



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**ESTUDIO SOBRE USO Y APLICACIÓN
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,
SEDE CENTRAL**

José Moisés Granados Guevara
Asesorado por el Ing. Mario Enrique Sosa Castillo

Guatemala, octubre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO SOBRE USO Y APLICACIÓN
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA,
SEDE CENTRAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:**

JOSÉ MOISÉS GRANADOS GUEVARA
ASESORADO POR EL ING. MARIO ENRIQUE SOSA CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Luis Pedro Ortíz de León |
| VOCAL V | Agr. José Alfredo Ortíz Herincx |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Marlon Antonio Pérez Turk |
| EXAMINADOR | Inga. Norma Sarmiento Zeceña de Serrano |
| EXAMINADOR | Inga. Floriza Ávila |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO SOBRE USO Y APLICACIÓN
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,
SEDE CENTRAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, el 23 de enero de 2009.

José Moisés Granados Guevara

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por haberme permitido culminar esta etapa, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.

MI MADRE

Rosario Guevara Flores, quien me apoyó y me dio aliento a lo largo del camino recorrido.

MI PADRE

José Granados Loarca, por ser el impulso para seguir adelante.

MIS HERMANAS

Alba Rosario y Mariajosé Granados, por estar siempre conmigo.

MIS AMIGOS Y CONOCIDOS

Porque cada uno de ellos representa una historia de la cual siempre se desprende algo que aprender.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN | XV |
| OBJETIVOS | XXI |
| INTRODUCCIÓN | XXIII |
| 1. MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1. Breve historia del uso de los sistemas de información geográfica (SIG) desde los principios de la humanidad | 1 |
| 1.2. Historia de los sistemas de información geográfica en el siglo XIX | 2 |
| 1.3. Historia de los sistemas de información geográfica, siglos XX y XXI | 3 |
| 1.4. ¿Qué es un SIG? | 9 |
| 1.5. Importancia de los SIG | 12 |
| 1.6. Aplicaciones de los SIG | 14 |
| 1.7. Los componentes de un SIG | 16 |
| 1.7.1. Sobre el hardware | 16 |
| 1.7.2. Sobre el software | 17 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.7.2.1. | Sistema de manejo de base de datos | 17 |
| 1.7.2.2. | Interface gráfica de usuarios (GUI) | 18 |
| 1.7.2.3. | Herramientas para la captura y manejo de información geográfica | 18 |
| 1.7.2.4. | Herramientas para realizar consultas, análisis y visualización de datos geográficos. | 18 |
| 1.7.3. | Datos | 19 |
| 1.7.4. | Recurso humano | 19 |
| 1.7.5. | Metodologías y procedimientos | 19 |
| 1.8. | ¿Cómo funciona un SIG? | 20 |
| 1.9. | Tareas que se realizan en un SIG | 21 |
| 1.9.1. | Registro de datos | 21 |
| 1.9.2. | Manipulación de datos | 22 |
| 1.9.3. | Manejo/Administración de información | 22 |
| 1.9.4. | Consulta | 23 |
| 1.9.5. | Análisis | 24 |
| 1.9.5.1. | Análisis de proximidad | 24 |
| 1.9.5.2. | Análisis de superposición | 25 |
| 1.9.6. | Visualización | 25 |
| 1.9.7. | Procesos que realiza un SIG para el usuario | 25 |
| 1.9.7.1. | Consultas de datos geográficos | 25 |
| 1.9.7.2. | Mejorar la integración de una organización | 26 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.9.7.3. | Toma de mejores decisiones con ayuda de un SIG | 26 |
| 1.9.7.4. | Creación de mapas con SIG | 27 |
| 1.10. | Software SIG | 27 |
| 1.10.1. | ArcGIS | 28 |
| 1.10.2. | ArcView | 28 |
| 1.10.3. | ArcMap | 29 |
| 1.10.4. | Quantum GIS | 29 |
| 1.10.5. | GvSIG | 30 |
| 1.10.6. | GRASS GIS | 30 |
| 1.11. | Tecnologías relacionadas | 31 |
| 1.11.1. | Mapeo de escritorio | 31 |
| 1.11.2. | CAD | 31 |
| 1.11.3. | AutoCAD | 32 |
| 1.11.4. | Sensores Remotos | 33 |
| 1.11.5. | Estación total | 33 |
| 1.11.6. | SMBD | 34 |
| 2. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 35 |
| 3. | METODOLOGÍA | 37 |
| 3.1. | Etapas para el desarrollo de la investigación | 37 |
| 3.1.1. | Etapas de gabinete 1 | 37 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1.2. | Etapa de gabinete 2 | 37 |
| 3.1.3. | Etapa de gabinete 3 | 38 |
| 3.1.4. | Etapa de gabinete 4 | 38 |
| 3.1.5. | Etapa de campo 1 | 38 |
| 3.1.6. | Etapa de gabinete 5 | 39 |
| 3.1.7. | Etapa de campo 2 | 39 |
| 3.1.8. | Etapa de gabinete 6 | 39 |
| 3.1.9. | Etapa de gabinete 7 | 39 |
| 3.1.10. | Etapa de gabinete 8 | 40 |
| 3.2. | Recursos | 40 |
| 3.2.1. | Recursos físicos | 40 |
| 3.2.2. | Recurso humano | 40 |
| 3.3. | Alcances | 41 |
| 3.4. | Límites | 41 |
| 4. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 43 |
| | CONCLUSIONES | 51 |
| | RECOMENDACIONES | 55 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 59 |
| | ANEXOS | 63 |
| | Hardware utilizado para soportar los SIG | 63 |

| | |
|---|----|
| Facultad de Agronomía | 63 |
| Facultad de Ingeniería | 64 |
| Facultad de Arquitectura | 65 |
| Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) | 65 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|---|--------------------------------------|----|
| 1 | Componentes de un SIG | 12 |
| 2 | Aplicaciones de un SIG | 16 |
| 3 | Base de datos geográfica | 18 |
| 4 | Funciones del SIG con la información | 23 |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------|--|
| Cartografía | Práctica caracterizada por el estudio y creación de mapas. Ayuda a representar superficies, contornos y ángulos de objetos y cosas valiéndose de escalas. |
| Coordenadas angulares | Un tipo de sistema de coordenadas basado en latitud y longitud. |
| Datum | Se refiere al punto de referencia importante o fundamental para el trazado de mapas. Puede ser visible o teórico. |
| Geodesia | <p>Trata sobre la representación de formas y superficies de la Tierra, en forma parcial o total., incluyendo las formas artificiales y naturales. Usada para medir y calcular superficies curvas.</p> <p>Se puede decir que la geodesia marca la referencia geométrica en los Sistemas de Información Geográfica, ya que proporciona la teoría y los resultados de mediciones.</p> |

| | |
|--------------------------|--|
| Georeferenciación | Es la localización que tiene un objeto espacial sobre un sistema de coordenadas o proyección geográfica, estableciendo las relaciones entre la y dicha proyección. Forma el eje principal para el modelado de datos de los Sistemas de Información Geográfica. |
| Latitud | Componente del sistema de coordenadas angulares que representa el ángulo entre un punto y el ecuador. Estas líneas de latitud se les llaman paralelos y consisten en círculos que pasan paralelamente al ecuador terrestre. |
| Longitud | Componente del sistema de coordenadas angulares que representa el ángulo a lo largo del ecuador en algún punto. Las líneas de longitud son llamadas meridianos y son círculos que pasan por los polos. |
| Mapa | Conforma la representación gráfica de un territorio o porción de éste, y que puede ser medida sobre una superficie plana pero que también puede ser esférica como en los globos terráqueos. El mapa tiene propiedades métricas, ya que es posible medir distancias, superficies o ángulos y obtener un resultado aproximado. |

| | |
|---|--|
| Mapa básico | Mapa creado a partir de datos obtenidos del mundo real, como lo son medidas de terreno, fotografía, visitas al lugar, etc., en los que se puede aplicar una cartografía general. |
| Mapa derivado | Mapa creado a partir de un mapa básico, añadiéndole información extra orientada a algún interés. |
| Navigation System and Ranging - Global Position System (NAVSTAR-GPS) | Es el llamado GPS y consiste en un sistema de radionavegación, usando satélites para medir distancias entre satélites y así determinar la posición en cualquier parte del mundo, usando triangulación. En la actualidad este sistema está a cargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. |
| Proyección cartográfica o geográfica | Se le llama así al sistema gráfico que permite hacer una relación ordenada entre los puntos de la superficie (curvatura) de la Tierra y los puntos de un mapa (superficie plana). La localización de los puntos se realiza auxiliándose en los meridianos y paralelos que forman una especie de malla. |

Satélite artificial

Es cualquier objeto que describe una órbita en torno de otro. Son contruidos por el hombre y enviados al espacio exterior para orbitar cuerpos celestes como planeas, lunas asteroides, etc. Desempeñando diferentes funciones como exploración, comunicación, investigación, etc.

Sistema de coordenadas

Consiste en un conjunto de valores y puntos que son usados en la localización de posición de algún objeto en un espacio dado.

Sistema de posicionamiento global

Más conocido por sus siglas en inglés como GPS, es un Sistema de Navegación que utiliza la ayuda de satélites para determinar la posición de un objeto sin importar su posición en la tierra, con una precisión de centímetros. Su invención se atribuye al gobierno francés y belga. Se basa en la triangulación, usando además las distancias, tiempo, posición y corrección.

Sistema global de navegación por satélite (GNSS)

Es un conjunto de satélites que emite señales que son usadas para el posicionamiento en cualquier parte de la Tierra. Permiten determinar coordenadas geográficas y la altitud de algún punto.

Triangulación

Es el uso de la trigonometría triángulos para determinar la posición de algún punto, distancias o áreas.

RESUMEN

En la actualidad las Tecnologías de Información y Comunicación son fuente necesaria para el desarrollo de la sociedad. Actualmente el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una tecnología de información y comunicación considerada como una herramienta que facilita tener información biofísica de los diferentes escenarios desde el punto social, salud, económico, infraestructura, empresarial, político hasta los escenarios ambientales, manejo de recursos naturales y reducción de riesgos a desastres que existen en una región con la finalidad de poder gestionar un mejor desarrollo en un país.

El presente trabajo titulado “Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede central”. Tiene como objetivo general identificar qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Y como objetivos específicos identificar que facultades tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica. Qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades, y establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades de la Universidad de San Carlos dan al sistema de información geográfica.

Con respecto a los resultados obtenidos en la investigación se puede indicar que de las 10 facultades existentes en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la ciudad capital de Guatemala, solamente la Facultad de Agronomía cuenta con un sistema de información geográfica funcionando con software y Hardware para el desarrollo del sistema. Y actualmente la Facultad de Arquitectura está en proceso de implementar un sistema de información geográfica con software y Hardware para dicho sistema

De las ocho escuelas existentes en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la ciudad capital de Guatemala ninguna escuela cuenta con sistema de información geográfica.

Referente al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA que es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece al programa de Centros Regionales Universitarios. Se puede expresar que cuenta con un sistema de información geográfica que funciona con software y hardware para el desarrollo del sistema.

Con respecto al software utilizado para el funcionamiento de un sistema de información geográfica, es de manifestar que la Facultad de Agronomía, el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA y la Facultad de Arquitectura utilizan productos como ArcView y ArcMap desarrollados por la empresa estadounidense ESRI que desarrolla herramientas para Sistemas de Información Geográfica que corre en computadoras de escritorio estándares y son usados para crear, importar, trazar mapas, analizar, corregir, preguntar y publicar información geográfica.

El software que usan las facultades son todos de tipo propietario, el cual eleva los costos de adquisición de licencias, por lo tanto, evita que la disponibilidad de éste sea amplia.

Para el caso de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se cuenta con los programas de AutoCAD y los programas básicos de toma de datos topográficos, mediante el uso de teodolitos electrónicos que forman un sistema informativo de almacenamiento de datos tipo vectorial que son utilizados en la medición, ubicación y diseño de proyectos de infraestructura a nivel urbano y rural, y que son fuente de un sistema de información geográfica.

Referente al hardware es de indicar que las Facultades de Agronomía, Ingeniería y Arquitectura cuentan con ordenadores que propician y pueden facilitar el soporte y funcionamiento de un sistema de información geográfica.

Así también, utilizan para la toma de datos topográficos el uso de teodolito electrónico o estación total, y el uso de GPS que son utilizados por su precisión, facilidad de uso y la posibilidad de almacenar la información para descargarla después en programas vectoriales de sistemas de información geográfica.

Actualmente, la Facultad de Agronomía cuenta con aproximadamente 13 años de poseer un SIG y el uso que se le da éste es el de una herramienta básica para el desarrollo de cursos a nivel técnico y Licenciatura, y en el desarrollo de proyectos de investigación sobre recursos naturales renovables y administración de tierras a nivel técnico y de Licenciatura.

Este SIG tiene una base de datos producto de datos generados de las diferentes investigaciones realizadas por la Facultad y por la coordinación interinstitucional con los diferentes entes del Ministerio de Agricultura, el Concejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MAR.

Con respecto a la aplicación del SIG se puede mencionar que es utilizado en el desarrollo de mapas base y temáticos para el análisis, interpretación, monitoreo, investigación y gestión del manejo de los recursos naturales y la administración de tierras, pero orientado en el ámbito académico.

Para el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA el uso que se le da al SIG es también el de una herramienta para el desarrollo de cursos a nivel técnico y de licenciatura y en el desarrollo de proyectos de investigación sobre medición de mareas rojas, alta y baja.

Actualmente el Centro de estudios del Mar y Acuicultura CEMA cuenta con aproximadamente 10 años de poseer un SIG, en donde se tiene una base de datos producto de datos generados de la investigaciones realizadas por el centro y por la coordinación interinstitucional con UNIPESCA, CONRED y el Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas (IIH) del CEMA-USAC.

Referente a la aplicación del SIG, se puede señalar que es utilizado en el desarrollo de mapas marítimos, para la detección y ubicación de granjas piscícolas y construcción de estanques y en la actualizar de inventarios piscícolas tanto en el ámbito académico como algunas utilizations en instituciones como UNIPESCA y CONRED.

Y finalmente para el caso de la Facultad de Arquitectura es de exponer que la implementación de un sistema de información geográfica es con el uso y finalidad del diseño y dibujo 2D y 3D de infraestructura y construcción para el ordenamiento territorial y catastro municipal.

Respecto a la formación del personal que opera los diferentes Sistemas de Información Geográfica es en su mayoría a nivel de Diplomado y en menor cantidad a nivel de Licenciatura. Esto puede influir junto con los elevados costos de software y el hecho de que no se comparten información entre los sistemas existentes, a que las aplicaciones que actualmente se dan sean más de índole académica sin que se pueda profundizar más en aplicaciones reales.

OBJETIVOS

General

Identificar qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos.

1. Identificar que facultades de la Universidad de San Carlos tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica.
2. Establecer qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades para el uso de un sistema de información geográfica.
3. Establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades de La Universidad de San Carlos le dan al sistema de información geográfica.
4. Establecer que elementos afectan en el desarrollo de los Sistemas de información geográfico en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que se puede definir a nivel global como un conjunto de herramientas de software y de procedimientos (manipulación, análisis, representación y obtención de datos) sobre una base de datos permitiendo hacer una representación gráfica de objetos del mundo real que pueden ser medidos por su tamaño y dimensión relativa a alguna superficie, en particular la de la tierra y que es fundamental para poder gestionar un mejor desarrollo en un país.

Muchos problemas y decisiones como el comprar una nueva casa, estudiar el porqué las ventas de algún producto o servicio son más elevadas en una región que en otra, el porqué de embotellamientos de tránsito, etc. generalmente requiere de acceso a información de varios tipos y que solo puede ser relacionados por geografía.

Para enfrentar estos problemas, la tecnología de SIG permite el almacenamiento y manipulación de información espacial usando geografía para poder analizar relaciones, patrones y tendencias dentro de la información, y así poder tomar mejores decisiones.

La presente investigación titulada “Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede central” tiene como objetivo general identificar qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Y como objetivos específicos Identificar que facultades tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica. Qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades y establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades de La Universidad de San Carlos le dan al sistema de información geográfica.

El proceso de recopilación de información se basó en fuentes primarias y secundarias y se creó una boleta estructurada que ayudó a recopilar información mediante la entrevista a personeros de la Universidad de San Carlos en la sede central, que permitió realizar una tabulación, interpretación y análisis de los resultados recopilados.

Durante la investigación de campo, uno de los obstáculos durante el desarrollo de la investigación fue la disponibilidad de horario por parte de los entrevistados para poder realizar el proceso de recopilación de información.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Breve historia del uso de los sistemas de información geográfica (SIG) desde los principios de la humanidad

A lo largo de la historia la humanidad ha necesitado de información espacial para el desarrollo de los diferentes ámbitos en que nos desenvolvemos; por ejemplo, se han encontrado pinturas de 15.000 años de antigüedad que sugieren que los dibujos representan rutas de migración de los animales representados y que los hombres de Cromagnon usaban como referencia. Aunque este ejemplo puede ser algo rudo en comparación con la tecnología actual, estas acciones constituyen dos elementos básicos en los Sistemas de Información Geográfica actuales y que son: una imagen y su atributo de información asociada a ésta.

Desde la época fenicia se sentaron las bases de lo que conocemos actualmente como Sistemas de Información Geográfica. Los fenicios recopilaban mucha información usando un formato pictórico desarrollando así un tipo de cartografía primitiva que ayudó en la navegación, exploración y creación de estrategias militares permitiendo que se expandieran y mezclaran las culturas.

Los griegos desarrollaron elementos que completaron la cartografía usando los modelos de Pitágoras para la medición de distancias. También realizaron observaciones de los astros para medir distancias en la tierra almacenando esta información en mapas.

Más tarde, los romanos fueron capaces de desarrollar su Imperio usando con frecuencia los datos que los griegos habían almacenado para ayudar en la logística de su infraestructura y obtener un gran avance en su organización económica y política.

Cuando se iniciaron las invasiones bárbaras disminuyó bastante el desarrollo en el continente europeo y es cuando se empieza a reconocer la importancia que tiene el organizar de manera sistemática la información espacial del entorno.

1.2. Historia de los sistemas de información geográfica en el siglo XIX

Existe un caso en donde el Dr. John Snow, un epidemiólogo aplicó la cartografía en Londres para llevar un control de la aparición de casos de cólera con la ayuda de un mapa del distrito de SoHo. Este pre-SIG, que demuestra el uso temprano del método geográfico, permitió al Dr. Snow determinar la localización de un pozo de agua que causó el brote.

La aplicación que se le dio en este caso a la cartografía topográfica y temática fue la de representar la realidad y analizar un conjunto de fenómenos geográficos que estaban relacionados entre sí y que a simple vista no podía ver su dependencia. Este aspecto nos permite establecer que durante este siglo la orientación espacial de la información se ayudó al superponer mapas especializados en algún tema sobre un mapa topográfico base.

1.3. Historia de los sistemas de información geográfica, siglos XX y XXI

La fotolitografía se desarrollo a principios del siglo XX que separaba a los mapas en capas. Además, los avances en cuanto a hardware, en los años 60, ayudo en el desarrollo de aplicaciones cartográficas para computadora.

En 1962, en Canadá se llevo a cabo la primera aplicación real de un SIG que estaba a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural, el sistema fue llamado Sistema de Información Geográfica de Canadá CGIS por sus siglas en inglés. Este sistema fue creado por Roger Tomlinson y fue usado para el análisis, manipulación y almacenamiento de datos del inventario de tierras de Canadá para la gestión de recursos naturales con información cartográfica que incluía tipos de suelos, espacios de recreo, agricultura, vida silvestre, etc.

Aparte de ser el primer SIG, el sistema permitió un uso más extenso de la cartografía para realizar mediciones y digitalizar y escanear datos. También incluía un sistema de coordenadas y codificación de líneas en arcos para integrar la topología y almacenar en archivos separados los elementos junto con sus atributos y la información sobre su localización. Esto permitía que la información se pudiera representar en capas permitiendo un mejor análisis espacial.

En 1964 se creó en la Harvard Graduate School of Design el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial a cargo de Howard Fisher. En este laboratorio se desarrollaron conceptos teóricos sobre manejo de datos espaciales, además de que en los 70's había transmitido fragmentos de código de software que serviría como inspiración conceptual para un desarrollo su posterior de sistemas de información geográfica.

Durante las décadas 60 y 70 se inició la aplicación de la computadora digital al desarrollo de tecnología automatizada. Estando dirigidos los programas en su mayoría a la automatización del trabajo cartográfico, y se desarrolló también la tendencia de la creación automática de dibujos de alto nivel pictórico.

Se inicio el uso del Dibujo Asistido por Computadora (CAD) para mejorar la productividad al crear y actualizar mapas dentro de la cartografía. El CAD almacena y maneja los dibujos electrónicos como un conjunto de entidades gráficas que están organizadas en capas, cada una de las cuales posee información de los puntos guardados en formato vectorial.

Además, las bases de datos de este periodo poseían funciones gráficas básicas que permiten la construcción de nuevos conjuntos de puntos de puntos y líneas en capas nuevas, además de poder definir un símbolo creado por el usuario para sumar lógicamente capas y generar nuevos símbolos en una nueva capa.

A principios de la década del 80 se inicio el desarrollo del proyecto Map Overlay and Statistical System (MOSS) que sería usado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y de la Western Energy and Land Use Team (WELUT). Casi conjuntamente en 1982 se desarrollo el sistema GRASS por el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL).

También en los 80's surgen Computer Aided Resource Information System (CARIS), Environmental Systems Research Institute (ESRI) y M&S Computing como principales proveedores de software SIG comercial ya que incorporaron a sus sistemas la mayoría de características que poseía el Sistema de Información Geográfica de Canadá, además de combinar la separación de información espacial junto a atributos de los elementos gráficos almacenados en bases de datos especializadas.

En esta etapa se marca un aumento en las iniciativas a nivel de corporación, especialmente instituciones gubernamentales y de administración, para el desarrollo de SIG y la disminución de iniciativas individuales.

La comercialización de herramientas de CAD, el uso general de estaciones de trabajo en las industrias y la consolidación de sistemas relacionales de bases de datos, junto con los primeros modelos de relaciones espaciales o topológicas ayuda a la expansión del uso de los SIG. Una herramienta que ayudó en éste sentido es ARC-INFO (software que tiene como fin la visualización de mapas).

La implementación del concepto Orientado a Objetos (OO) dentro de los SIG (el primero fue Tigris de Intergraph, que es un software de desarrollo orientado a objetos), permite aplicar nuevos conceptos en estos últimos, donde se incorpora todo lo relacionado a cada entidad (geometría, simbología, atributos y topología). Rápidamente los SIG se empiezan a usar en todas las disciplinas que necesitan de planos cartográfico almacenados en bases datos.

Dentro de estas disciplinas podemos mencionar estudios demográficos y socioeconómicos, diseño y construcción de carreteras, presas, estudios medioambientales, estudio de recursos geológicos y geofísicos, planificación de líneas de comunicación, ordenación territorial, entre otros.

El aumento de empresas que comercializan con los SIG se dio entre los 80's y 90's usando como plataforma de trabajo sistemas UNIX, conociéndose este periodo como la etapa comercial de los SIG. El interés por parte de grandes empresas e industrias relacionadas con los SIG ya sea indirecta o indirectamente aumentó debido a la afluencia de productos informáticos.

Más adelante en los años 90's, la comercialización se empieza a dirigir a usuarios domésticos gracias a computadoras personales. También los 90's se caracterizan por hacer uso más específico de estas tecnologías en los campos tradicionales además de la expansión dentro de campos como el de los negocios, ayudado por el uso de computadoras de gran potencia y bajo costo y por la expansión de las telecomunicaciones, principalmente la Internet, y el World Wide Web (red de intercomunicación mundial).

La aparición de los sistemas distribuidos como el DCOM (que es un modelo de distribución de objetos y componentes que comunica el software en cada equipo del sistema para el procesamiento en conjunto), el CORBA (que es un estándar para el desarrollo de sistemas distribuidos y facilitar invocación de métodos desde un cliente remoto orientado a objetos) y la tendencia a creación de estándares en los formatos para el intercambio de datos geográficos favorecen a la aparición de SIG de código abierto.

El aumento en la popularidad de la programación distribuida y la expansión de la máquina virtual de Java (que es una herramienta para ejecutar programas escritos en lenguaje Java en diferentes plataformas sin necesidad de volver a recompilarlos), permiten crear nuevas formas de programación de sistemas distribuidos, apareciendo los agentes móviles que ayudan a disminuir el exceso de tráfico de la Internet. Estos agentes móviles se basan en la serialización de objetos escritos en Java, así como de la invocación de los mismos de manera remota, para poder transportar la computación y datos. Usando estos agentes móviles se crea el nuevo paradigma para acceder y recopilar datos de los sistemas de información geográfica.

A partir de 1998 se puede indicar que se colocan en distintas órbitas los primeros satélites permitiendo la toma de fotografías digitales de la tierra con resoluciones desde 50 centímetros a 10 metros.

Ya a finales del siglo XX e inicio del siglo XXI los usuarios están aplicando la visualización de datos SIG sobre la Internet, algo que exige la estandarización de formato tanto de los datos como de las normas de transferencia. También ha habido un crecimiento en cuanto a desarrollos de software SIG de código libre, los cuales incluyen más sistemas operativos como plataforma del sistema.

Recientemente, la fotografía aérea e imágenes satelitales permiten la observación constante de fenómenos producidos en la superficie de la tierra. Este tipo de fenómenos ha exigido que se desarrollen herramientas que permitan la representación espacial y cartográfica de esta información.

Diferentes empresas han iniciado ya el desarrollo de mecanismos en los satélites que permitirán el aumento en la capacidad de transmisión y recepción información. Por otro lado, acceder frecuentemente a estos satélites permitirá observar cualquier parte del mundo a cualquier hora.

En la actualidad, los SIG son una herramienta básica usada por todos los países del mundo, en diferentes disciplinas y por técnicos especializados en la materia para ser aplicada en la solución de problemas que tienen que ver con características espaciales; las áreas de uso y aplicación son variadas, desde el manejo y control de recursos naturales, gestión de datos de propiedades, manejo de desastres, marketing basado en geografía, inclusive la gestión y planificación urbana, etc. Así también, se está iniciando su utilización como un instrumento cotidiano en la vida común, siendo utilizada para rastreo de vehículos por GPS o para la búsqueda de rutas óptimas.

1.4. ¿Qué es un SIG?

En la literatura existen varias definiciones, sin embargo, de acuerdo a la investigación realizada se presentan varias fuentes de información que describen las definiciones que se consideran que representan una imagen de los SIG.

En la práctica, y de acuerdo con (Consultores Ambientales CEA, 2008) el SIG es un método gráfico para organizar, mapear y procesar, en general con el auxilio de software, la información sobre el medio ambiente de un área, y prepararla para el análisis de las interacciones de las variables bióticas, abióticas, sociales y económicas.

También es considerado como tecnología de geoprocésamiento que maneja informaci3n geogr3fica en la forma de datos geogr3fica; permite que se conozca la estructura geom3trica de los objetos, su posici3n en el espacio geogr3fico y sus atributos.

Sin embargo, para ampliar la aplicaci3n de los SIG (Rodr3guez Pascual, 1993) considera que un SIG es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer necesidades de informaci3n espec3ficas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas.

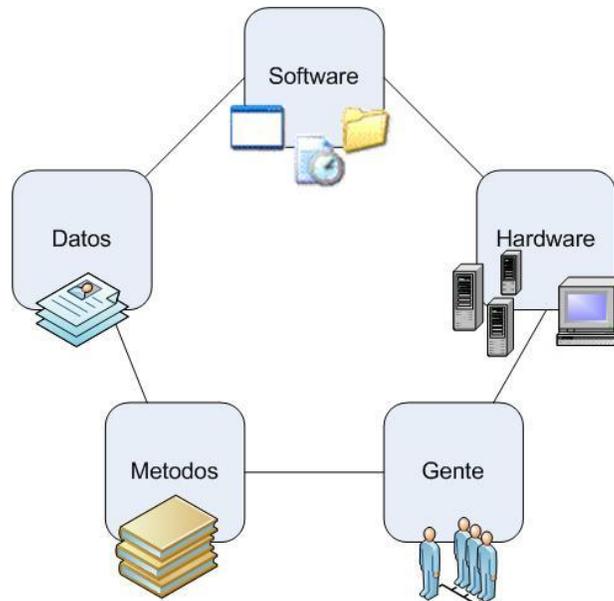
Tambi3n es considerado como una base de datos con informaci3n geogr3fica (datos alfanum3ricos) que se encuentra asociada por un identificador com3n a los objetos gr3ficos de un mapa digital. De esta forma, se3alan un objeto y se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localizaci3n en la cartograf3a.

Algo que debemos resaltar es la utilizaci3n de la tecnolog3a computacional para el manejo de la informaci3n, esto lo expresa claramente Sarr3a (Sarr3a, 2006) considerando que un Sistema de Informaci3n (SI) consiste en la uni3n de informaci3n en formato digital y herramientas inform3ticas (programas) para su an3lisis con unos objetivos concretos dentro de una organizaci3n (empresa, administraci3n, etc.).

Un SIG es un caso particular de un sistema de información en el que dicha información aparece georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica.

Entonces, con los elementos considerados anteriormente y para el presente estudio podemos decir que un Sistema de Información Geográfica, SIG (en inglés Geographic Information System, GIS), actualmente es considerado como un conjunto de herramientas de software y de procedimientos sobre una base de datos permitiendo hacer una representación gráfica de objetos del mundo real que pueden ser medidos tanto por su tamaño como por su dimensión relativa a alguna superficie, en general la tierra. Estos procedimientos abarcan la manipulación, análisis, representación y obtención de datos y son ejecutados por un sistema de computación.

Figura 1. **Componentes de un SIG**



1.5. Importancia de los SIG

Un SIG es un gran soporte para la creación de mapas de manera dinámica, ya que permite la selección de varios tipos de criterio y luego observar y analizar de qué manera afectan los diferentes factores al mapa o modelo.

Los problemas y temas que son más importantes en el mundo actualmente como contaminación, desastres naturales, sobrepoblación, etc., todos poseen dimensiones geográficas. Por ejemplo, el lugar donde se existe la concentración mayor de partículas de carbono en el aire y como controla su emisión. Otros temas más locales como el porqué de que algunos cultivos se den mejor en ciertos suelos, o el porqué se producen mucho tráfico en cierto punto también son problemas afectados por geografía.

También cuando se busca algún lugar para vivir se desea que estén cerca escuelas, centros comerciales, con determinado precio, etc.

Cuando ocurren desastres naturales y se desea conocer el impacto, se debe analizar información geológica y geográfica del lugar para relacionar detalles de población, infraestructura, etc.

La solución a muchos problemas generalmente requiere de acceso a información de diferentes tipos y que solo pueden ser relacionados usando cartografía y referencia espacial. La tecnología de SIG permite el almacenamiento y manipulación de información espacial usando geografía, analizando posibles relaciones, tendencias y/o patrones dentro de la información, y así poder tomar mejores decisiones. En conclusión se puede indicar que los SIG son de gran importancia porque permiten un análisis y la toma de decisiones de esos análisis en los ámbitos políticos, económicos, sociales, ambientales, climáticos, manejo de recursos naturales, en el marketing, y en la planificación urbana y rural que contribuyen al desarrollo económico de un municipio, país, continente o región intercontinental.

1.6. Aplicaciones de los SIG

Considerando que el SIG es una herramienta de gran importancia que integrar información espacial almacenada en bases de datos con la implementación técnicas de análisis de datos, se puede indicar que las aplicaciones más usuales son las siguientes:

- Científica: dentro de ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, modelos dinámicos y teledetección, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica.
- Gestión: ordenación territorial, información pública, cartografía automática, catastro, planificación urbana, planificación física, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos.
- Empresarial: estrategias de distribución, marketing, planificación de vías de comunicación, planificación de transportes, y localización óptima entre otras.

Aunque todas estas disciplinas usen los SIG, para resolver cuestiones distintas, todas realizan y ejecutan tareas comunes, siendo estas:

Organización de datos: almacenan datos con el fin de sustituir una mapoteca analógica (mapas físicos en papel) por una mapoteca digital (mapas en la computadora), posee grandes ventajas como la reducción el espacio físico, evitar deterioros físicos de productos de papel, recuperar datos de manera eficiente, producir copias sin causar la pérdida de calidad y muchas más.

Visualizar datos: poder seleccionar el nivel de información deseado; basados en el contexto, permite acoplar los mapas temáticos elegidos superándose cualquier producto en papel. Esto facilita el análisis y estudio de la información.

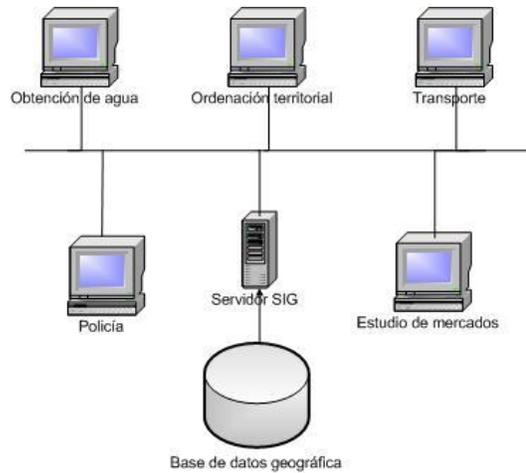
Creación de mapas: en general los SIG constan de herramientas poderosas para crear y producir mapas, siendo muy simples incluir diferentes señalizaciones como escalas, leyendas, textos diversos, etc. Lo que hace que sean más adecuados para la cartografía que los sistemas CAD (Computer Aided Design).

Consulta espacial: es el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre las diferentes capas de información, con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones ocultas dentro de los datos. En otras palabras, es una forma de inferir algún significado a partir del entrelazamiento de datos.

Previsión: uno de los propósitos de los SIG es de verificar escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo eventos, naturales y no naturales, ocurrirían si se cambian las condiciones, consiguiendo un conocimiento más general del objeto o área en estudio.

Creación de modelos: la capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los SIG en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente, y para la validación de escenarios hipotéticos.

Figura 2. **Aplicaciones de un SIG**



1.7. Los componentes de un SIG

Un SIG se integra de 5 componentes básicos, estos son:

1.7.1. Sobre el hardware

El hardware que compone un SIG es la plataforma o el dispositivo donde opera el SIG, estos pueden ser computadoras personales (servidores, desktop), laptops. También componen el hardware las configuraciones de red y dispositivos de entrada y salida que ayudan al soporte físico del SIG.

1.7.2. Sobre el software

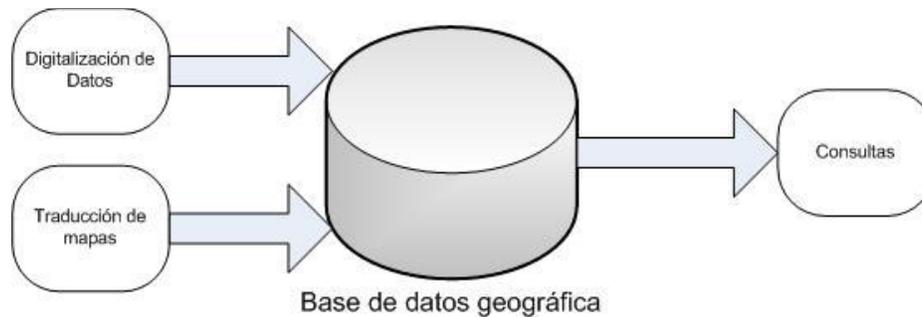
El software de un SIG engloba las herramientas y capacidades que se necesitan para el almacenamiento, manejo, análisis y despliegue de información geográfica, los principales componentes de un software para un SIG son:

1.7.2.1. Sistema de manejo de base de datos

Debido a que un SIG se basa en un conjunto de capas de información espacial digital que representan diversas variables o que representan entidades, la información es guardada en varias bases de datos que representan cada capa de datos. Entre las bases de datos podemos tener:

- Base de datos espaciales, la cual se encarga de manejar datos relacionados en un mismo espacio.
- Base de datos cartográficos que contiene los datos cartográficos del sistema.
- Base de datos temáticos que permite asignar a cada punto, línea o área de territorio de la base de datos cartográfica valores temáticos. El asociar estas bases temáticas con descripciones espaciales de los objetos y las interrelaciones entre los mismos hace la diferencia entre un SIG y cualquier otro sistema que gestione información.

Figura 3. **Base de datos geográfica**



1.7.2.2. Interface gráfica de usuarios (GUI)

Estas interfaces facilitan el acceso a las herramientas. Estos programas son lo que se conocen popularmente como SIG (IDRISI, ArcInfo, Arcgis, CGRASS, Erdas, etc.) pero en realidad constituyen parte de un componente del Sistema de Información Geográfica.

1.7.2.3. Herramientas para la captura y manejo de información geográfica

Estas conciernen al software que se utiliza para ingresar datos al sistema, además del software que permite la clasificación y ordenamiento de los mismos.

1.7.2.4. Herramientas para realizar consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Este software generalmente viene junto con el manejador de la base o bases de datos para que los datos puedan ser accedidos por los usuarios.

1.7.3. Datos

Son los datos geográficos y tabulares relacionados que se adquieren para implementar el sistema. Podría decirse que, como en cualquier sistema de información, los datos son la parte más importantes de los SIG.

1.7.4. Recurso humano

Un SIG debe contar con un personal adecuado que no solo opere el sistema sino que también lo administre y lo desarrolle para que pueda ser aplicado en problemas de la vida real. Parte de este recurso humano son los técnicos, recolectores de datos, diseñadores de soluciones y administradores de datos, siendo cada uno un usuario del sistema.

Cada usuario puede tener diferente nivel de acceso dependiendo del rol que ejecuta en dicho sistema por lo que los aspectos administrativos del sistema toman un papel importante.

1.7.5. Metodologías y procedimientos

Para que un SIG pueda funcionar de manera óptima se debe contar con un diseño acorde a las reglas de la empresa, y que constituyen modelos y prácticas operativas de cada organización.

1.8. ¿Cómo funciona un SIG?

Un SIG almacena información de la realidad en diferentes niveles temáticos que se pueden relacionar con geografía. Este concepto ha demostrado su versatilidad para resolver problemas, desde rastrear vehículos, hasta modelar fenómenos naturales.

La información geográfica contiene referencias geográficas explícitas, como latitud y longitud o coordenadas de un sistema nacional, o referencias implícitas tal como domicilio, nombre de calle o código postal. De éstas referencias se pueden derivar referencias implícitas usando un proceso automatizado conocido como geocodificación. Estas referencias de naturaleza geográfica ayudan a localizar características tales como negocios o áreas de bosque y eventos en la superficie de la tierra, como lo pueden ser terremotos, para su análisis.

Los modelos de información con los que puede trabajar un sistema de información geográfica son el tipo vector y el tipo raster.

Cuando la información de puntos, líneas y polígonos es codificada y almacenada como colecciones de coordenadas x,y se está implementando el método vector. De esta manera es fácil representar con un punto x,y la ubicación de una referencia puntual como lo es una perforación, si se desea almacenar una calle o ríos se hace como un grupo de puntos x,y . Este modelo es útil si se desea describir características discretas como costos o tipo de suelos

El modelo raster se especializa para modelos con características continuas. Las imágenes raster son una colección de celdas como una grilla. Los dos modelos de almacenamiento de datos geográficos presentan ventajas y desventajas propias y por lo general los SIG modernos pueden manejar ambos tipos.

1.9. Tareas que se realizan en un SIG

Las tareas que se pueden llevar a cabo en un SIG son las siguientes:

1.9.1. Registro de datos

Los datos que serán usados por un SIG deben pasar por un proceso y ser convertidos de mapas análogos hechos en papel a formatos digitales. Este proceso se conoce como digitalización y los SIG modernos cuentan la capacidad de poder automatizar ese proceso.

Actualmente la mayoría de datos geográficos se pueden encontrar en formatos compatibles con los SIG. Estos datos se pueden encontrar por medio de proveedores y luego ser cargados en el SIG.

1.9.2. Manipulación de datos

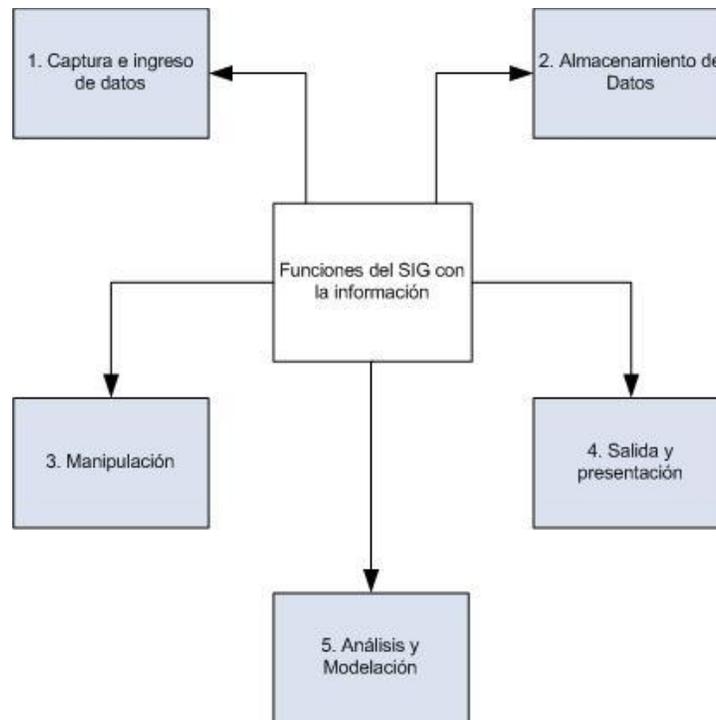
El manejo y transformación de los datos en un SIG es un proceso casi rutinario dentro del sistema ya que muchas veces se necesitan cambios de escalas o de visualización y que pueden ser de tipo permanente o temporal.

1.9.3. Manejo/Administración de información

Los SIG dependen de un sistema de manejo de bases de datos para poder almacenar, manejar y organizar datos de una forma más eficiente y sencilla.

Generalmente los SIG utilizan sistemas de manejo de base de datos de diseño relacional ya que los datos se almacenan en estructuras que simulan tablas de datos y que poseen campos comunes entre sí para poder ser conectadas Este diseño se ha usado ampliamente en varias aplicaciones principalmente por la flexibilidad.

Figura 4. **Funciones del SIG con la información**



1.9.4. Consulta

Cuando un SIG se encuentra en funcionamiento con los datos adecuados se pueden llegar a responder preguntas como las siguientes:

¿Qué suelos son los mejores para reforestar? O ¿Qué sector de la ciudad ha adquirido cierto producto?

Estas preguntas se pueden responder al consultar los datos almacenados y obtener una respuesta en forma gráfica y acompañada con algún tipo de reporte, de modo que brinde la información necesaria para los analistas y administradores.

1.9.5. Análisis

Debido a que los SIG trabajan para analizar datos geográficos, es necesario algún proceso de análisis geográfico o análisis espacial que utilicen las propiedades graficas para poder encontrar tendencias y patrones que permitan crear escenarios específicos. Los SIG actuales cuentan con varias herramientas de análisis, pero las más importantes son las siguientes.

1.9.5.1. Análisis de proximidad

Cuando se desean contestar preguntas que involucren algún tipo de delimitación física en cuanto a los resultados, como lo puede ser ¿Cuántos clientes prefieren a determinado negocio en un radio de 2 kilómetros? Los SIG cuentan con un proceso llamado buffering que ayuda en la determinación de la relación existente en la proximidad entre las características de los datos.

1.9.5.2. Análisis de superposición

El análisis de superposición permite que se integren distintos niveles de datos, no solo de forma visual, sino también de forma analítica. Un ejemplo de esto es el tratar de integrar datos sobre suelos con análisis de impuestos.

1.9.6. Visualización

El mapa o gráfico como manera de visualizar información en los SIG es muy popular debido a que los mapas son eficientes a la hora de comunicar y almacenar información espacial dando un nuevo giro a la cartografía tradicional.

1.9.7. Procesos que realiza un SIG para el usuario

1.9.7.1. Consultas de datos geográficos

La capacidad del SIG para buscar entre información y realizar consultas gráficas en bases de datos ha ayudado a varias empresas ahorrando millones de dólares. Los SIG también han ayudado a:

- Responder más rápidamente a requerimientos de clientes.
- Encontrar la localidad más adecuada para el desarrollo.
- Buscar relaciones entre suelo y clima que afecten a los cultivos.
- Localizar la posición de algún daño en el tendido eléctrico.

Un agente de bienes raíces puede usar un SIG para localizar las casas que tienen ciertas características y poder luego ver sus especificaciones. Se puede limitar la consulta utilizando ciertos criterios como por ejemplo un rango de precios o un rango de distancia respecto a cierto lugar.

1.9.7.2. Mejorar la integración de una organización

Muchas de las organizaciones que han logrado implementar un SIG se han beneficiado por manejar más eficientemente la organización y sus recursos. Debido a que los SIG tienen la habilidad para relacionar conjuntos de datos por medio de geografía, facilitan el compartir la información interdepartamental. Al poseer una base de datos centralizada, se pueden beneficiar los departamentos al usar información en común con otros.

Cuando se aumenta la comunicación entre empleados y departamentos, se puede reducir la redundancia, aumentar productividad, y mejorar eficiencia dentro de una organización.

1.9.7.3. Toma de mejores decisiones con ayuda de un SIG

Un SIG en si no es un sistema que toma decisiones para el usuario de manera automática, sino que se puede utilizar para consultar, facilitar el análisis y mapear datos para brindar soporte al proceso de toma de decisiones.

La tecnología de los SIG se puede utilizar para asistir en tareas como resolución de disputas territoriales, presentación de información en encuestas de planeamiento, ubicar pilones de forma que se minimice la obstrucción visual.

Como ejemplo, el SIG puede usarse para decidir la ubicación de un nuevo conjunto de casas que representen un impacto ambiental mínimo, ubicarla en el área de menor riesgo y cerca de algún área urbana. La información se puede presentar por medio de un mapa además del informe respectivo, así se puede permitir a las personas encargadas de la toma de decisiones enfocarse en los puntos importantes en vez de perder tiempo en entender los datos. Se puede decir que los SIG pueden usarse en múltiples escenarios de forma eficiente y efectiva.

1.9.7.4. Creación de mapas con SIG

La creación de mapas se vuelve más flexible al usar un SIG ya que la información está almacenada en bases de datos y puede ser accedida de acuerdo a las exigencias de aplicación, además, los mapas que se encuentran ya en papel se pueden convertir en un formato digital.

1.10. Software SIG

Dentro del software SIG podemos mencionar algunos de los más usados, entre los cuales tenemos:

1.10.1. ArcGIS

Producido y comercializado por ESRI (Environmental Systems Research Institute) ArcGIS engloba varios programas especializados en el campo de los SIG. Las aplicaciones que se le puede dar a ArcGIS son la captura, edición, análisis, publicación e información geográfica.

1.10.2. ArcView

Desarrollada por la empresa ESRI, forma parte de la licencia más básica que brinda la empresa en su paquete ArcGIS. Esta herramienta permite representar datos geográficos, analizar características y posibles patrones distribuidos en los datos y generar informes del análisis, además de visualizar y explorar mapas, crear y editar datos geográficos e integrar la información. La licencia de este producto está alrededor de entre US\$1500.00 en su versión 9.0 para un solo usuario. (ESRI, 2009)

El lenguaje de programación Avenue, orientado a objetos permite la personalización de la herramienta desde lo más básico, como los menús y botones, hasta la programación avanzada. Permite la adhesión de extensiones complementarias para proporcionar nuevas funciones.

Otros objetos que pueden agregarse y trabajar en ArcView son:

- Imágenes de satélite y aéreas.
- Dibujos tipo CAD.
- Datos en forma de tabla delimitada con caracteres especiales o comas.

1.10.3. ArcMap

Desarrollado por ESRI, agrupa diferentes herramientas usadas para varias aplicaciones para la capturar, editar y analizar datos geográficos, además del tratamiento, diseño, publicación e impresión de mapas y datos. Esta herramienta se puede incluir en aplicaciones como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo. (ESRI, 2009)

1.10.4. Quantum GIS

Siendo un software de código libre puede ser utilizado tanto en plataformas Linux, Unix y Mac como en Microsoft Windows. Una de las características principales es que permite manejar formatos raster y vectoriales, así como bases de datos complejas. Puede soportar la extensión espacial de PostgreSQL y PostGIS+ y manejar archivos vectoriales de otro software como lo son ArcInfo, Mapinfo y GRASS GIS.

1.10.5. GvSIG

Otro software de código abierto es gvSIG orientada a usuarios comunes como profesionales o institucionales como administraciones públicas de cualquier parte del mundo ya que dispone de interfaz en idiomas como el castellano, inglés, alemán, chino, griego, francés, italiano, portugués, ruso, etc. (Conselleria de Infraestructuras y Transporte, 2008).

Esta herramienta está pensada para que desarrolladores de todas partes amplíen la funcionalidad de la aplicación, además de poder desarrollar nuevas aplicaciones nuevas a partir de las librerías usadas en gvSIG.

1.10.6. GRASS GIS

Una de las herramientas GIS de código abierto más popular que se encarga del análisis espacial y la generación de mapas, además de la visualización de datos en diferentes dimensiones (2D, 2.5Dy 3D), así como generar nueva información mediante procedimientos de modelización.

Este software puede soportar información tanto raster como vectorial y posee herramientas de procesado digital de imágenes. (Mitasova, y otros, 2004).

1.11. Tecnologías relacionadas

1.11.1. Mapeo de escritorio

Un sistema de mapeo de escritorio usa la información del mapa para organizar datos e interactuar con el usuario. El objetivo es que el mapa sea la base de datos. Generalmente, el mapeo de escritorio no posee capacidades de manejo de datos muy especializadas, así como de análisis espacial y de personalización. El mapeo de escritorio opera en computadores de escritorio como PC, Macintosh, y máquinas UNIX y Linux pequeñas.

1.11.2. CAD

Los sistemas CAD han avanzado lo suficiente para ser capaces de diseñar y hacer planos de construcciones e infraestructura. Esta actividad requirió que los componentes de características fijas se armaran para crear una sola estructura. Estos sistemas requieren pocas reglas para especificar cómo los componentes pueden armarse y muy limitada capacidad de análisis. Los sistemas CAD han sido ampliados como soporte de mapas, pero se ven limitados al manejar o analizar bases de datos geográficas de gran tamaño. (GeoTecnologías S.A., 2008)

Los SIG y CAD poseen muchas características en común ya que manejan contextos de referencia espacial y topología. Las diferencias claves son que los SIG manejan mas volumen y tipos de datos, además de que se especializa en métodos de análisis de los datos.

1.11.3. AutoCAD

Los programas de AutoCAD o Autodesk AutoCAD es un software propietario desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Es un programa para el diseño asistido por Computadora CAD, utilizado por profesionales como ingenieros, arquitectos y a diseñadores en sus respectivas actividades para dibujado en 2D y 3D.

Al igual que otros programas CAD, AutoCAD maneja una base de datos almacenando objetos geométricos usando una interfaz gráfica (GUI en inglés) a través de la cual se muestran y operan estos objetos. Se usan comandos de edición o dibujo, pero con la interfaz gráfica el proceso es automático.

AutoCAD permite procesar imágenes vectoriales, además de procesar archivos estilo mapa de bits para que a través de edición se creen gráficos más complejos. También permite que se organicen objetos en diferentes capas facilitando la independencia de los mismos.

AutoCAD también ayuda con la producción de planos usando color, texturas, grosores de líneas, etc. Implementa los conceptos de espacio papel y espacio modelo que separa la fase de diseño y la fase de dibujo 2D y de 3D.

Los formatos de archivos usados por AutoCAD es el dwg, pero también permite la exportación a otros tipos de formatos como el dxf, IGES y STEP.

1.11.4. Sensores Remotos

Se utilizan para realizar mediciones de un espacio físico por medio de sensores, como lo pueden ser cámaras y otros dispositivos sensibles. Estos sensores obtienen datos en forma de imágenes. Los sistemas de detección remota brindan la posibilidad de manipular, analizar y visualizar imágenes.

1.11.5. Estación total

Consiste en la incorporación de un microprocesador y otras herramientas electrónicas a un teodolito. Llamándose estaciones totales porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles con mayor precisión y facilidad de uso que posibilita el recolectar información para usarla en programas de CAD.

Algunas de las características que incorpora, es que posee una pantalla de cristal líquido (LCD), señales de avisos, iluminación, distanciómetro, y otras herramientas topográficas, además de la posibilidad de almacenar los datos obtenidos, lo cual permite utilizarlos en sistemas computacionales. Cuentan con diferentes herramientas de software para realizar cálculos pertinentes a la topografía.

1.11.6. SMBD

Los sistemas de manejo de base de datos (SMBD) están especializados para el almacenamiento y manejo de todo tipo de datos, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están optimizados para almacenar y consultar datos, por lo que muchos SIG se apoyan en estas herramientas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un Sistema de Información Geográfica, SIG (Geographic Information System, GIS en inglés), actualmente es considerado a nivel general como un conjunto de herramientas de software y de procedimientos sobre una base de datos permitiendo hacer una representación gráfica de objetos del mundo real que pueden ser medidos por su tamaño y dimensión relativa a alguna superficie, en particular de la Tierra

La mayor utilidad de un SIG está estrechamente relacionada con la habilidad de construcción de modelos y representaciones de la realidad física con la ayuda de una base de datos digital, esto se logra al aplicar métodos que generan más información para el análisis.

Durante los años 80's y finales del siglo XX los SIG se han convertido en una herramienta a nivel mundial de múltiples aplicaciones por lo que todos los países del mundo han iniciado el uso de los SIG para realizar un ordenamiento del territorio y de las acciones antropogénicas que conllevan a promover el desarrollo de un país.

Actualmente en Guatemala a través de la Academia de la Universidad de San Carlos se han realizado diferentes gestiones para la adquisición, uso y aplicación de Sistemas de Información Geográfica que contribuyan a gestionar un mejor desarrollo en el país.

Hoy en día se desconoce cuál es el uso, aplicación y el equipamiento real que tiene la Universidad de San Carlos en sus diferentes facultades con respecto a un SIG, por lo que la presente investigación titulada: “Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede central”. Tiene como objetivo general Identificar qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Y como objetivos específicos Identificar que facultades tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica. Qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades y establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades de la Universidad de San Carlos dan al sistema de información geográfica.

3. METODOLOGÍA

3.1. Etapas para el desarrollo de la investigación

Para el desarrollo de la siguiente investigación se realizaron las siguientes etapas:

3.1.1. Etapa de gabinete 1

Consistió en elaborar el anteproyecto de tesis y presentarlo a las autoridades de la carrera de Ingeniería de Ciencias y Sistemas para su revisión y aprobación.

3.1.2. Etapa de gabinete 2

En función de la aprobación del anteproyecto de tesis y de las sugerencias y correcciones realizadas por las autoridades de la carrera de Ingeniería de Ciencias y Sistemas se procedió a realizar el protocolo original del anteproyecto de trabajo de graduación.

3.1.3. Etapa de gabinete 3

Elaboración y presentación de Marco Teórico.

3.1.4. Etapa de gabinete 4

Elaborar una boleta estructurada que pueda recopilar a través de entrevistas la información siguiente:

- Identificar dentro de la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica.
- Identificar que facultades de la Universidad de San Carlos tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica.
- Establecer qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades y establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades le dan al sistema de información geográfica.

3.1.5. Etapa de campo 1

Consistió en la validación de la boleta estructurada.

3.1.6. Etapa de gabinete 5

Consistió en la elaboración final de la boleta estructurada en función de la validación realizada.

3.1.7. Etapa de campo 2

Consistió en recopilar información a través de la boleta estructurada mediante una entrevista al personal de las diferentes carreras y encargado o especialista que tiene a su cargo el departamento de información geográfica.

3.1.8. Etapa de gabinete 6

Consistió en la tabulación de la información mediante la boleta estructurada.

3.1.9. Etapa de gabinete 7

Consiste en analizar, interpretar y reflexionar sobre el uso de sistema de información geográfica por parte de las facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.1.10. Etapa de gabinete 8

Comprende la elaboración del documento final para ser entregado a las autoridades de la Facultad de Ingeniería para su revisión y aprobación final.

3.2. Recursos

Los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación son los siguientes:

3.2.1. Recursos físicos

- Papelería y útiles de oficina
- Computadora e impresora
- Calculadora
- Encuestas

3.2.2. Recurso humano

- Entrevistador
- Personal profesional docente de las diferentes facultades a entrevistar.

3.3. Alcances

- El alcance que se pretende obtener con la presente investigación es Identificar dentro de la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala qué facultades cuentan con un Sistema de Información Geográfica.
- Identificar que facultades de la Universidad de San Carlos tienen un software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica.
- Establecer qué tipo de software y hardware son utilizados por las facultades y establecer cuál es el uso y aplicación que las facultades le dan al sistema de información geográfica.

3.4. Límites

Entre las limitantes más importantes se puede mencionar el factor tiempo y acceso a la información proporcionada por los coordinadores de carrera y encargados del sistema de información geográfica por parte de cada Facultad.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo tiene como propósito dar respuesta a los objetivos planteados en el presente estudio, mediante el análisis y la interpretación realizada a la información recopilada y tabulada en las entrevistas realizadas a las diferentes facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la sede central.

Esta sede cuenta con 10 facultades, 8 Escuelas, y El Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA que es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece al programa de Centros Regionales Universitarios.

Dentro de las 10 facultades existentes en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran la Facultad de Agronomía, Arquitectura, Ciencias Económicas, Ciencias Jurídicas, Ciencias Médicas, Ciencias Químicas, Humanidades, Ingeniería, Veterinaria y Odontología. Dentro de estas facultades la única facultad que tiene un sistema de información geográfica en funcionamiento es la Facultad de Agronomía que cuenta con hardware y software para el desarrollo del sistema.

Con respecto a las facultades que cuentan con hardware y software para el desarrollo de docencia en ciencia y tecnología, y que puede ser utilizado para la desarrollo de un sistema de información geográfica se encuentran la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura. Siendo importante resaltar que actualmente la Facultad de Arquitectura está implementando un SIG.

Dentro de las ocho Escuelas existentes en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran la Escuela de Ciencias Políticas, Ciencias Psicológicas, Ciencias de la Comunicación, Historia, Trabajo Social, Escuela Superior de Arte, EFPM y Ciencias Lingüísticas. Se puede indicar que ninguna de las escuelas anteriormente indicadas cuenta con un sistema de información geográfica o con hardware y software que puedan sustentar dicho sistema

En el caso del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA que es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se puede indicar que cuenta con un Sistema de Información Geográfica contando con hardware y software para el desarrollo del sistema.

Se puede indicar que el software que tienen relación con Sistemas de Información Geográfica y que existen a nivel institucional en cada facultad son:

Para el caso de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura se cuenta con los programas de AutoCAD (véase la página 32) y los programas básicos de toma de datos topográficos mediante el uso de teodolitos que forman un sistema informativo de almacenamiento de datos tipo vectorial que son utilizados en la medición, ubicación y diseño de proyectos de infraestructura a nivel urbano y rural, y que son fuente de un sistema de información geográfica.

En realidad, AutoCAD y software similares no constituye en sí un SIG ya que solo brinda un paquete para la representación de líneas y puntos que componen vectores, pero no es capaz de aportar la capacidad gráfica ni las tareas que el SIG requiere. Aunque este tipo de software puede constituir una buena base para la creación de SIG (véase la página 31).

Para el caso de la Facultad de Arquitectura es de indicar que está en proceso de implementar un SIG, mediante el uso de ArcView desarrollada por ESRI y que cuenta con el lenguaje Avenue (véase la página 28).

Para el caso de la Facultad de Agronomía se puede indicar que cuenta con el software ArcMap, producido y comercializado por ESRI (véase la página 29). La popularidad de los productos de ERSI ha hecho que los formatos de almacenamiento de sus archivos sean generalizados en el almacenamiento de datos espaciales en el campo de los SIG. El producto más conocido es ArcGIS.

Referente al Centro de Estudios del Mar se puede indicar que cuenta con el software ArcView que es un producto tipo ArcGIS que corre en computadoras de escritorio estándares (Véase la página 28).

ArcView es el mismo software que actualmente está en proceso de implementar la Facultad de Arquitectura.

Se puede exponer que en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las facultades que tienen un hardware para el uso y soporte de un sistema de información geográfica son las Facultades de Ingeniería, Arquitectura, Agronomía y el Centro de Estudios del Mar, contando con sistemas periféricos que contribuyen a desarrollar un sistema de docencia e información geográfica.

Siendo importante resaltar que la única facultad que tiene un laboratorio informático para el uso exclusivo del SIG es la Facultad de Agronomía.

Con respecto al equipo para la toma de datos topográficos se utilizan teodolitos además de que actualmente se está utilizando en las Facultades de Ingeniería, Arquitectura, Agronomía y CEMA el teodolito electrónico o estación total (Véase la página 33).

Para la Facultad de Agronomía el uso que se le da al SIG es el de una herramienta básica para el desarrollo de cursos a nivel técnico y de Licenciatura y en el desarrollo de proyectos de investigación sobre recursos naturales renovables y administración de tierras a nivel técnica y de Licenciatura.

Actualmente, la Facultad de Agronomía cuenta con aproximadamente 13 años de tener un SIG en donde se tiene una base de datos producto de datos generados de las diferentes investigaciones realizadas por la Facultad y por la coordinación interinstitucional con los diferentes entes del Ministerio de Agricultura, el Concejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

El personal con que cuenta la Facultad para el uso y aplicación del SIG esta capacitado a nivel de Licenciatura y Diplomado con un auxiliar de laboratorio de SIG.

Con respecto a la aplicación del SIG se puede mencionar que es utilizado en el desarrollo de mapas base y temáticos para el análisis, interpretación, monitoreo, investigación y gestión del manejo de los recursos naturales y la administración de tierras.

Para el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA el uso que se le da al SIG es también el de una herramienta para el desarrollo de cursos a nivel técnico y de licenciatura y en el desarrollo de proyectos de investigación sobre medición de mareas rojas, alta y baja.

Actualmente, el Centro de estudios del Mar y Acuicultura CEMA cuenta con aproximadamente 13 años de tener un SIG, en donde se tiene una base de datos producto de datos generados de la investigaciones realizadas por el centro y por la coordinación interinstitucional con UNIPESCA, CONRED y el Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas (IIH) del CEMA-USAC.

El personal con que cuenta el Centro para el uso y aplicación del SIG esta capacitado a nivel de Diplomado.

Referente a la aplicación del SIG, se puede señalar que es utilizado en el desarrollo de mapas marítimos, para la detección y ubicación de granjas piscícolas y construcción de estanques y en la actualizar de inventarios piscícolas.

Tomando en cuenta que la Facultad de Agronomía y CEMA ya tienen poco más de una década de haber implementado un SIG, el uso y aplicación de éste ha sido más con fines académicos y no han aprovechado el potencial que tiene el sistema.

La Facultad de Ingeniería sólo utiliza las herramientas de software orientadas a los SIG a un nivel de postgrado, pero solo en el ámbito de la academia, dejando por un lado la aplicación.

De acuerdo a los resultados hemos constatado que la formación de los encargados de los sistemas, ha sido en su mayoría a nivel de diplomado, o como es el caso de la Facultad de Arquitectura, que actualmente está implementando un SIG actualmente, ha tenido que recurrir a la auto-enseñanza para continuar con la implementación evitando que las aplicaciones de los SIG sean más diversas y complejas.

Algo que también puede afectar al uso y aplicación los SIG es que el software que se usa es de tipo propietario. En el caso de Agronomía solo se utiliza el ArcMap que es una herramienta de ESRI pero que no engloba más de las herramientas que brinda la licencia completa de ArcGIS Desktop. En el caso del CEMA poseen la licencia más básica de ArcGIS Desktop que es ArcView.

El uso de software propietario, como ArcView cuya licencia está alrededor de entre US\$1500.00 (véase la página 28), hace que la adquisición de nuevas herramientas sea muy costosa por lo que también la disponibilidad del software sea baja y como se adquieren licencias básicas para reducir el costo, las herramientas tienen menos aplicaciones.

Pero estos costos se pueden reducir si se toma en cuenta herramientas de código abierto y libre llamado open source que es gratis y se puede descargar fácilmente. Dentro de este software podemos mencionar a GRASS GIS creado por el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL). Cabe resaltar que GRASS GIS es el más popular de las herramientas de código abierto orientado a sistema de información geográfica (véase la página 30).

Otro software de código abierto es gvSIG orientada a usuarios comunes como profesionales o institucionales y disponible en varios idiomas (véase la página 30).

Es de mencionar que los SIG de las facultades no colaboran entre sí ni están comunicados con algún tipo de infraestructura de red que permita que se comparta información. Así pues el almacenamiento de datos por parte de cada SIG se encuentra aislado y sin poder contar con alguna base de datos centralizada contribuyendo a que se cuente con datos redundantes e inconsistencias en cuanto a la información que pueda tener cada Facultad.

Tampoco se cuenta con algún tipo de conexión o enlace con las principales instituciones que aplican sistemas de información geográfica en el país. Algunas de estas son Instituto Nacional de Bosques (INAB), Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Municipalidad de Guatemala especialmente en los departamentos en cargados de ordenación territorial, alambrado público, control de drenajes, etc. Y que necesitan de datos georeferenciados para cumplir con sus objetivos.

Este problema con datos e información que poseen los SIG también hacen que no se puedan usar para aplicaciones que puedan involucrar datos de varios sistemas.

CONCLUSIONES

1. De las 10 facultades existentes en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la ciudad capital de Guatemala, solamente la Facultad de Agronomía cuenta con un sistema de información geográfica, funcionando con software y hardware para el desarrollo del sistema. Actualmente, la Facultad de Arquitectura está en proceso de implementar un sistema de información geográfica con software y hardware para dicho sistema. Ninguna escuela existente en la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con sistema de información geográfica.
2. Referente al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA que es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece al programa de Centros Regionales Universitarios. Se puede expresar que cuenta con un sistema de información geográfica funcionando con software y Hardware para el desarrollo del sistema.
3. El hecho de que solamente la Facultad de Agronomía y el Centro de Estudios de Mar CEMA cuenten con software y hardware para el uso de un sistema de información geográfica deriva en que no se les dé el apoyo necesario para cubrir otras áreas importantes como ordenamiento civil, estudios de climas, etc.

4. Las Facultades de Agronomía y CEMA, las cuales cuentan con un SIG, no comparten información entre ellas ni poseen algún tipo de comunicación por infraestructura de red, esto repercute en que no se pueda centralizar la información y que no se puedan utilizar los datos de cada SIG de manera conjunta y aprovecharlos en una mayor medida.
5. No tener una Base de Datos Geográfica centralizada hace que existan datos redundantes, desperdiciando recursos y haciendo que la información no esté actualizada en un solo lugar.
6. Algunas Facultades como Ingeniería y Arquitectura que están en proceso de implementad un SIG o que tienen la intención de implementarlo, se ven obligadas a partir desde cero por el hecho de que la Universidad de San Carlos no cuenta con una estructura central que pueda orientar a la creación de un SIG único que pueda ser alimentado con los datos recaudados por cada Facultad y Escuela.
7. Al existir un SIG central en la Universidad de San Carlos, se podría dar mayor apoyo a estudios internos e instituciones gubernamentales como particulares que necesiten información de índole espacial y geográfica, ya que datos de diferente índole pueden ser analizados conjuntamente para abarcar más aspectos.

8. Algunos servicios que brinda el SIG de la Facultad de Agronomía son facilitar datos que han sido generados de las diferentes investigaciones realizadas por la Facultad y otras organizaciones en el desarrollo de mapas base y temáticos para el análisis, interpretación, monitoreo, investigación y gestión del manejo de los recursos naturales y la administración de tierras dentro de instituciones como Ministerio de Agricultura, Concejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

9. Actualmente, el Centro de estudios del Mar y Acuicultura CEMA cuenta con aproximadamente 10 años de tener un SIG, en donde se tiene una base de datos producto de datos generados de la investigaciones realizadas por el centro y por la coordinación interinstitucional con UNIPESCA, CONRED y el Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas (IIH) del CEMA-USAC y que ayuda al desarrollo de mapas marítimos, para la detección y ubicación de granjas piscícolas y construcción de estanques y en la actualizar de inventarios piscícolas dentro del mismo CEMA y las instituciones mencionadas anteriormente.

10. Dentro del software que se utiliza en la Facultad de Agronomía se puede mencionar programas como AutoCAD y los programas básicos de toma de datos topográficos, mediante el uso de teodolitos; también se utiliza ArcMap y el CEMA utiliza ArcView.

11. El software utilizado es desarrollado por la empresa estadounidense ESRI, siendo de índole propietario, por lo que los costos de adquisición son altos, considerando que la herramienta más usada es ArcView cuya licencia básica puede ser adquirida por US\$1500.00.
12. La falta de investigación en cuanto a herramientas de software de índole libre como lo puede ser software OpenSource, hace que el costo sea un factor que impida a la creación de SIG para diferentes aplicaciones, más aún, puede evitar que se desee unificar los diferentes sistemas que ya existen.
13. Un factor que puede impedir el desarrollo de los SIG dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala es que son más orientados a la enseñanza y no a la aplicación, como ejemplo, se observa que la Facultad de Agronomía cuenta con aproximadamente 13 años de tener un SIG y el uso que se le da al SIG es el de una herramienta básica para el desarrollo de cursos a nivel técnico y de Licenciatura, al igual que el CEMA, y su aplicación se limita al desarrollo de proyectos de investigación sobre recursos naturales renovables y administración de tierras a nivel técnica y de Licenciatura y al desarrollo de proyectos de investigación sobre medición de mareas rojas, alta y baja, respectivamente.
14. Otro factor que afecta al desarrollo de los SIG es que la formación del personal que opera los diferentes Sistemas de Información Geográfica es más a nivel de Diplomado que de Licenciatura.

RECOMENDACIONES

1. Se considera que la sede central de la Universidad de San Carlos debe contar con un SIG a nivel central que sea utilizado para la captura, manipulación, análisis, diseño, despliegue y almacenamiento de información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión en las diferentes carreras que existen en la universidad.
2. Al contar ya con un SIG, la sede central de la Universidad de San Carlos de Guatemala haga alianzas estratégicas con entes nacionales e internacionales para el establecimiento, desarrollo, uso y aplicación de un SIG.
3. Las Facultades y Escuelas de la sede central de la Universidad de San Carlos pueden contar con su propio SIG con el propósito de contribuir al desarrollo intelectual estudiantil y docente que permita hacer investigaciones y hacer propuestas que contribuyan con el objetivo de proyección de la universidad.

4. Las facultades y escuelas de la sede central de la universidad al contar con su propio sistema de información geográfica en su especialización, pueden alimentar el SIG central de la universidad de tal manera que se pueda tener un SIG completamente integrado que permita hacer propuestas a la resolución de problemas a nivel nacional.
5. Dentro del área científica, un SIG central de la Universidad de San Carlos puede ser aplicado dentro de las ciencias medioambientales, desarrollo de modelos de estudio y modelización cartográfica.
6. En el aspecto de gestión, un SIG puede ayudar en cuanto a ordenación territorial, información pública, cartografía automática, catastro, planificación urbana, planificación física, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos.
7. Sin dejar a un lado el aspecto empresarial, un SIG puede resolver problemas como estrategias de distribución, marketing, planificación de vías de comunicación, planificación de transportes y localización óptima entre otras.
8. Capacitar a los docentes de las diferentes carreras sobre la implementación, uso y aplicación de un SIG, con el objetivo que los docentes sean multiplicadores del conocimiento.

9. Tomar en cuenta herramientas de código libre (open source) para disminuir costos de adquisición de software y ampliar las aplicaciones que se le puede dar a un SIG. Las herramientas más populares son GRASS y gvGIS.
10. Contar con un equipo adecuado de GPS para facilitar la toma de datos espaciales e instruir adecuadamente tanto al cuerpo docente como a los estudiantes.
11. Si no es posible crear un SIG central, lograr comunicar mediante infraestructura de red los dos SIG que existen actualmente, además de tratar de centralizar una base de datos para compartir información entre el CEMA y la Facultad de Agronomía y evitar que exista información redundante.
12. En cuanto al soporte que la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas puede brindar, se recomienda un estudio de la viabilidad de que los estudiantes inicien un desarrollo a nivel de software a partir de alguna herramienta de código libre para poder implementar una herramienta que tenga los principios de los software más utilizados por las facultades para la implementación de un SIG.

13. Los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas podrían recibir alguna instrucción acerca de los SIG para que ellos puedan dar soporte y fortalecer los SIG ya existentes en las facultades poniendo en práctica sus conocimientos en análisis, desarrollo y mantenimientos de sistemas, así también, del software y hardware involucrado.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Barredo, J. I. y Bomez, M. 2005.** *Sistemas de Información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación Territorial.* s.l. : Ra-Ma, 2005.
2. **Bolstad, P. 2005.** *GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems.* s.l. : Eider Press, 2005.
3. **Buzai, G.D. y Baxendale, C.A.** *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica.* Buenos Aires : Lugar Editorial.
4. **Chang, K. 2007.** *Introduction to Geographic Information System.* Cuarta edición. s.l. : McGraw Hill, 2007.
5. **Conselleria de Infraestructuras y Transporte. 2008.** *gvSIG.* [En línea] 2008. [Citado el: 12 de Junio de 2009.]
<http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=que-es-gvsig&L=0&K=1,>
6. **Consultores Ambientales CEA. 2008.** *Geoconsultores.* [En línea] 2008. [Citado el: 15 de Junio de 2009.]
[http://www.geaconsultores.com/glosario.php?Bk=0&Palabra=S.](http://www.geaconsultores.com/glosario.php?Bk=0&Palabra=S)
7. **ESRI. 2009.** *ESRI España - ArcMap.* [En línea] 2009. [Citado el: 05 de Mayo de 2009.] [http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=18.](http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=18)

8. —. **2009.** *ESRI*. [En línea] 2009. [Citado el: 05 de Junio de 2009.] <http://www.esri.com/software/arcgis/arcview/pricing.html>.
9. —. **2009.** *ESRI España - Arcview*. [En línea] 2009. [Citado el: 02 de Mayo de 2009.] <http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=181>.
10. **García Paz, Vladimir. 2001.** *GAFAG*. [En línea] 31 de Mayo de 2001. [Citado el: 25 de Abril de 2009.] <http://www.gaf.de/>.
11. **GeoTecnologías S.A. 2008.** *GeoTecnologías*. [En línea] 2008. <http://www.geotecnologias.com>.
12. **Gianfelic, Esteban. 2008.** *Mapas y mas*. [En línea] Julio de 2008. [Citado el: 12 de Mayo de 2009.] <http://www.mapasymapas.com.ar/>.
13. **Harvey, Francis. 2008.** *A Primer of GIS, Fundamental geographic and cartographic concepts*. s.l. : The Guilford Press, 2008.
14. **Luzanía Valerio, Manuel Salvador. 2005.** *La ciencia y el hombre*. [En línea] 2005. [Citado el: 12 de Abril de 2009.] <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num3/articulos/informacion%20geografica/index.htm>.
15. **Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.** *Cartografía y SGI*. [En línea] [Citado el: 28 de 06 de 2009.] <http://www.mapa.es/es/sig/pags/siga/intro.htm>.

16. **Mitasova, H. y Neteler, M. 2004.** *Open Source GIS: A GRASS GIS Approach*. Boston : Kluwer Academic Publishers/Springer, 2004.

17. **Monsalve R., Jhon Jairo y Carmona, Alvaro de J.** *Monografías - Sistemas de información geográficos*. [En línea] [Citado el: 23 de abril de 2009.] <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>.

18. **Peña, Juan L. 2006.** *Sistema de Información Geografica aplicados a la gestión del territorio*. s.l. : Club Universitario Editores, 2006.

19. **Rodríguez Pascual, A. 1993.** *Proposición de una definición profunda de SIG*. Madrid : s.n., 1993.

20. **Sarría, Francisco Alonso. 2006.** *Universidad de Murcia*. [En línea] 2006. [Citado el: 06 de Abril de 2009.] <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>.

21. **Tinoco Guevara, Roberto.** *Monografías - Definición y algunas aplicaciones de los sistemas de información geográfica*. [En línea] [Citado el: 16 de Abril de 2009.] <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>.

ANEXOS

Hardware utilizado para soportar los SIG

Facultad de Agronomía

- Procesador Intel Pentium 4 2.4Ghz
- Memoria RAM de 512
- Disco duro 60GB
- Windows XP Professional SP2

- Procesador Intel Pentium IV 3.3Ghz
- Memoria RAM de 2GB
- Disco duro 120GB
- Windows Vista home Premium

- Monitor LG flat 19" widescreen
- 4 Monitores LG flat 20"

- Switch o conmutador D-link DES-1005D para las conexiones de red entre las computadoras ayudando a la comunicación y a compartir datos de manera local.

Facultad de Ingeniería

- Procesador Intel Pentium 4 2.0Ghz
 - Memoria RAM de 512
 - Disco duro 80GB
 - Windows XP Professional SP2
 - Monitores Samsung
-
- Procesador Intel Pentium IV 2.8Ghz
 - Memoria RAM de 1GB
 - Disco duro 80GB
 - Windows Vista Bussines
-
- Switch o conmutador D-link DES-1016D para las conexiones de red entre las computadoras ayudando a la comunicación y a compartir datos de manera local.

Además destaca el hecho de que estos equipos se encuentran a disposición de los alumnos en laboratorios del departamento de SAE/SAP (Soporte a Estudiantes y Soporte a Profesores) que contribuyen a la formación de los alumnos en el uso de las herramientas de software de todo tipo.

Facultad de Arquitectura

- Procesador Intel Pentium 4 2.66Ghz
- Memoria RAM de 1GB
- Disco duro 120GB
- Windows XP Professional SP2
- Monitores LG

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA)

- Procesador Intel Pentium 4 2.0Ghz
 - Memoria RAM de 512
 - Disco duro 80GB
 - Windows XP Professional SP2
 - Monitores Samsung y AOC
-
- Procesador Intel Pentium 4 2.4Ghz
 - Memoria RAM de 512
 - Disco duro 60GB
 - Windows XP Professional SP2
 - Monitores Samsung