir en la red de abasto.
- Simplifica las labores de mantenimiento y operación, permitiendo mejorar la planificación de los trabajos en la red, detectando problemas puntuales en la red de abasto y saneamiento reduciendo y los costos de mantenimiento de la empresa.
- Agrupar en una única plataforma, partiendo de la creación de BD georreferenciadas con parámetros comunes, manejando informaciones de

distintas fuentes como: imágenes de satélite, mapas topográficos, fotografías aéreas entre otros, toda la base de gestión del acueducto.

- Representar, modelar y analizar de forma integrada en un mismo espacio y tiempo, componentes naturales, procesos y otros elementos de interés con componente geo espacial.
- Integrar la gestión del agua con programas de desarrollo eco sistémico con vistas mitigar los impactos del Cambio Climático y lograr un sistema resiliente.
- Contribuir a análisis de planeamiento a corto, mediano y largo plazo en el polo turístico.
- Lograr una mejora tecnológica en el sistema a partir de la introducción de tecnologías emergentes para la gestión del agua.

Conclusiones Parciales

Se han dado a conocer los principales datos que son necesarios para la confección del SIG en la EAA Cayo Santa María, definiendo el software a utilizar, brindando las principales limitaciones y aplicaciones actuales que nos puede brindar el SIG.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se conformó una propuesta metodológica para la gestión integral del agua en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cayo Santa María mediante un Sistema de Información Geográfica.
2. Se diseñaron conceptualmente los principales elementos del Sistema de Información Geográfica para lograr la integralidad de la propuesta planteada.
3. Se establecieron las limitaciones actuales para la confección del Sistema de Información Geográfica en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cayo Santa María.

RECOMENDACIONES

1. Ejecutar la propuesta planteada sobre el SIG en la EAA Cayo Santa María.
2. Actualizar la cartografía a escala 1:500 de los elementos que conforman la EAA Cayo Santa María.
3. Mantener actualizados los datos referentes a la red de abasto y saneamiento en la EAA Cayo Santa María.

Bibliografía

Cubillo F., (2012), *“Gestión del Agua Urbana 5ta Edición. Módulo 1: Agua, sostenibilidad y desarrollo: Conceptos Generales”*. Canal Isabel II Gestión S.A. Madrid, España.

GWP, (2011), *“Hacia una gestión integrada de aguas urbanas”*, Global Water Partnership. Drottningatan 33 SE-111 51 Stockholm, SWEDEN; disponible en: www.gwptoolbox.org

INRH, 2017, *“Propuesta de reordenamiento de los servicios de abasto de agua y saneamiento a la población”*. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. La Habana, Cuba.

IWA [a], (30 de abril de 2018). *“Los principios de la IWA para las ciudades “water-wise”*, IWA-Network. International Water Association. London SW1H 0QS United Kingdom. Obtenido de http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/06/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_screen_SP-1.pdf

IWA [b], 2018, *“Buenos Aires Report: Conclusions, Key Messages and Outcomes”*. Water and Development Congress & Exhibition 2017. International Water Association. London SW1H 0QS United Kingdom. Disponible en <http://www.iwa-network.org/publications/buenos-aires-report/>

Sánchez, Y. (2014) *“Gestión Integral del Agua Urbana mediante SIG, perspectivas para su desarrollo en Cuba”*. III Convención Internacional de Ingenierías en Cuba, Varadero, Cuba. ISBN: 978-959-247-128-3 Editorial Obras.

ACUACAR 2011. Implementación y masificación del uso de los GIS: experiencia en aguas de Cartagena.

ALBERT. 2014. *Qué es Quantum GIS y por qué utilizarlo* [Online].

CRUZ, Y. S. & NÚÑEZ, M. A. 2012. Gestión del agua urbana mediante Análisis Espacial en los SIG. *Mi SciELO*.

FERNÁNDEZ, J. L. C., PÉREZ, R. F., IGLESIAS, R. C., LUGONES, L. B. & AGUILA, L. P. HIDROSIG, UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA IDE DE RECURSOS HIDRÁULICOS. XVII Convención y Feria Internacional de Informática, 2018 La Habana, Cuba. .

FERNÁNDEZ, J. M. G. & DÍAZ, J. B. G. 2015. *LA GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN CUBA*, La Habana, Cuba.

GARCIA, H. A. G. 2011. *Sistemas de Información Geográficos* [Online]. Available: <https://sigarcgis/home> [Accessed 2 septiembre].

GIL, H. A. & HERNÁNDEZ, M. D. L. Á. R. 2015. Gestión integral del agua desde un enfoque social hacia una economía ecológica. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*.

GIRONA, U. D. 2017. *¿Qué software y herramientas de SIG utilizamos?* [Online]. Available: *¿Qué software y herramientas de SIG utilizamos UNIGIS Girona. Formación online de profesionales en SIG.html*.

HURTADO, F. G. 2017. *Sistema de Gestión de las instalaciones hidrosanitarias interiores en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*. UCLV Las Villas.

MOLINA, D. R., LÓPEZ, R. S. & GONZÁLEZ, J. E. P. 2016. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO HIDROCUBA. XVI *Convención y Feria Internacional de Informática*. La Habana, Cuba. .

MORALES, M. P. C. M. J. D. A. C. J. D. R. M. O. D. S. 2018. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO PARA LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA*. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

NÚÑEZ, M. A. & CRUZ, Y. S. 2012. Gestión de acueducto y alcantarillado mediante sistemas de información geográfica. *Mi SciELO*.

RODRIGUEZ, A. 2002. *Sistemas de Información Geográfica Modulo 2*.

SÁNCHEZ, Y. 2012. Análisis Espacial en los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en la gestión de acueductos. La Habana, Cuba.: Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas de La Habana.

SARRÍA, F. A. 2008. *Sistemas de Información Geográfica*.

SENDRA, J. B. 2000. *Sistemas de Información Geográfica*.

AcuaCar, (2011). *Implementación y masificación del uso de los GIS: experiencia en aguas de Cartagena*. Curso de capacitación para usuarios GIS en Aguas de La Habana. La Habana, Cuba.

Sánchez et. al. (2018). *Bases conceptuales para la administración y evaluación del agua en la cuenca subterránea Vento*, en: *Revista Hidrolatinoamericana*, Vol. 2 (2018) ISSN: 2520-2960-IAHR

Sánchez, Y. (2012). Análisis Espacial en los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en la gestión de acueductos. La Habana, Cuba., Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas de La Habana.

Anexos

Anexo 1.

Base de Datos	Layer	Prioridad	Geometría	Descripción	Observaciones	Información alfa-numérica															
						Campo 1				Campo 2				Campo 3				Campo 4			
						Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática
Cartografía	Cot_alt	2	Punto	Cotas altimétricas	-	Cota	String	Cota Altimétrica (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C_Base	1	Línea	Cartografía Base: Contorno de viales, límites de propiedad, puentes, etc.	Se recomiendan escalas de precisión 1:500 o 1:1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hidrografía	3	Línea	Ríos	-	Nombre	String	Nombre del río	-	Tipo	String	Clasificación	*Permanente *Impermanente *Zanaja	Contaminación	String	Grado de contaminación	*Contaminado *No contaminado	Tipo de contaminación	String	Origen de la contaminación	*Resid. doméstico *Residual Industrial
	Calle	1	Línea	Líneas por el eje de los viales para identificar los nombres de las calles	Se recomienda cortar las líneas de calles en las intersecciones	Nombre	String	Nombre de Calle	-	Longitud	String	Longitud del Tramo de Calle (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuenca_Hid	3	Polígono	Polígonos que enmarca el límite de una Cuenca Hidrográfica	-	Nombre	String	Nombre de la cuenca	-	Área	Número	Área de la Cuenca	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Edificaciones	2	Polígono	Polígonos que describen la infraestructura civil	-	Uso	String	Uso de las edificaciones	*Hotel *Organismo *Servicios *Otros Usos	Nombre	String	Nombre de la entidad	-	Área	Número	Área de la edificación	-	-	-	-	-

Anexo 2.

Base de Datos	Layer	Prioridad	Geometría	Descripción	Observaciones	Información alfa-numérica															
						Campo 1				Campo 2				Campo 3				Campo 4			
						Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática
Abastecimiento	Valv_sec	1	Punto	Válvula	El punto corta geoméricamente la tubería	Tipo	String	Objetivo	*Seccionamiento *Límite *Manipulación	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación	-	Estado	String	Estado de la válvula	*Abierta *Cerrada	-	-	-	-
	Hidrante	1	Punto	Puntos contra incendio	El punto no corta geoméricamente la tubería	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación del Hidramte	*Activo *No activo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acometida	1	Punto	Punto de entrega al cliente	El punto no corta geoméricamente la tubería	ID_Cliente	String	Código Comercial que identifique al Cliente al que sirve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Extremo	1	Punto	Punto que indica un extremo en la red (tapón)	El punto coincide con la X,Y final del tramo de red en cuestión	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación del extremo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Descarga	1	Punto	Punto para limpieza de la red	El punto coincide con la X,Y final del tramo de red en cuestión	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación de la descarga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pto_Pre	1	Punto	Punto pitométrico	El punto no corta geoméricamente la tubería	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación del punto pitométrico	-	ID_Mediciones	String	Código para conectar con Base de Datos de mediciones históricas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ventosa	1	Punto	Ventosa	El punto no corta geoméricamente la tubería	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación de la ventosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 3.

Base de Datos	Layer	Prioridad	Geometría	Descripción	Observaciones	Información alfa-numérica															
						Campo 1				Campo 2				Campo 3				Campo 4			
						Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática	Nombre	Tipo	Contenido	Inf. Temática
Saneamiento	Pozo_Reg	1	Punto	Registros de visita	-	Tipo	String	Tipo de pozo	*Drenage *Saneamiento *Infiltración *Desconocido	Profundidad	Número	Profundidad (m)	-	Cota_Tapa	Número	Cota de tapa (m)	-	-	-	-	-
	Bomba_Res	1	Punto	Bomba de Residual	-	Fecha de Instalación	Date	Fecha de instalación del equipo	-	Datos	String	Datos Técnicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Afect_San	3	Punto	Afectación al servicio de Saneamiento	Rotura o daño en algún punto de la red	Fecha	Date	Fecha de ocurrencia	-	Tipo	String	Identificación de la afectación	*Rotura en entronque *Vertimiento	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tragante	1	Punto	Tragante Publi	-	Profundidad	Número	Profundidad del Tragante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tramo_San	1	Línea	Red de saneamiento	-	Tipo	String	Tipo de red de saneamiento	*Drenage *Saneamiento *Re-Uso *Emisario *Desconocido	Material	String	Material de la Red	*FUD (Hierro Fundido) *PAD (Polietileno de Alta Densidad) *CA (Centro Acero) *HO (Hormigón) *PVC(Policloruro de Vinilo) *AC (Acero) *FV (Fibra de Vidrio) *BA (Barro) *CAT (Canal abierto de Tierra)	Profundidad	Número	Profundidad (m) de la red	-	Edad	String	Edad de la Tubería (años)	-

