

Conceptos básicos de Sistemas de Información Geográfica

Mario Piumetto

Resumen

Este documento desarrolla los fundamentos principales de los Sistemas de Información Geográfica, es decir el “qué” y el “para qué” de los mismos. Conocerás cuáles son los elementos que definen a un SIG, sus características esenciales y los principales grupos de funciones presentes en un SIG.

Objetivos de aprendizaje

El estudio de este documento, conjuntamente con los recursos adicionales recomendados y el desarrollo de las actividades previstas, te permitirá alcanzar los siguientes aprendizajes:

1. Ser capaz de definir y explicar qué son los SIG.
2. Comprender cuál es el verdadero rol de los SIG en proyectos y organizaciones.
3. Conocer cuáles son los componentes de un sistema de información.

Índice

1. Introducción <i>-algunas pistas-</i>	3
2. Definición de SIG	6
3. Principales características técnicas	10
Organizan la información geográfica en capas	10
Almacenan información descriptiva de los elementos geográficos	11
Relación con los sistemas CAD y las Bases de Datos	13
Desarrollan análisis espacial sobre los datos	14
4. Finalidad de los SIG	16
5. Funcionalidades	18
Preguntas a las que puede dar respuesta un SIG	18
Funcionalidades	23
Captura de datos	24
Manejo de datos	25
Visualización y consulta	25
Análisis espacial	26
Salida de datos y presentación	26
6. Componentes de un SIG	27
Hardware	28
Software	29
Procesos	30
Datos	31
Recursos humanos	32
Importancia de los recursos humanos	33
7. Recursos adicionales	34
Bibliografía	34
Links en Internet	36

1. Introducción -algunas pistas-

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) surgieron en la década del 60, a partir del avance en distintas áreas vinculadas con la informática, la geografía, la cartografía y la información. Si bien su historia es relativamente reciente, la tecnología de los SIG ha tenido un crecimiento muy importante y muy acelerado desde sus primeros años y hoy, puede observarse una amplia y muy variada utilización en distintas áreas de nuestra sociedad.

Antes de abordar una definición formal de los SIG, veamos algunas “**pistas**” que permitan introducirnos con mayor claridad en el tema.

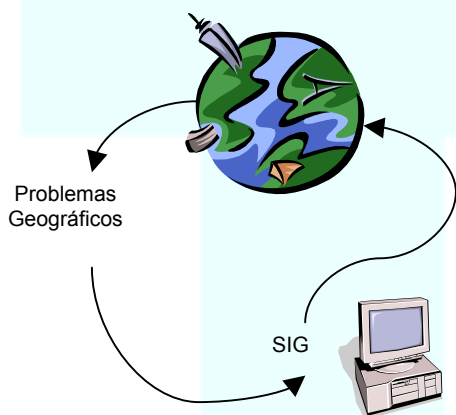
En primer lugar, de su propio nombre, podemos reconocer que estos sistemas tienen “algo que ver” con los datos geográficos; tal vez con el análisis sobre esos datos y/o con la representación de los mismos (mapas). Sea cual fuese el tipo de relación, sin lugar a dudas “tienen que ver” con la “**información geográfica**”.



En segundo lugar, también a partir de su nombre, vemos que se hace referencia a que son un “**sistema de información**” y, hoy, asociamos dicha expresión con la informática, las computadoras, un ambiente digital de trabajo, un sistema informático que soporta el funcionamiento de una organización, de cualquier tipo y tamaño.

Así, llegamos a la primera idea de que los SIG son un “sistema de información” y que dicha información está relacionada al “espacio geográfico”

SIG = Sistema de Información + G



En tercer lugar, es importante conocer realmente para qué sirven, para qué se utilizan los SIG. Si bien los software de este tipo poseen funciones para el dibujo de mapas y para la elaboración de productos cartográficos de calidad, ésta no es su función principal, sino que su rol –y la principal razón de su surgimiento hace cuatro décadas atrás- está mas relacionado con la **“gestión y análisis de la información geográfica para la resolución de problemas complejos de la realidad”**.

Así, los SIG se identifican como una **“herramienta de soporte al proceso de toma de decisiones, ya sea en un proyecto o en una organización”**, aportando, a los típicos conjuntos de información, la componente geográfica y generando, de esta manera, una visión más completa y más adecuada de los problemas bajo análisis.

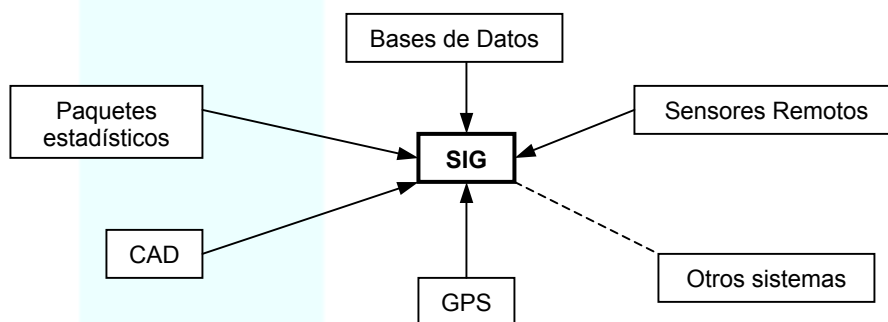
En cuarto lugar, por el tipo de información que almacenan y analizan, los SIG son una herramienta que se utiliza en distintas áreas de la sociedad, muy variadas entre ellas. La información sobre el espacio geográfico no es un recurso exclusivo de los geógrafos o los medioambientalistas (por mencionar profesiones claramente vinculadas con cuestiones geográficas) sino también un recurso para muchos proyectos y organizaciones vinculadas con muy diferentes temáticas, como salud, educación, seguridad, demografía o marketing, por dar sólo algunos ejemplos.



Como consecuencia, los SIG generalmente involucran a profesionales, técnicos y especialistas de distintas áreas en equipos de trabajo multidisciplinarios.

Buscando acercarnos a una definición de los SIG, vemos que no estamos hablando de una herramienta exclusiva de una profesión, de un tipo de organización o para soluciones puntuales. **Los SIG son una herramienta multifacética y utilizada por muchos sectores de la sociedad.**

Otra consideración importante al hablar de los SIG, es que estos sistemas se relacionan de una manera muy directa con otras tecnologías como las bases de datos, los sensores remotos (que generan las imágenes satelitales) y el GPS. Los SIG no son sistemas aislados, sino todo lo contrario. Una importante característica de estas herramientas es que son capaces de integrar una gran cantidad de datos existentes en otros programas o provenientes de otras fuentes (tanto alfanuméricos como gráficos), a fin de contar con una descripción del espacio geográfico lo más detallada y ajustada como sea posible. Adicionalmente, también pueden vincularse a otros sistemas especializados como los programas de dibujo asistido por ordenador (CAD), paquetes estadísticos, utilitarios de conversión de coordenadas, etc.



En resumen, al hablar de SIG estamos refiriéndonos a:

- Una herramienta tecnológica, enmarcada en las "tecnologías de información".
- Una tecnología con historia relativamente reciente.
- Un sistema de información.
- Un sistema de información que trabaja con información geográfica.
- Un sistema orientado fundamentalmente al tratamiento y análisis de la información geográfica, como soporte a la toma de decisiones en proyectos y organizaciones.

- Una herramienta estrechamente vinculada con otras tecnologías.
- Una herramienta utilizada por muy diferentes áreas de la sociedad.
- Una herramienta que involucra el trabajo de equipos multidisciplinarios.

Es importante observar que, al referirse a los SIG, suelen usarse de manera indistinta los términos “tecnología”, “sistema” y “herramienta”, ya que los SIG pueden ser todo ello, según el punto de vista con que son conceptualizados. Si se los observa desde un grupo de trabajo que está utilizando los SIG para la resolución de un problema complejo de transporte, los verán como una “herramienta”. Si se los intenta definir desde una organización, donde los SIG dan soporte a la gestión de los servicios públicos y a la toma de decisiones, son un “sistema de información”. Desde un punto de vista más general y en relación con otros avances desarrollados en la sociedad, los SIG son vistos como parte de las “tecnologías de información”.

2. Definición de SIG

Existen una gran cantidad de definiciones de “Sistema de Información Geográfica”, muchas de ellas con distintas orientaciones según la importancia que los autores les asignan a los diferentes aspectos de esta tecnología¹.

Así, encontramos definiciones más orientadas a las **funcionalidades** de los SIG, como por ejemplo:

"Un sistema computarizado para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis y presentación de datos espaciales". Clarke (1986).

"Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real". Burrough (1986).

"Una tecnología de la información que almacena, analiza y presenta datos espaciales y no espaciales". Parker (1988).

¹ Las definiciones que se incluyen a continuación han sido tomadas de libros de los mismos autores o de libros donde se las cita textualmente.

"Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión." NCGIA (1990).

Otro conjunto de definiciones, está más orientado a las **bases de datos**:

"Un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica. Un SIG general puede ser visto como un conjunto de rutinas espaciales especializadas que descansan sobre una base de datos relacional estándar". Goodchild (1985).

"Una base de datos computarizada que tiene información espacial". Cebrián (1988).

"Un conjunto de procedimientos manuales o computarizados para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente". Aronoff (1989).

"Un sistema de información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas". Star y Estes (1990).

"Un Sistema de Información Geográfica es un tipo especializado de base de datos, que se caracteriza por su posibilidad de manejar datos geográficos, es decir, espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes". Bracken y Webster (1990).

Ciertos autores definen los SIG desde el punto de vista de las **organizaciones**:

"Un sistema de ayuda a la decisión que integra datos referenciados espacialmente en un contexto de resolución de problemas." Cowen (1988).

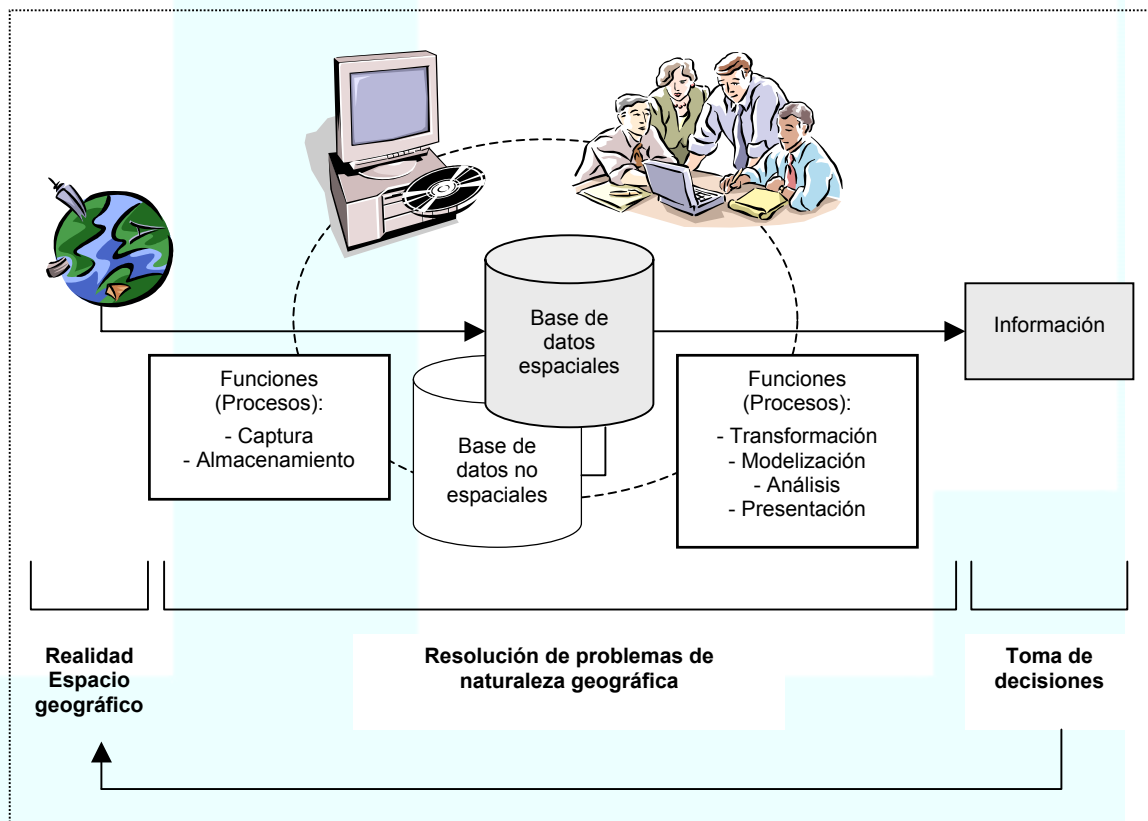
"Una entidad institucional reflejo de una estructura organizativa que integra tecnología con una base de datos, expertos y una financiación continua en el tiempo". Carter (1989).

Las definiciones expuestas son sólo algunas de las tantas definiciones y de muy variados enfoques que pueden encontrarse en sitios web, bibliografía y artículos técnicos de la especialidad. Sin embargo, no puede decirse que todas ellas sean contradictorias o alguna resulte más adecuada que otra, sino simplemente que las mismas responden a diferentes orientaciones según la perspectiva, circunstancia, aplicación o punto de vista de sus autores.

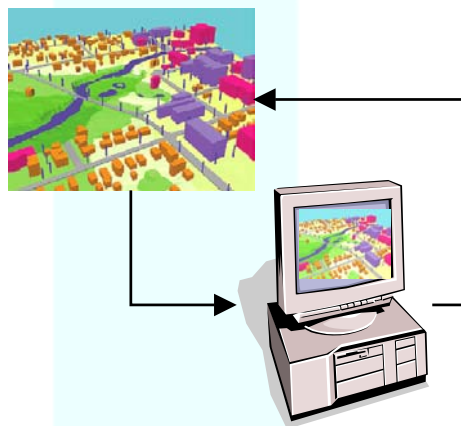
No obstante ello, en todos los casos, sí se observan los siguientes **elementos comunes o de importancia en la definición de SIG**:

1. Es un sistema de información, compuesto por hardware, software, datos, procedimientos y recursos humanos, destinado a soportar los procesos de toma de decisiones.
2. Trabaja con una base de datos que posee información espacial.
3. Cuenta con funciones especializadas de captura, almacenamiento, transformación, modelización, análisis y presentación de datos espaciales, para la resolución de problemas de naturaleza geográfica.

El siguiente gráfico rescata los elementos fundamentales y busca ilustrar a un SIG.



A fin de contar con una definición sencilla, algo más informal, pero sin dejar de lado los elementos fundamentales comunes, definiremos a un SIG de la siguiente manera:



Un sistema que permite modelar el espacio geográfico y realizar análisis de tipo espacial sobre dichos datos, con el fin de dar soporte a la toma de decisiones.

Además de las distintas orientaciones o puntos de vista que se observan en las definiciones formales -provenientes de ambientes académicos y científicos- los SIG también pueden ser definidos de diferentes maneras según el público que los utiliza ("Geographic Information Systems and Science", Longley / Goodchild / Maguire / Rhind, 2001).

Usuarios / Destinatarios	Interpretación, percepción de los SIG
Público en general	<i>Un repositorio de mapas en formato digital.</i>
Quienes toman decisiones, grupos comunitarios	<i>Una herramienta informática para la resolución de problemas geográficos.</i>
Administradores, investigadores	<i>Un sistema espacial de soporte a las decisiones.</i>
Gerentes de empresas de servicios, de transporte	<i>Un inventario automatizado de los elementos y servicios distribuidos geográficamente.</i>
Científicos, investigadores	<i>Una herramienta para revelar lo que de otro modo sería información geográfica invisible.</i>

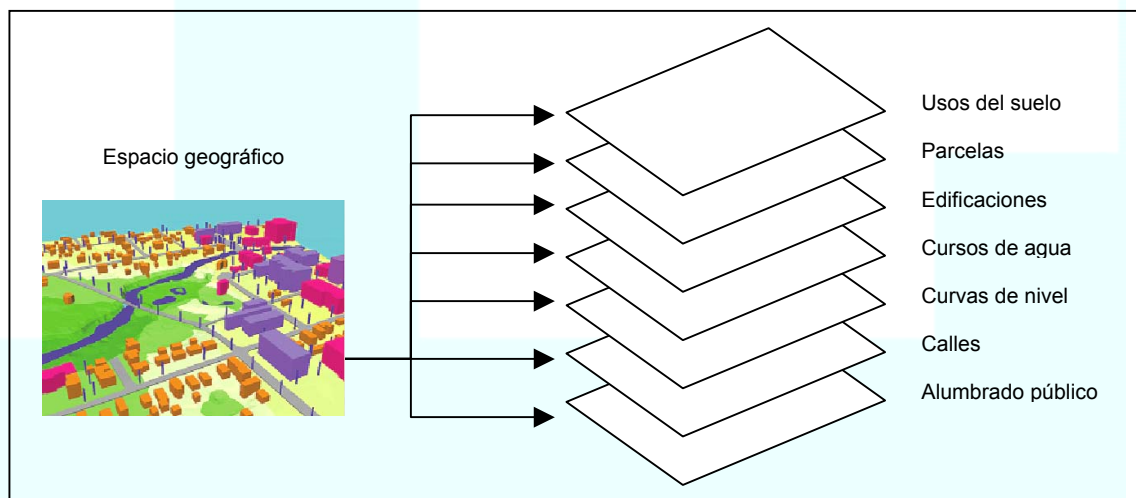
	<i>sería información geográfica invisible.</i>
Administradores de recursos, planificadores, cartógrafos	<i>Una herramienta para la realización de operaciones sobre datos geográficos que serían muy laboriosas, costosas o imprecisas si se realizaran manualmente.</i>

Como conclusión, vemos que **existen muchas maneras y todas ellas válidas, para definir un Sistema de Información Geográfica**. Lo importante es tener en cuenta los elementos fundamentales y el público a quién está dirigida.

3. Principales características técnicas

Los SIG poseen determinadas características que los hacen distintivos de otros sistemas y, al mismo tiempo, permiten definirlos con mayor claridad y precisión. A continuación, desarrollaremos brevemente tres de las características técnicas más importantes.

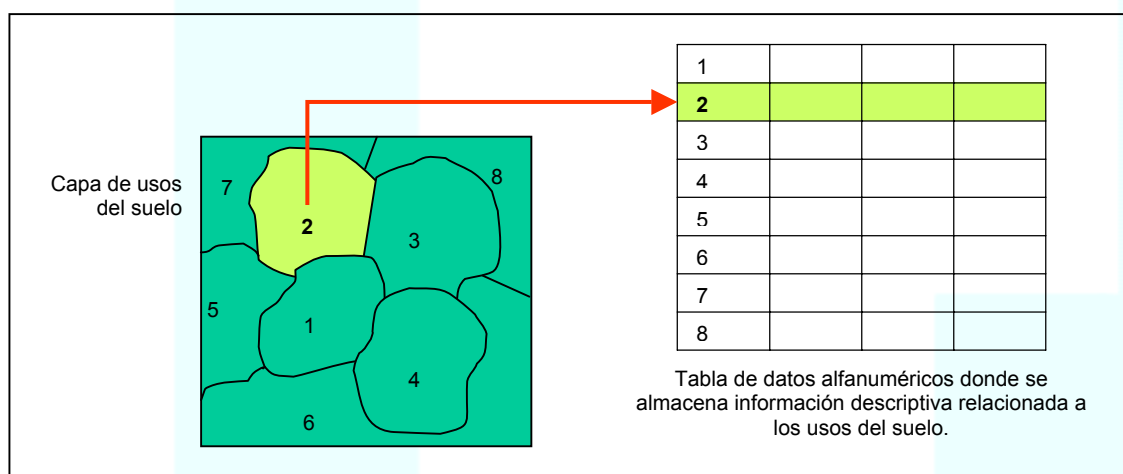
Organizan la información geográfica en capas



Los SIG representan el espacio geográfico a través de “capas de información”, conjunto de datos al que se denomina “modelo” del espacio geográfico. Cada una de estas capas corresponden con una temática particular del espacio (como por ejemplo: edificaciones, espacios verdes, red de gas natural, etc.) y están georreferenciadas en un mismo sistema de coordenadas, lo que permite su visualización y tratamiento en forma conjunta. Esta manera de organizar los datos geográficos, permite al usuario, desde un software SIG, seleccionar y trabajar sólo con la información del espacio geográfico que le resulta necesaria, prescindiendo del resto de los datos del modelo y agilizando la obtención de resultados².

Las capas de información pueden ser representaciones puntuales, lineales o superficiales de los elementos de la realidad (como el caso de los mapas tradicionales) o bien, otro tipo de representaciones que estudiaremos como las fotografías aéreas, las imágenes de satélite y los modelos digitales de elevaciones (MDE).

Almacenan información descriptiva de los elementos geográficos

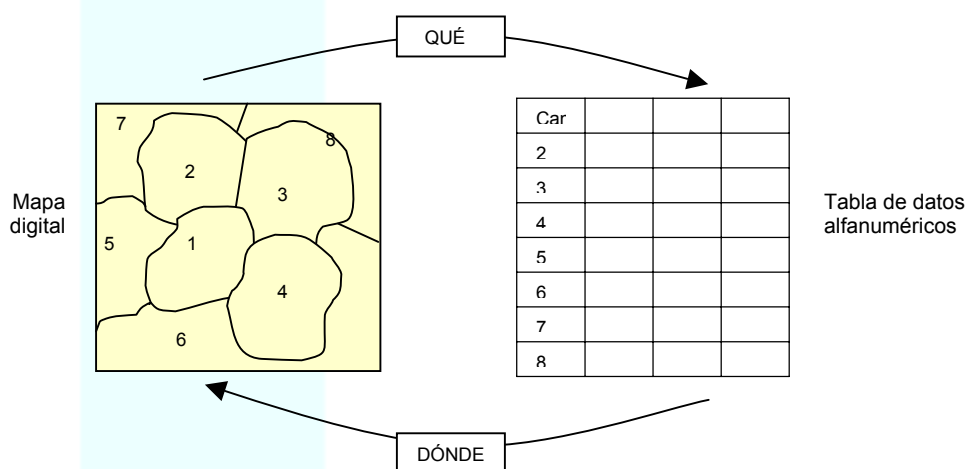


² Esta forma de organizar los datos también es usada, de manera similar, por los sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadoras).

La descripción del espacio geográfico a través de “capas” ya era una técnica utilizada con anterioridad al desarrollo de estas herramientas informáticas (los SIG y los CAD), realizándose a partir de la superposición de mapas individuales en papel transparente. Uno de los pioneros en el uso de esta técnica en forma manual fue el Arquitecto (escocés) Ian McHarg.

Esta característica es prácticamente exclusiva de los SIG y, de alguna manera, es aquella que hace la diferencia con otros tipos de sistemas. Es el resultado de la combinación de los ambientes gráfico y alfanumérico, que se venían trabajando en sistemas separados. Así, los SIG no pueden ubicarse como “sistemas que trabajan con información gráfica -o geográfica” (como programas de dibujo, de imágenes, de cartografía digital) ni como “sistemas que trabajan con datos alfanuméricos” (como planillas de cálculo, bases de datos, paquetes estadísticos), sino como un nuevo “tipo” de sistemas, que **“administran ambos tipos de datos en forma integrada”**.

Un primer nivel de aplicaciones (no por ello de menor importancia) que posibilita este modelo de datos es poder observar la ubicación geográfica de un elemento buscado en los listados alfanuméricos o bien, consultar mayor información de un elemento seleccionado sobre el mapa.



La administración integrada de datos gráficos y alfanuméricos hace que, en una base de datos SIG, cada elemento gráfico (que corresponde con algún objeto geográfico de la realidad) posea información descriptiva en un registro de la tabla de atributos, existiendo de esta manera una relación **“uno a uno”** entre elementos gráficos y registros alfanuméricos³.

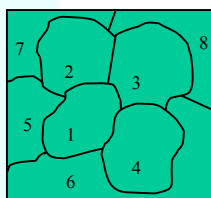
³ Esta relación “uno a uno” se observa claramente en un primer nivel de relaciones entre el ambiente gráfico y alfanumérico. Sin embargo, en estructuras de datos más complejas (como en una base de datos relacional), donde los atributos de un elemento geográfico pueden estar distribuidos en distintas tablas, las relaciones entre los registros de la “tabla de atributos primaria” con el resto de las tablas pueden ser diferentes: uno a muchos, muchos a uno, muchos a muchos.

Relación con los sistemas CAD y las Bases de Datos

Como veníamos mencionando, los SIG fueron desarrollados a partir de la idea de crear un nuevo ambiente de trabajo, donde los datos gráficos y alfanuméricos fueran administrados en forma integrada. En este contexto, el desarrollo de los SIG incluyó la incorporación y adaptación de ciertas funcionalidades que eran propias de los programas de dibujo asistidos por computadora –CAD– y de los sistemas de administración de bases de datos (sistemas que administraban datos gráficos y alfanuméricos respectivamente, en forma independiente) y, todo lo contrario a prescindir de ellos, buscó integrar estas tecnologías –con sus potencialidades– en soluciones de tipo integral.

CAD / Cartografía digital

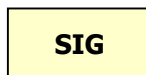
- Basados en herramientas de dibujo.
- Mejoran los procesos de dibujo, en calidad y eficiencia.
- Nacieron originalmente para dibujos de ingeniería.
- No están diseñados para trabajar con datos alfanuméricos, aunque pueden almacenar algunos atributos básicos y conectarse con datos alfanuméricos externos.



	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			

Bases de Datos (RDBMS)

- Tratan grandes volúmenes de datos (alfanuméricos y multimedia) de manera muy eficiente.
- No poseen funcionalidades gráficas.



Sistemas de Información Geográfica

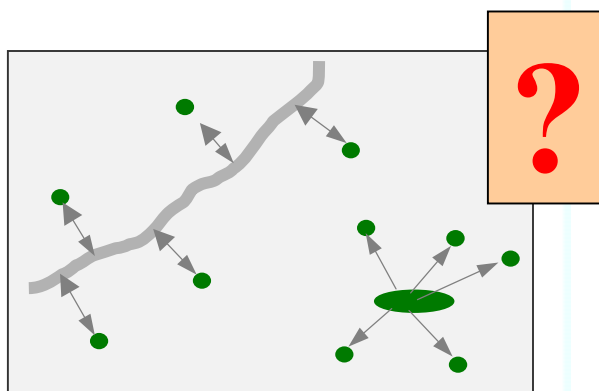
- Basados en el tratamiento integrado de datos gráficos y alfanuméricos.
- Capacidad de desarrollar operaciones espaciales.
- Poseen capacidades de dibujo, como los sistemas CAD y de cartografía digital.
- Toman de los RDBMS ciertas capacidades para la administración de los datos alfanuméricos, pero no se independizan de ellos.

Fijar límites entre los SIG y los programas de dibujo y de administración de bases de datos no resulta sencillo, ya que, por lo que se mencionaba anteriormente, existen muchos elementos en común. Por ejemplo, los sistemas CAD trabajan con elementos gráficos que pueden representar

objetos del espacio geográfico y ciertas bases de datos permiten establecer vínculos con programas de dibujo desde los cuales pueden consultarse los atributos de los elementos gráficos. ”**¿Qué es lo que define –entonces- que un software sea un Sistema de Información Geográfica? La capacidad para desarrollar operaciones espaciales sobre los datos**” (“Understanding GIS, The ARC/INFO Method”, ESRI, 1997). Analicemos, en detalle, esta capacidad de los SIG en el siguiente punto.

Desarrollan análisis espacial sobre los datos

Esta característica ya se mencionó en páginas anteriores, pero no por ello se dejará de mencionar explícitamente que la capacidad de los SIG de desarrollar análisis espacial sobre los datos es una de sus características sobresalientes y que, junto con la característica anterior, es exclusiva de estos sistemas.



¿Qué significa “análisis espacial”? Consideremos el siguiente ejemplo para comprender desde un punto de vista práctico su significado (ejemplo adaptado de “Understanding GIS, The ARC/INFO Method”, ESRI, 1997):

Esta tabla muestra la ubicación geográfica y cantidad aproximada de habitantes en las ciudades seleccionadas (datos no precisos, utilizados sólo con fines ilustrativos).

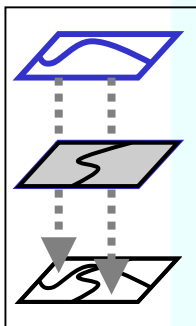
Localidad	Latitud	Longitud	Habitantes
Buenos Aires	34S	58W	8.000.000
Santiago de Chile	33S	70W	4.300.000
Madrid	40N	3W	5.000.000
México (DF)	19N	99W	20.000.000
Montevideo	34S	56W	1.400.000
Lima	15S	69W	6.500.000

Consultas no espaciales

Una pregunta como “¿Cuál es el promedio de habitantes entre las ciudades seleccionadas?” es una consulta no espacial, ya que para obtener la respuesta **no es necesario considerar la ubicación de dichas ciudades**. Para resolver este tipo de consultas no es necesaria la utilización de un software SIG.

Consultas espaciales

Preguntas como “¿Cuáles de las ciudades seleccionadas se encuentran a menos de 1.000 Km. unas de otras? O “¿Cuál es el camino más corto para visitar las ciudades latinoamericanas del listado, con un vehículo?”, son consultas de tipo espacial, ya que **deben considerarse los datos de ubicación de cada ciudad e**, incluso, otros datos cartográficos de la región para poder obtener las respuestas. Sólo un SIG puede resolver adecuadamente este tipo de consultas.



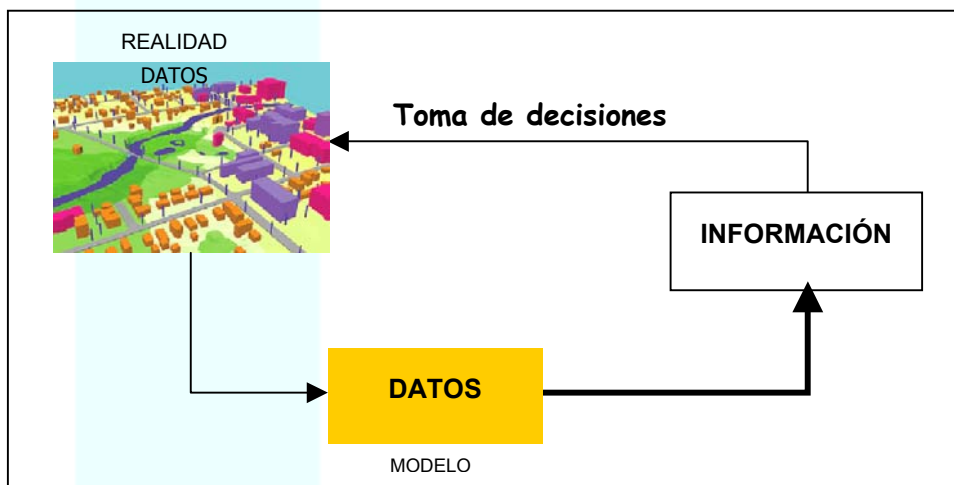
Los anteriores, son ejemplos sencillos de análisis espaciales que pueden realizarse con un SIG. Este tipo de análisis no sólo consideran consultas y procesos especiales sobre una capa o layer de datos, sino también la realización de operaciones conjuntas entre distintas capas a fin de obtener “nuevos conjuntos de información” que antes no eran “visibles”.

Indudablemente los SIG poseen muchas otras características, pero las tres que acaban de exponerse son, posiblemente, aquellas más representativas, más difundidas y las más claras para quienes se inician en esta tecnología. Otras características importantes que pueden mencionarse son: la **capacidad de generar y almacenar datos topológicos**⁴ (en algunos software y según el formato de datos) y la **gran cantidad de funciones para la integración con datos de distintas**

fuentes (como mapas digitales en otros formatos, fotos aéreas, imágenes satelitales, archivos de datos GPS, archivos provenientes de relevamientos topográficos -colectora de datos-, bases de datos corporativas, etc.).

4. Finalidad de los SIG

La finalidad principal de un SIG, en un proyecto o dentro de una organización, es **generar información geográfica** (a partir de un modelo del espacio geográfico) **para dar soporte a la toma de decisiones**, un proceso que usualmente no involucra la suficiente consideración de información espacial.



William Huxhold (en “An Introduction to Urban Geographic Information Systems”, 1991) menciona, a partir de experiencias en distintas instituciones de gobierno locales, que **la cantidad de información que tiene relación con el espacio geográfico alcanza el 80% al 90% de toda la información que se administra en la institución**, en todos sus niveles (operativos, gestión,

⁴ La Topología es una parte de las matemáticas que estudia las relaciones espaciales entre los objetos, en nuestro caso, entre los elementos geográficos. La identificación de este tipo de relaciones y su almacenamiento posibilita, en determinados paquetes de software SIG, la realización eficiente de análisis geográficos especiales.

políticos)⁵. Con ello, pretende mostrarse la importancia de considerar la “variable geográfica” de los datos en los procesos de toma de decisiones.

“Saber en dónde están las cosas y por qué es esencial para una toma de decisiones racional”

Jack Dangermond, ESRI

Según el tipo de organización o proyecto donde un SIG se utiliza, la finalidad del sistema puede ser algo diferente. Si bien “dar soporte a los procesos de toma de decisiones” es el fin principal y último de los Sistemas de Información Geográfica, **también pueden observarse implementaciones destinadas a la investigación científica o más orientadas a la gestión operativa de servicios públicos**, entre otros casos.

Aunque para muchos especialistas la finalidad de los Sistemas de Información Geográfica es clara y contundente, distintas circunstancias han hecho que actualmente se observen usos inadecuados de esta tecnología, desaprovechándose sus verdaderas capacidades y las inversiones -muchas veces elevadas- en hardware, software, datos y capacitación.

Uno de los usos inadecuados más comunes de un SIG es su utilización, casi exclusiva, para “inventario de datos geográficos” (confección de cartografía) y la consecuente “producción de mapas”. Si bien es cierto que los SIG poseen herramientas para desarrollar estas tareas y que la implementación de un SIG requerirá inicialmente la confección de la cartografía que servirá de base al sistema, es muy común encontrar usuarios, proyectos y organizaciones que no “pasan” de esta “etapa natural”.

Existen muchas razones que pueden producir utilizaciones inadecuadas de los SIG. A modo de ejemplo, pueden mencionarse:

⁵ Según experiencias en Noruega este valor puede ubicarse entre el 50% y el 70% (“Geographic Information Systems”, Tor Bernhardsen, 1992). En Estados Unidos, usuarios del sector público y O’Looney (2000) estiman que el 70% al 80% del trabajo en gobiernos locales involucra el uso de SIG, de alguna manera (“Geographic Information Systems and Science”, Longley / Goodchild / Maguire / Rhind, 2001).

- Desconocimiento del verdadero rol y las capacidades de esta tecnología.
- Capacitación deficiente en el uso de herramientas SIG.
- Problemas en la implementación (económicos, políticos, de gestión).
- Mal asesoramiento de los vendedores de software.
- Escasa o nula existencia de datos geográficos digitales (lo que obliga a destinar mucho tiempo y recursos a la confección de las bases de datos).
- Poca o mala interacción entre los responsables de los SIG en las organizaciones con las áreas usuarias, destinatarias de los mismos.

5. Funcionalidades

Introducimos en las funcionalidades y capacidades de estos sistemas permitirá comprender mejor cuál es el concepto de los SIG, qué son y para qué sirven.

Preguntas a las que pueda dar respuesta un SIG

Una primera aproximación a las capacidades de los SIG puede realizarse siguiendo el estudio de Rhind (1990), quien identificó 6 grandes tipos de preguntas a las que un SIG puede o debe responder⁶.

identificación

¿Qué hay en... ?

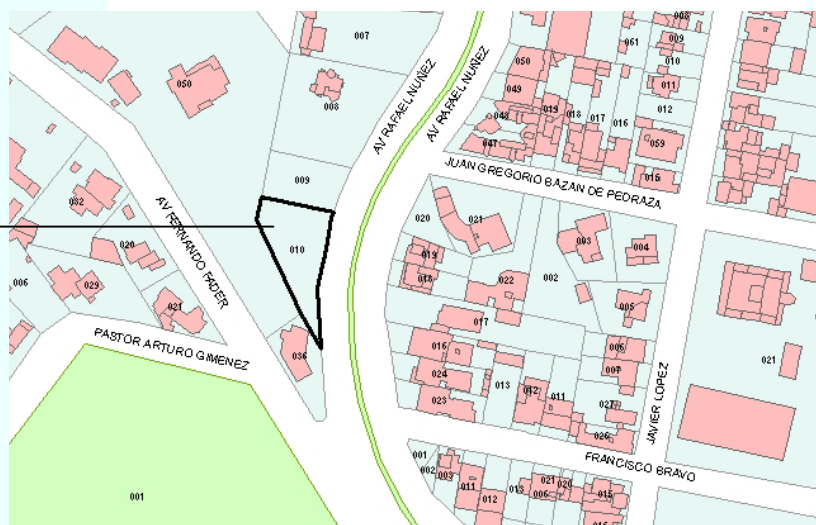
Los SIG poseen la capacidad de brindar información detallada sobre un determinado sitio del espacio geográfico, el cual es indicado por el operador con el mouse o brindando su dirección, nombre, identificador o coordenadas geográficas.

La información que se brindará sobre dicho sitio, será aquella que esté almacenada en la base de datos de atributos.

Si bien los SIG permiten solicitar información detallada de un sitio a partir del nombre del lugar, identificador, domicilio, etc., resulta más eficiente (y hace la diferencia con un sistema alfanumérico) la interacción con el mapa digital, seleccionando con el mouse -sobre el monitor del puesto de trabajo- el lugar de interés.

Datos de una parcela:

Distrito: 05
Zona: 08
Manzana: 047
Parcela: 010



⁶ Existen otros estudios similares, pero la cantidad y el tipo de preguntas varían ligeramente entre los distintos autores.

localización

¿Dónde sucede que ... ?

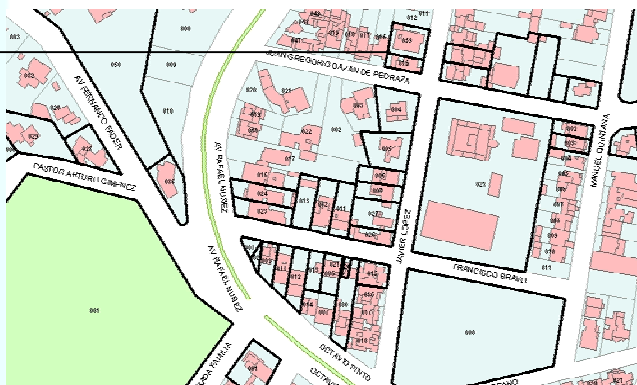
Este tipo de preguntas requieren la realización de análisis espaciales de distintas complejidades para que puedan ser respondidas.

Básicamente consiste en la especificación de determinadas condiciones, alfanuméricas y/o geográficas, y en la obtención de un mapa resultado en el que se indican aquellas zonas donde las condiciones se cumplen.

Opcionalmente, puede obtenerse como resultado el listado de las coordenadas de los sitios o un listado de los sitios con su nombre, domicilio u otro identificador.

Listado de parcelas
próximas a una futura
obra de pavimento:

09200670753
09200670754
09200670761
09200670762
...



tendencias

¿Qué ha cambiado desde ... ?

Esta tercera pregunta incluye la consideración de la "componente temporal" de los datos geográficos. Supone la comparación de mapas de distintas fechas del mismo lugar, con el fin de encontrar diferencias en un plazo determinado de tiempo.

Un ejemplo, podría ser la utilización de un SIG para analizar el crecimiento del área urbana de una ciudad o estudiar un proceso de desertificación en una zona rural.



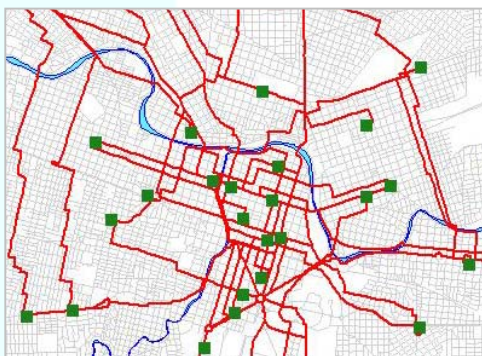
Análisis de crecimiento de barrios e infraestructura vial en un sector urbano

rutas óptimas

¿Cuál es la mejor ruta entre ... ?

Algunos SIG o módulos de SIG especializados poseen la capacidad de determinar el camino óptimo entre 2 o más localizaciones. Por camino óptimo debe considerarse aquel que mejor reúne las condiciones impuestas por el usuario (rapidez, economía, proximidad, comodidad, etc).

Los caminos óptimos pueden determinarse sobre una red de calles (o rutas) o sobre un modelo continuo del espacio, por ejemplo, en la determinación de las mejores zonas para la construcción de un camino rural.



Camino óptimo para la distribución de mercaderías entre las sucursales de un supermercado

patrones

¿Qué patrones o relaciones existen entre ... ?

Este tipo de preguntas son más sofisticadas e involucran la utilización de varios conjuntos de datos a fin de obtener relaciones o patrones que puedan explicar una situación determinada.

Como ejemplo de este tipo de preguntas podemos mencionar: ¿Qué distribución espacial presentan los casos de muerte por cáncer en pacientes que viven en una zona con una central nuclear? ("Understanding GIS, The ARC/INFO Method", ESRI, 1997) o ¿Qué tipo de relación existe entre el microclima de una zona con la existencia de establecimientos industriales y la estructura social de los barrios en dicho sector? ("Cartography, Visualization of spatial data", Kraak and Ormeling, 1996).

Dr. John Snow
Estudio de las causas del cólera
Londres, Soho, 1854
(mayor información www.jsi.com)



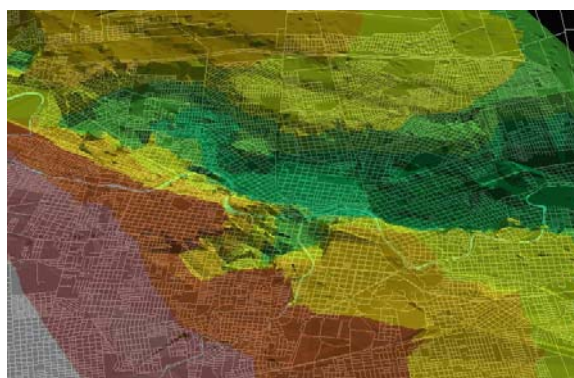
modelos

¿Qué ocurriría si ... ?

Este último conjunto de preguntas son respondidas desde los SIG a partir de un modelo de simulación de determinada situación bajo estudio, como por ejemplo la construcción de un nuevo barrio, un accidente ambiental, etc.

Son preguntas usualmente realizadas desde grupos dedicados a actividades de planificación, emergencias y predicción de fenómenos.

Modelo tridimensional
para la simulación de
zonas afectadas por
inundación



Funcionalidades

En general, más allá del tipo y nivel de los distintos software, pueden identificarse los siguientes “grupos de funciones” en un SIG:

1. Captura de datos.
2. Manejo de datos.
3. Visualización y consulta.
4. Análisis espacial.
5. Salida de datos y presentación.

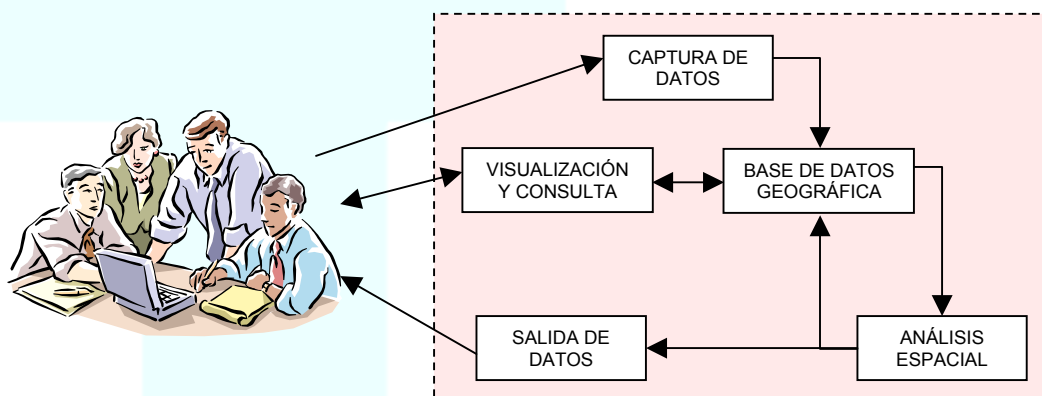


Gráfico adaptado de "Principles of Geographical Information Systems", Burrough and McDonnell, 1998

Captura de datos

Los SIG poseen una gran cantidad y variedad de funciones para la construcción de la base de datos geográfica, las cuales, básicamente, consisten en procesar y transformar los datos de distintas fuentes al formato de datos del SIG.

Como fuentes principales pueden identificarse: planos papel, cartografía digital, fotografías aéreas, imágenes satelitales, datos GPS, relevamientos topográficos, censos, tablas de datos alfanuméricos, entre otros.

Las funciones disponibles incluyen: digitalización utilizando tableta digitalizadora, digitalización en pantalla, herramientas de dibujo, conversión de distintos formatos de imágenes y mapas digitales, carga de atributos alfanuméricos, etc.

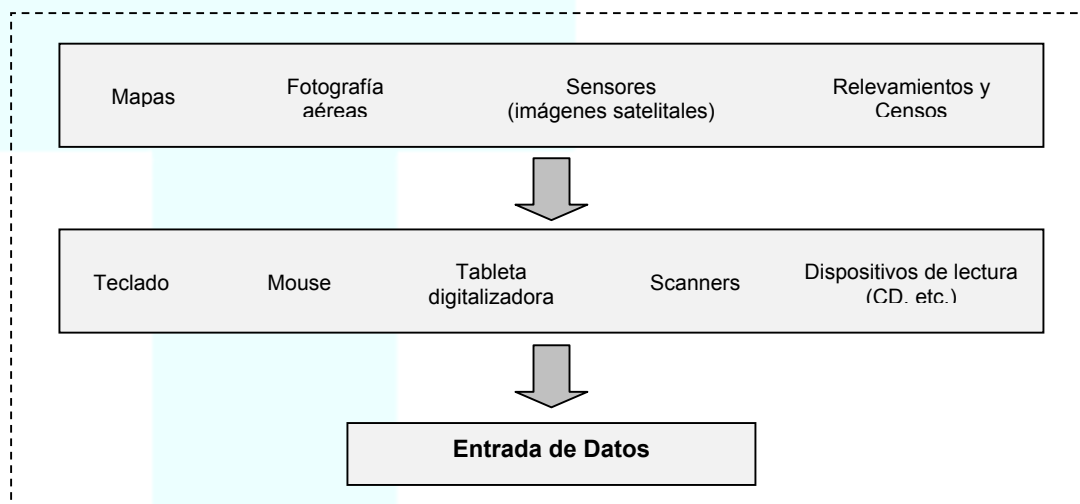


Gráfico adaptado de "Principles of Geographical Information Svstems". Burrough and McDonnell. 1998

Manejo de Datos

Este conjunto de funciones están orientadas al almacenamiento y gestión de la base de datos geográfica, la cual posee aspectos geométricos, topológicos y descriptivos de los datos. Son funciones que permiten administrar las estructuras de datos e interactuar con los sistemas de administración de bases de datos relacionales (RDBMS).

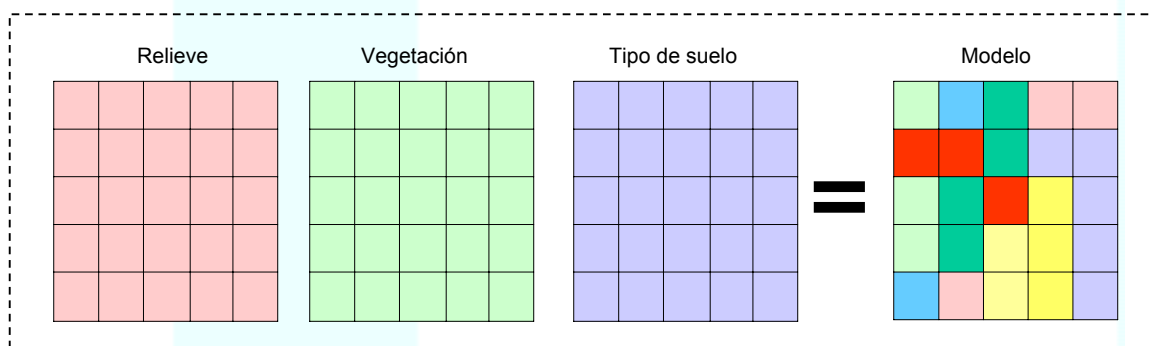
Visualización y consulta

Los SIG ofrecen un importante conjunto de herramientas para la interacción del usuario con los datos geográficos digitales. Entre este tipo de funciones se destacan: herramientas de pantalla (ampliar, reducir, mover), manejo de simbología (colores, tramas, tamaños, espesores), clasificación de elementos sobre la base de variables determinadas (mapas temáticos), creación y generación de textos y consulta de información asociada a los elementos (identificar).

Análisis espacial

Las funciones de análisis espacial constituyen el grupo de funciones características de los SIG y posibilitan procesar los datos geográficos para la obtención de nuevos conjuntos de datos que sirvan, a través de mapas o reportes, de soporte a la toma de decisiones.

Las funciones de análisis espacial incluyen: consultas a la base de datos a partir de condiciones alfanuméricas y/o geográficas, reclasificación (para datos de tipo raster⁷), superposición de distintos conjuntos de datos (overlay), interpolación de datos puntuales (por ejemplo, para la generación de curvas de nivel), análisis de proximidad, determinación de caminos óptimos, generación de modelos digitales del terreno (DEM), análisis hidrológicos, etc.



Ejemplo de superposición de datos "raster" para la obtención de un modelo específico

Salida de datos y presentación

Este conjunto de funciones están dirigidas a mostrar los datos y resultados de los análisis a los usuarios finales. Los resultados (información) pueden ser presentados como tablas, reportes, gráficos estadísticos y mapas y a través de distintos soportes, como copias impresas, archivos digitales, pantalla de PC, imágenes, video, etc.

⁷ Raster es la denominación que toma determinada estructura de datos en un SIG y que significa la representación del espacio geográfico mediante un "grilla regular". Así el espacio se divide en celdas del mismo tamaño, cada una de las cuales toma un determinado valor. Ejemplos de estructura raster son las imágenes satelitales, donde los rasgos geográficos no quedan definidos por puntos, líneas o polígonos (como sucede en la cartografía convencional, considera ésta, en cambio, una "estructura vectorial") si no por celdas del mismo valor.

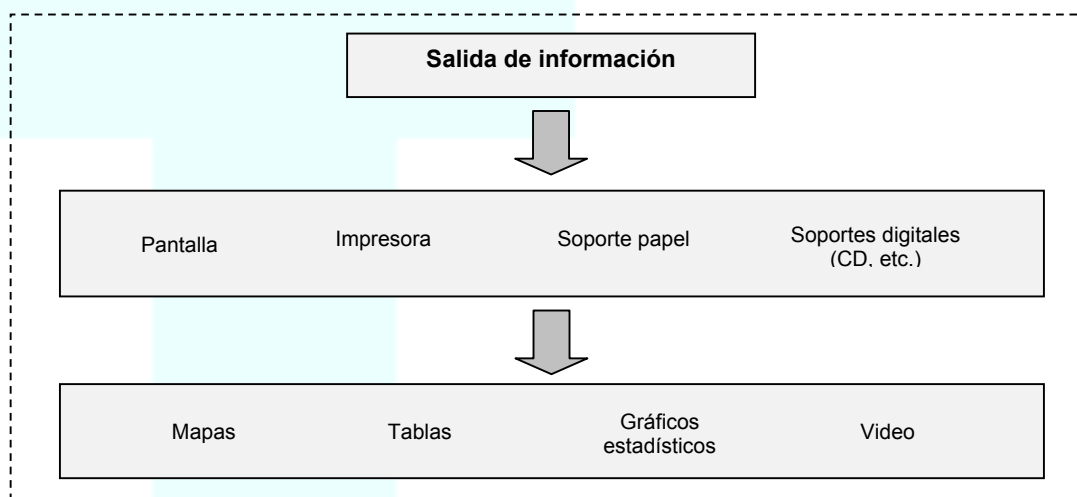


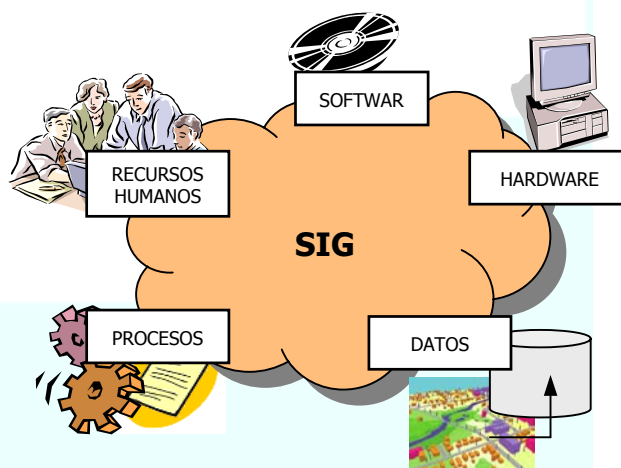
Gráfico adaptado de "Principles of Geographical Information Systems". Burrough and McDonnell. 1998

6. Componentes de un SIG

Un SIG, como todo sistema, posee componentes que trabajan interrelacionados y posibilitan el cumplimiento de sus fines. Los componentes de un SIG son los mismos que para cualquier sistema de información.

Los componentes principales son:

1. Hardware
2. Software
3. Procesos
4. Datos
5. Recursos humanos



Si bien los componentes difieren en niveles de complejidad, costos y plazos de implementación, todos son igualmente importantes y necesarios. Con esto quiere significarse que un SIG no es simplemente “computadoras y programas”. Un SIG significa un sistema de información especializado para una organización con necesidades especiales e implicará -además de seleccionar e instalar **computadoras y programas**- identificar e implementar **procesos** particulares, diseñar y elaborar el **modelo del espacio geográfico (los datos)** e involucrar y capacitar a los **recursos humanos** de las áreas donde dicho sistema comenzará a funcionar.

Además de los componentes principales existen otros elementos que también intervienen en un SIG (como en todo sistema de información) y que no deben ser descuidados. Uno de ellos, muy importante, es la “**organización**” donde se implementará el sistema, lo que significa considerar los aspectos legales, económicos, políticos y culturales que influirán en el diseño, desarrollo y operación del sistema.

A continuación, nos introduciremos -con mayor detalle- en cada uno de los componentes principales.

Hardware

Este componente representa el soporte físico del SIG. Está conformado por las computadoras donde se desarrollan las distintas tareas de administración y operación del sistema, por los servidores donde se almacenan los datos y se ejecutan ciertos procesos, por los periféricos de entrada (como mesas digitalizadoras, scanner, dispositivos de lectura de archivos, etc.), los periféricos de salida (como los monitores, impresoras, plotter, etc.) y todos los componentes de la red informática.

Hoy en día, la plataforma de trabajo más habitual son computadoras con Windows como sistema operativo, trabajando contra servidores más potentes, los que suelen utilizar sistemas operativos Windows o UNIX / Linux. Una característica común en los puestos de trabajo es la utilización de monitores de gran tamaño (17”, 19” o 21”).

Si bien las mesas o tabletas digitalizadoras fueron muy utilizadas hasta hace algunos años atrás, actualmente los procesos de digitalización de documentos papel suele realizarse en pantalla, sobre una imagen escaneada de dichos planos. Este proceso es mucho más cómodo y económico que el anterior, además de contar con varias ventajas a nivel operativo, al interactuar mucho más fácilmente con el software; sin embargo, debe cuidarse la resolución con que los planos son escaneados.

A nivel de comunicaciones, cualquier sistema que piense implementarse actualmente, no sólo debe considerar una buena infraestructura de comunicaciones hacia dentro de la organización (LAN / WAN), sino también un importante vínculo a Internet, ya que las potencialidades de los sistemas de información geográfica en este campo son muy amplias y en constante desarrollo y crecimiento.

Como elementos vinculados a la captura de datos pueden considerarse: notebooks, pocket PC, equipos GPS, teléfonos celulares, filmadoras y máquinas fotográficas digitales, entre otros.

En general no es un componente dificultoso a la hora de definir. En el mercado las opciones son muy amplias y los costos, fundamentalmente con relación al resto de los componentes, son bajos. Sí, es recomendable que el equipamiento seleccionado posea gran capacidad de procesamiento y almacenamiento al momento de inicio del proyecto, ya que el soporte físico suele ser el elemento que más rápido “envejece” dentro del sistema.

Software

Este componente representa el soporte lógico del sistema. Está conformado no sólo por el software y las aplicaciones SIG, sino también por los sistemas operativos, los sistemas de administración de bases de datos (RDBMS), los lenguajes de programación necesarios para el mantenimiento y desarrollo de las aplicaciones y otros programas especializados, como para el procesamiento de imágenes satelitales, de dibujo (CAD), paquetes estadísticos, etc.

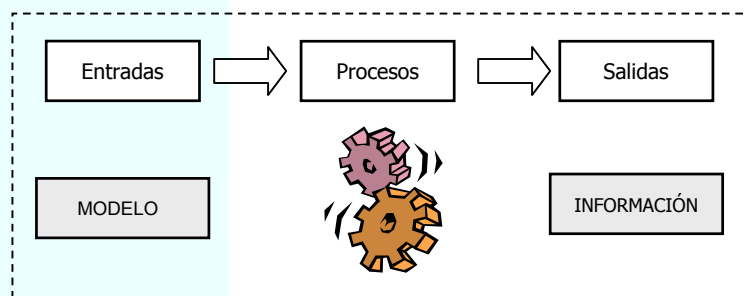
De acuerdo con el nivel del SIG a implementar y el volumen de datos que se administrará, la base del sistema puede estar conformada simplemente por archivos individuales o bien, por una

base de datos relacional. Resulta importante definir correctamente la base de datos a utilizar, a fin de que la misma pueda vincularse sin inconvenientes con otras bases de datos y sistemas de la organización y, eventualmente, soportar una base de datos de tipo espacial.

A nivel de software SIG, actualmente pueden encontrarse una gran variedad de productos, con distintos fines, capacidades, tipos de datos que pueden trabajar, simplicidad de operación y aprendizaje, niveles de costos, etc. Según los distintos usuarios del sistema, deberán definirse y adquirirse los software SIG adecuados para cada puesto de trabajo.

Procesos

Los procesos definen qué tareas, utilizando los datos y recursos tecnológicos, serán realizadas por el sistema. Definen el Qué del Sistema.



Una definición clara de los procesos a ejecutar resulta imprescindible para una correcta identificación de las necesidades de software, aplicaciones, conformación de la base de datos, hardware y capacitación.

Ejemplos de procesos generales son:

- Diseño de recorridos de transporte público de pasajeros.
- Monitoreo ambiental, a partir de puntos de emisión de contaminantes en una ciudad.
- Respuesta a emergencias médicas y ambientales.

- Análisis de los cambios en el uso del suelo rural.
- Determinación de patrones y causas en epidemias.
- Estudios y análisis hidrológicos.

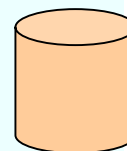
Ejemplos de procesos particulares son:

- Ubicación de puntos de distribución de mercadería a partir de sus domicilios.
- Cálculo de un recorrido óptimo entre los puntos de distribución.
- Localización de una zona apta para la ubicación de un depósito de residuos sólidos.
- Determinación de las localidades próximas a la zona de la explosión.
- Localización de las parcelas con impuestos impagos durante los últimos 5 años.

Al definirse los procesos, también deben definirse dónde y quiénes ejecutarán los mismos. Estas definiciones indicarán si los procesos se ejecutarán en los puestos de trabajo (procesamiento descentralizado), en el servidor (proceso centralizado) o si se utilizará un modelo híbrido. Cómo y quiénes ejecutarán los procesos, influirá en la definición de roles y permisos de acceso a los datos y la especificación de funcionalidades o herramientas a las que los usuarios podrán acceder desde sus puestos de trabajo.

Datos

Este componente es aquel que mayor relación tiene con las geociencias. No es un componente tecnológico ni procedimental del sistema. Queda representado físicamente por una base de datos almacenada en un servidor, en el caso de sistemas corporativos o por un conjunto de archivos almacenados en el puesto de trabajo, en el caso de SIG pequeños u orientados a un proyecto específico.



La base de datos contiene el conjunto de datos que representan (a través de un modelo) el espacio geográfico sobre el cual la organización actúa y se dirigen sus políticas y decisiones. La

base de datos queda conformada por elementos gráficos, que definen la geometría de los elementos geográficos y atributos, que son las características de dichos elementos. Los elementos gráficos quedan definidos por coordenadas que, a la vez que definen la forma y dimensiones, permiten ubicar desde un punto de vista absoluto (coordenadas geográficas o proyectivas en un sistema real) los elementos e identificar sus relaciones respecto de los demás elementos (topología).

Desde el usuario, la base de datos es visualizada como capas de información de distintas temáticas (calles, manzanas, ríos, usos del suelo, etc.) del espacio bajo análisis.

La base de datos de un SIG es desarrollada por los recursos humanos de la organización y, en algunos casos, por empresas contratadas para tal fin. Una base de datos “no se compra”, a excepción de algunos datos (como por ejemplo, los datos provenientes de un Censo Nacional), sino que a partir de distintas fuentes y utilizando funciones específicas de los programas y periféricos para la entrada de datos, equipos especializados llevan adelante la “elaboración de la base de datos”, durante un tiempo muchas veces considerable.

Este componente es uno de los más críticos del sistema, ya que generalmente resulta el más costoso, posee plazos largos para su implementación definitiva y requiere de una constante actualización, mucho más exigente que el resto de los componentes del sistema.

Como fuentes para el desarrollo de la base de datos geográfica (o base de datos del SIG) pueden mencionarse: cartografía digital, cartografía papel (o analógica), relevamientos topográficos, relevamientos GPS, fotografías aéreas, imágenes satelitales, censos, listado de domicilios, etc.

Recursos humanos

Los recursos humanos que administrarán y utilizarán el SIG son otro componente del sistema, igualmente importante que los otros. Sin embargo, la “preparación” de este componente no resulta tan sencilla como los componentes más bien técnicos. Trabajar con los recursos humanos, conformar los equipos, producir cambios en sus hábitos de trabajo, brindar capacitación y obtener resultados en los procesos de trabajo, son tareas difíciles de llevar adelante y la importancia y

esfuerzos que se dediquen a este componente no deben ser subestimados. Usualmente se desarrolla este componente simplemente a través de cursos de capacitación, en lugar de diseñar una “estrategia integral de gestión de los recursos humanos y del cambio en general”.

Al diseñar e implementar un SIG, deben identificarse claramente los distintos roles de los recursos humanos clave. Además de los usuarios finales, usualmente es imprescindible la conformación de áreas que sirvan de soporte especializado al sistema, donde pueden encontrarse programadores, analistas de sistemas, administradores de bases de datos, especialistas en cartografía, etc.

La capacitación es el medio para gestionar adecuadamente los recursos humanos y obtener los cambios necesarios para su adecuado funcionamiento. La capacitación debe ser vista como un “proceso” en el que se adquieren “nuevos conocimientos, habilidades y actitudes” y no simplemente como “cursos de operación” de programas (software) instalados.

Importancia de los componentes

A modo de conclusión, resulta muy importante resaltar un punto de relevancia en la implementación de un SIG: los componentes más importantes no son los componentes técnicos (por llamarlos de alguna manera, como son el hardware, software y los datos), sino más bien los componentes “blandos” del sistema, como son **los procesos, los aspectos de la organización y los recursos humanos**.

“El uso de la tecnología de la información significa más que tener disponibilidad de computadoras o el desarrollo de un sistema de información.”

Consultora Nolan Norton

7. Recursos adicionales

A continuación se recomiendan recursos adicionales con los que puedes ampliar los temas vistos en el documento.

Bibliografía

SIG: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Editorial: Síntesis

Autor: Gould Michael - Gutierrez Puebla

Año: 1994

Idioma: Español

Recomendaciones: Capítulo 1: ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica?

Capítulo 6: Historia y perspectivas del futuro de los Sistemas de Información Geográfica.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Editorial: Bernhardsen Tor

Autor: VIAK IT and Norwegian Mapping Authority

Año: 1992

Idioma: Inglés

Recomendaciones: Capítulo 1: Geographical Information Systems and Geographical Information

Capítulo 2: Historical Development - Geographical data and GIS.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR GEOSCIENTISTS

Editorial: Pergamon

Autor: Graeme F. Bonham - Carter

Año: 1994

Idioma: Inglés

Recomendaciones: en este libro encontrarás una breve introducción al mundo de los GIS (pág. 1-9) y modelos de datos espaciales raster y vector, atributos, modelo relacional (pág. 32-49).

TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Editorial: ra-ma

Autor: F.Javier Moldes

Año: 1995

Idioma: Español

Recomendaciones: Capítulo 1: Introducción a los sistemas de información geográfica

PRINCIPLES OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR LAND RESOURCES
ASSESSMENT

Editorial: Claredon Press Oxford

Autor: P.A.Burroughs

Año: 1988

Recomendaciones: Capítulo 1 : Geographical Information: Society, Science and Systems

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Editorial: Editorial RIALP

Autor: Joaquín Bosque Sendra

Año: 1992

Idioma: Español

Recomendaciones: Capítulo 1: Definición de Sistema de Información Geográfica

UNDERSTANDING GIS, THE ARC/INFO METHOD

Editorial: Geoinformation International, John Wiley & Sons

Autor: ESRI

Año: 1990

Idioma: Inglés

Recomendaciones: Lesson 1: Why GIS?

THE HISTORY OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Editorial: Prentice Hall PTR

Autor: Timothy W. Foresman

Año: 1998

Idioma: Inglés

CARTOGRAPHY - VISUALIZATION OF SPATIAL DATA.

Editorial: Longman

Autor: M.J.Kraak & F.J. Omerling

Año: 1996

Idioma: Inglés

Recomendaciones: este libro en su primer capítulo define los SIG, sus funcionalidades, finalidades, y su relación con la cartografía (pág. 1-10, 16-18). En el siguiente capítulo menciona las características del modelo raster y vector (pág. 26-30).

MODELING OUR WORLD

Editorial: ESRI Press

Autor: Michael Zeiler

Año: 1999

Idioma: Inglés

Recomendaciones: Capítulo 3: GIS data representations

AN INTRODUCTION TO URBAN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Editorial: Oxford

Autor: William E. Huxhold

Año: 1991

Idioma: Inglés

Recomendaciones: resulta interesante parte del Capítulo 2: "Geographic information systems defined" (pág. 27-36) donde se definen los GIS, AM/FM, CAD, LIS, etc.; componentes para el mapeado automático de datos geográficos, software y hardware y sistemas de administración de bases de datos.

ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Editorial: Prentice-Hall

Autor: Laudon Jane P.

Año: 1996

Idioma: Inglés

Recomendaciones: Capítulo 1: "El reto de los sistemas de información" pág. 8-10 ¿Qué es un sistema de información?; Capítulo 7: "Software de los sistemas de información" pág. 250 Mapeo de soluciones con software de información geográfica.

MI COMUNIDAD NUESTRA TIERRA

Una guía del proyecto estudiantil hacia el desarrollo sostenible y la geografía

Editorial: ESRI Press

Autor: Joyce Foresman y PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente)

Año: 2001

Idioma: Español

Recomendaciones: Capítulo "SIG para principiantes"

Links en Internet

INTRODUCTION TO GIS

<http://www.quantdec.com/SYSEN597/intro/frame.htm>

Introducción a los Sistemas de Información Geográficos

Idioma: Inglés

Comentarios: conjunto de diapositivas con conceptos básicos acerca de los GIS, sus componentes, usuarios, aplicaciones, etc.

QUE ES UN SIG?

<http://www.geotecnologias.co.cr/Documentos/GIS.pdf>

Información general sobre los sistemas de información geográfica

Idioma: Español

Comentarios: información básica de los GIS, definición, tipo de tareas que realiza, componentes, diferencias y relaciones con otras tecnologías, etc. Se recomienda el apartado "1.2 Sobre GIS".

ISATID

<http://www.isatid.net/conoc/fgis/fgis.htm>

Artículo que de forma breve trata qué es lo que un sistema de información geográfica puede hacer, aplicaciones, análisis, consultas, etc.

Idioma: Español

GISDEVELOPMENT

<http://www.gisdevelopment.net/>

Idioma: Inglés

Comentarios: dentro de la sección "Tutorials" encontrarás una pequeña guía básica acerca de qué son los SIG, fundamentos y análisis geográfico.

GIS@PURDUE

<http://pasture.ecn.purdue.edu/~caagis/tgis/index.html>

Información sobre los fundamentos de los SIG, casos de estudio, etc

Idioma: Inglés

Comentarios: breves explicaciones acerca de los GIS, sus funcionalidades, estructura de datos, software, dónde encontrar datos GIS, etc.

GIS.COM

<http://www.gis.com/>

Idioma: Inglés

Comentarios: se recomienda entrar a las secciones "What is GIS?" y "Why use GIS?" donde encontrarás definiciones, requerimientos, usos y finalidades de los GIS.

CENTRO DE SUPERCOMPUTACIÓN DE GALICIA

<http://www.cesga.es/ca/defaultC.html>

Compañía científico tecnológica, cuya misión principal es promover servicios comunes de apoyo a la investigación, desarrollo e innovación en el campo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones en Galicia.

Idioma: Español

Comentarios: pueden consultarse dentro de la sección "GIS" definiciones varias, una breve reseña histórica y algunas aplicaciones sobre los SIG.

UNISIG

<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001>

Página de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica UNISIG del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Idioma: Español

Comentarios: en la sección "Los SIG" encontrarás definiciones, cuestiones a las que responde un SIG, aspectos a tener en cuenta en su construcción, funcionamiento, aplicaciones y análisis, componentes y tecnologías relacionadas.

GABRIELORTIZ.COM

<http://recursos.gabrielortiz.com/>

Idioma: Español

Comentarios: dentro del apartado "Teoría GIS: Temas de Iniciación" encontrarás un artículo introductorio para entender las bases de los SIG.

THE GIS FILES

<http://www.ordnancesurvey.co.uk/gis-files/index.htm>

GIS files es una página con conceptos básicos de GIS, datos e información geográfica, uso de los GIS, análisis, etc.

Idioma: Inglés

Comentarios: en "Getting to grips with GIS" encontrarás nociones acerca de los GIS, tipos de datos, modelos raster y vector, etc.

GEOMATICS - SYSTEMS SELF LEARNING TOOL

<http://www.geom.unimelb.edu.au/gisweb/>

Sitio web desarrollado por el Departamento de Geomatica de la Universidad de Melbourne donde se desarrollan conceptos GIS introductorios y avanzados.

Idioma: Inglés

Comentarios: consulta la sección "Introduction to GIS". Encontrarás una sección teórica con definiciones de GIS, información geoespacial, aplicaciones, GIS raster y vectoriales, etc. Además, puede verse un pequeño clip de película con ejemplos interactivos.

CONSEJO PROFESIONAL DE AGRIMENSURA DE LA PROV. DE BUENOS AIRES

<http://www.cpa.org.ar/InfoTec/Gis.htm>

Idioma: Español

ICA - INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS

<http://www.ica.com.uy/tecnologias.asp?item=5>

Idioma: Español

NOSOLOSIG

<http://www.nosolosig.com/quesig.html>

Idioma: Español
