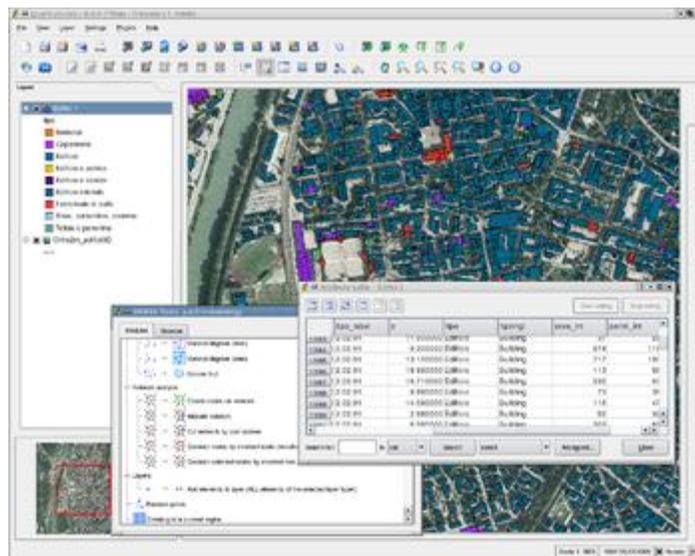


Geoprocesamiento

Análisis de geodatos



[Enero 2010]

Métodos de levantamiento y análisis de datos

Posgrado en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional

UCI

Compilador J. Fallas

Jfallsa56@gmail.com

Tabla de contenido

1.	Geomática.....	1
1.1	Historia	1
2.	Sistema de Información Geográfica	3
2.1	Funcionamiento de un SIG	4
2.2	Historia de su desarrollo	5
2.3	Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica	7
2.4	La representación de los datos	7
2.4.1	Raster.....	8
2.4.2	Vectorial	9
2.5	Dimensión espacial de los datos en un SIG.....	9
2.5.1	Puntos	10
2.5.2	Líneas o polilíneas.....	10
2.5.3	Polígonos	10
2.6	Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial	10
2.7	Datos no espaciales o atributos	11
2.8	Conversión de datos raster-vectorial.....	14
2.9	Proyecciones, sistemas de coordenadas y reproyección	14
3.	Análisis espacial mediante SIG	15
3.1	Modelo topológico.....	15
3.2	Redes.....	15
3.3	Superposición de mapas	16
3.4	Cartografía automatizada	16

3.5	Geoestadística.....	17
3.6	Geocodificación	18
3.7	Georreferenciación	18
3.8	Base de datos geoespacial.....	19
3.9	Datos geoespaciales	20
3.9.1	Álgebra.....	21
3.9.2	Operadores de selección.....	21
3.9.3	Unión geoespacial	22
3.10	Métodos de acceso espacial	22
3.10.1	Lenguajes de consulta espacial.....	22
4.	Aplicaciones.....	23
4.1	SIG Puros.....	23
4.2	Ad-hoc.....	23
4.3	Bases de datos con extensiones para bases de datos espaciales.....	24
5.	Dato	25
5.1	Modelo de datos	25
5.2	Sistema de información	27
6.	oftware SIG.....	28
6.1	Comparación de software SIG.....	30
7.	El futuro de los SIG	32
7.1	Cartografía en entornos web	32
7.2	Semántica y SIG.....	33
7.3	Los SIG temporales.....	33
8.	referencias en línea.....	36

1.GEOMÁTICA

Geomática es el término científico moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de [información geográfica](#). También llamada información espacial o geoespacial. El término «geomática» está compuesto por dos ramas "GEO" (Tierra), y "MATICA" (Informática). Es decir, el estudio de la superficie terrestre a través de la informática (tratamiento automático de la información). Este término nacido en Canadá ya es parte de las normas de estandarización ISO [Organización Internacional para la Estandarización](#) y esta siendo reconocido en Europa, Asia, Africa, América Central y del Sur, como una nueva disciplina de la era geoespacial. Otros organismos, en especial en los [EE.UU.](#), han optado por el término tecnología geoespacial o recientemente "Geomatics Sciences".

El término fue acuñado en [1969](#) por [Bernard Dubuisson](#)^[1] e integraría a todas la ciencias de base y a las tecnologías usadas para el conocimiento del territorio como la [teledetección](#) o percepción remota, [Sistemas de Información Geográfica](#) (SIG), [Sistemas Globales de Navegación por Satélite](#) (GNSS) y conocimientos relacionados.

Según el oficio de la lengua francesa, la Geomática tiene por definición oficial: "Discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur stockage, leur traitement et leur diffusion"^[2] ("Disciplina que tiene por objeto la administración, y estructuración de los datos a referencia espacial e integra las ciencias y a las tecnologías ligadas al almacenamiento, el tratamiento y la difusión").

1.1Historia

A nivel académico la ingeniería geomática tuvo origen en [Canadá](#), específicamente en la provincia de [Québec](#) en el [siglo XX](#), y oficialmente en [1986](#) en la [Universidad Laval](#), quienes ofertaron el primer programa de Ingeniería Geomática a nivel mundial. Siendo así la primera Universidad que dio un paso sustancial adoptando a las nuevas tecnologías con la consolidación de las ciencias para estudiar a la Tierra. Pero no solo en la provincia de Québec sucedió este fenómeno, también repercutió en las universidades de las provincias de [New Brunswick](#), [Ontario](#), [Alberta](#) y la [Columbia Británica](#).

En los [años 1960](#) el estudio de la forma y dimensiones de la Tierra estuvo sujeto a constantes cambios científicos y tecnológicos a nivel internacional, por otro lado el problema de la superposición de distintas capas de información en un mismo territorio y su interrelación era un problema que enfrentaba una serie de problemáticas que eran difíciles de resolver. Específicamente en Norte América, en donde la [Fotogrametría](#), la [Cartografía](#), la [Geodesia](#) y la [Topografía](#) buscaban mecanismos que permitieran sistematizar procedimientos complejos.

Hubo un incremento de necesidades mundiales de ubicación, delimitación, [georreferenciación](#), localización, etc., en donde el papel de las ciencias que estudiaban estas problemáticas resultaba insuficiente. Es en esta década que el científico francés [Bernard Dubuisson](#) (reconocido topógrafo y fotogrametrista) propone por primera vez a la «Geomática», como el término que integraba un mecanismo [sistémico](#) permitiendo conjuntar las ciencias para medir y localizar espacios en la Tierra.

De esta manera la presión se hizo notar en ciertos países que comenzaron a invertir y apostar a la investigación con el propósito de desarrollar herramientas integrales geomáticas apoyando dichas problemáticas. Tal es el caso de los [Estados Unidos de Norte América](#), que en el año de [1978](#) lanza su primer [satélite](#) (en lo que hasta ahora es la [constelación NAVSTAR](#)) con la tecnología [GPS](#) (*Global Positioning System*). En [1982](#) la entonces [Unión Soviética](#) comienza a desarrollar estudios geoespaciales con el lanzamiento de satélites en lo que hasta ahora es la constelación [GLONASS](#) (*Global Navigation Satellite System*). En [1994](#), la AEE ([ESA](#)) y la [Comisión Europea](#) (EC) se alían para lanzar el programa [EGNOS](#) (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), que tenía por finalidad complementar y mejorar el servicio proporcionado por los sistemas GPS y GLONASS.

Dichos avances dieron pauta para apoyar estudios sobre el territorio con la adaptación de la información geoespacial, que entonces comenzaba a democratizarse para uso civil, ya que en un principio el propósito era bélico. Por otro lado, el desarrollo de la [informática](#) se hizo presente con la evolución fulgurante de [hardware](#) y [software](#), que permitían comenzar la gestión y tratamiento de la información geoespacial a través de los primeros sistemas, permitiendo explotar la componente espacial en su forma atómica, es decir, una coordenada en X y Y podía ser estructurada sobre primitivas (puntos, líneas y polígonos), dando vida a visualizar vectores en forma lineal, figuras geométricas y, posteriormente, cualquier elemento u objeto geográfico tratado con [lenguajes de programación](#).

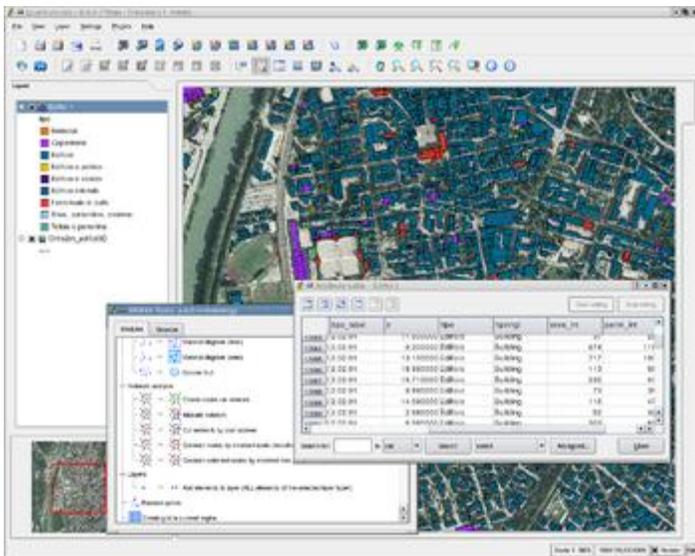
Referencias

↑ [Cronología de la geomática \(en francés\)](#)

↑ www.scg.ulaval.ca: nom=geomatique

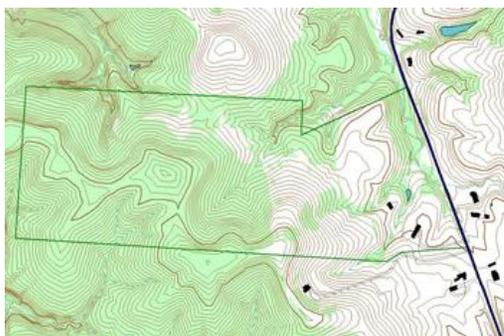
<http://es.wikipedia.org/wiki/Geomatica>

2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



En la imagen capas raster y vectoriales en el SIG de código libre [QGIS](#), usado como [interfaz gráfica de usuario](#) de [GRASS](#).

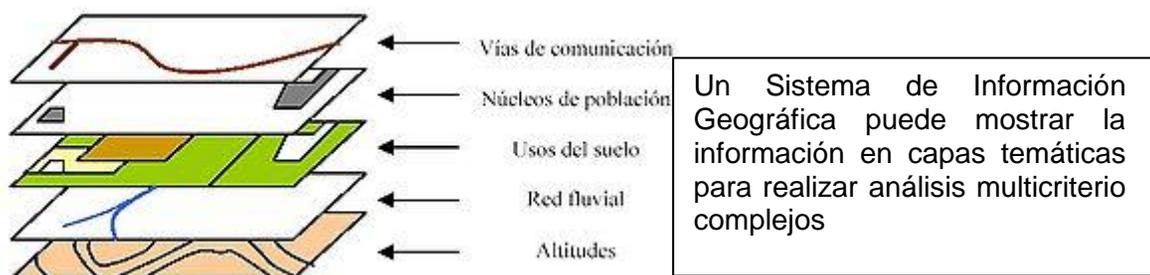
Un **Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS**, en su [acrónimo](#) inglés (Geographic Information System)) es una integración organizada de [hardware](#), [software](#) y [datos geográficos](#) diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información [geográficamente referenciada](#) con el fin de **resolver problemas complejos de planificación y gestión**. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier [sistema de información](#) capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la [información espacial](#), editar datos, [mapas](#) y presentar los resultados de todas estas operaciones.



Un ejemplo de uso de capas en una aplicación SIG. En este ejemplo la capa de la cubierta forestal (en verde) se encuentra en la parte inferior, seguida de la capa topográfica con las curvas de nivel. A continuación la capa con la red hidrográfica y a continuación la capa de límites administrativos. En los SIG el orden de superposición de la información es muy importante para obtener visualización correcta del mapa final. Nótese que la capa que recoge las láminas de aguas se encuentra justo por debajo de la capa de ríos, de modo que una línea de flujo puede verse que cubre uno de los estanques.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para [investigaciones científicas](#), la gestión de los recursos, gestión de activos, la [arqueología](#), la [evaluación del impacto ambiental](#), la [planificación urbana](#), la [cartografía](#), la [sociología](#), la

[geografía histórica](#), el [marketing](#), la [logística](#) por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un [desastre natural](#), el SIG puede ser usado para encontrar los [humedales](#) que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia.



2.1 Funcionamiento de un SIG

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

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

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

Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.

Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

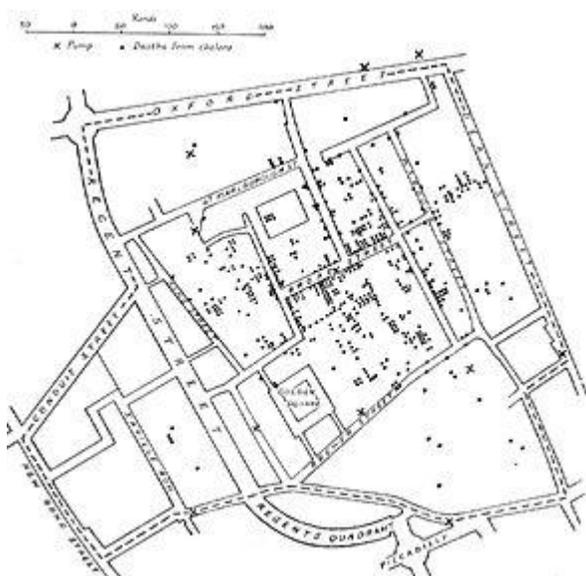
Pautas: detección de pautas espaciales.

Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

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

2.2 Historia de su desarrollo

Hace unos 15.000 años^[1] en las paredes de las [cuevas de Lascaux \(Francia\)](#) los [hombres de Cro-Magnon](#) pintaban en las paredes los animales que cazaban, asociando estos dibujos con trazas lineales que, se cree, cuadraban con las [rutas de migración](#) de esas especies.^[2] Si bien este ejemplo es simplista en comparación con las tecnologías modernas, estos antecedentes tempranos imitan a dos elementos de los Sistemas de Información Geográfica modernos: una imagen asociada con un atributo de información.^[3]



Mapa original del Dr. John Snow. Los puntos son casos de cólera durante la epidemia en Londres de 1854. Las cruces representan los pozos de agua de los que bebían los enfermos.

En [1854](#) el pionero de la [epidemiología](#), el Dr. [John Snow](#), proporcionaría otro clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió la incidencia de los casos de [cólera](#) en un mapa del distrito de [SoHo](#) en [Londres](#). Este *protoSIG*, quizá el ejemplo más temprano del [método geográfico](#)^[4], permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente

Si bien la [cartografía topográfica y temática](#) ya existía previamente, el mapa de John Snow fue único hasta el momento, que, utilizando métodos cartográficos, no solo representaba la realidad, sino que por primera vez analizaba conjuntos de [fenómenos geográficos](#) dependientes.

El comienzo del [siglo XX](#) vio el desarrollo de la "[foto litografía](#)" donde los mapas eran separados en capas. El avance del [hardware](#) impulsado por la investigación en [armamento nuclear](#) daría lugar, a comienzos de los [años 60](#), al desarrollo de aplicaciones cartográficas para computadores de propósito general.^[5]

El año [1962](#) vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en [Ottawa \(Ontario, Canadá\)](#) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por [Roger Tomlinson](#), el llamado [Sistema de Información Geográfica de Canadá](#) (*Canadian Geographic Information System, CGIS*) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (*Canada Land Inventory, CLI*) - una iniciativa orientada a la gestión de los vastos [recursos naturales](#) del país con información cartográfica relativa a [tipos](#) y [usos del suelo](#), [agricultura](#), espacios de recreo, vida

silvestre, aves acuáticas y [silvicultura](#), todo ello [escala](#) de 1:50.000. Se añadió, así mismo, un factor de clasificación para permitir el análisis de la información.

El *Sistema de Información Geográfica de Canadá* fue el primer SIG en el mundo similar a tal y como los conocemos hoy en día, y un considerable avance con respecto a las aplicaciones cartográficas existentes hasta entonces, puesto que permitía superponer capas de información, realizar mediciones y llevar a cabo [digitalizaciones](#) y [escaneos](#) de datos. Asimismo, soportaba un sistema nacional de coordenadas que abarcaba todo el continente, una codificación de líneas en "arcos" que poseían una verdadera [topológica](#) integrada y que almacenaba los atributos de cada elemento y la información sobre su localización en [archivos](#) separados. Como consecuencia de esto, Tomlinson está considerado como "el padre de los SIG", en particular por el empleo de [información geográfica](#) convergente estructurada en capas, lo que facilita su [análisis espacial](#).^[6] El CGIS estuvo operativo hasta la [década de los 90](#) llegando a ser la [base de datos](#) sobre recursos del [territorio](#) más grande de Canadá. Fue desarrollado como un sistema basado en una [computadora](#) central y su fortaleza radicaba en que permitía realizar análisis complejos de conjuntos de datos que abarcaban todo el [continente](#). El [software](#), decano de los Sistemas de Información Geográfica, nunca estuvo disponible de forma comercial.

En [1964](#), [Howard T. Fisher](#) formó en la [Universidad de Harvard](#) el *Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial* en la *Harvard Graduate School of Design* (LCGSA 1965-1991), donde se desarrollaron una serie de importantes conceptos teóricos en el manejo de datos espaciales, y en la [década de 1970](#) había difundido [código de software](#) y sistemas germinales, tales como SYMAP, GRID y ODYSSEY - los cuales sirvieron como fuentes de inspiración conceptual para sus posteriores desarrollos comerciales - a universidades, centros de investigación y empresas de todo el mundo.^[7]

En la [década de los 80](#), M&S Computing (más tarde [Intergraph](#)), *Environmental Systems Research Institute* ([ESRI](#)) y [CARIS](#) (*Computer Aided Resource Information System*) emergerían como proveedores comerciales de software SIG. Incorporaron con éxito muchas de las características de CGIS, combinando el enfoque de primera generación de Sistemas de Información Geográfica relativo a la separación de la información espacial y los atributos de los elementos geográficos representados con un enfoque de segunda generación que organiza y estructura estos atributos en bases de datos.

En la década de 70 y principios de los 80 se inició en paralelo el desarrollo de dos sistemas de [dominio público](#). El proyecto Map Overlay and Statistical System (MOSS) se inició en [1977](#) en [Fort Collins](#) ([Colorado](#), [EE.UU.](#)) bajo los auspicios de la *Western Energy and Land Use Team* (WELUT) y el *Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos* (US Fish and Wildlife Service). En [1982](#) el *Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos* (USA-CERL) desarrolla [GRASS](#) como herramienta para la supervisión y gestión medioambiental de los territorios bajo administración del [Departamento de Defensa](#).

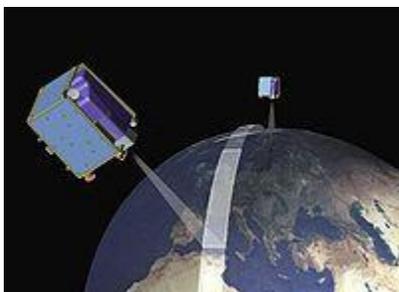
Esta etapa de desarrollo está caracterizada, en general, por la disminución de la importancia de las iniciativas individuales y un aumento de los intereses a nivel corporativo, especialmente por parte de las instancias gubernamentales y de la administración.

Los 80 y [90](#) fueron años de fuerte aumento de las empresas que comercializaban estos sistemas, debido al crecimiento de los SIG en [estaciones de trabajo UNIX](#) y [ordenadores personales](#). Es el periodo en el que se ha venido a conocer en los SIG como la fase comercial. El interés de las distintas grandes industrias relacionadas directa o indirectamente con los SIG crece en sobremanera debido a la gran avalancha de productos en el mercado informático internacional que hicieron generalizarse a esta tecnología.

En la [década de los noventa](#) se inicia una etapa comercial para profesionales, donde los Sistemas de Información Geográfica empezaron a difundirse al nivel del usuario doméstico debido a la generalización de los ordenadores personales o [microordenadores](#).

A finales del siglo XX principio del [XXI](#) el rápido crecimiento en los diferentes sistemas se ha consolidado, restringiéndose a un número relativamente reducido de plataformas. Los usuarios están comenzando a exportar el concepto de visualización de datos SIG a [Internet](#), lo que requiere una [estandarización](#) de [formato de los datos](#) y de normas de transferencia. Más recientemente, ha habido una expansión en el número de desarrollos de software SIG de [código libre](#), los cuales, a diferencia del [software comercial](#), suelen abarcar una gama más amplia de [sistemas operativos](#), permitiendo ser modificados para llevar a cabo tareas específicas.

2.3 Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica



La teledetección es una de las principales fuentes de datos para los SIG. En la imagen artística una representación de la constelación de satélites [RapidEye](#).

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

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

2.4 La representación de los datos

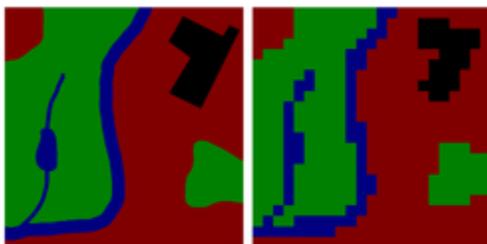
Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos [discretos](#) (una

casa) y [continuos](#) (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: [raster](#) y [vectorial](#).

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

2.4.1 Raster

Un tipo de datos raster es, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG [raster](#) o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en [celdas](#) regulares donde cada una de ellas representa un único valor.



Interpretación cartográfica
vectorial (izquierda) y raster
(derecha) de elementos
geográficos.

Cualquiera que esté familiarizado con la [fotografía digital](#) reconoce el [píxel](#) como la unidad menor de información de una imagen. Una combinación de estos píxeles creará una imagen, a distinción del uso común de gráficos vectoriales escalables que son la base del modelo vectorial. Si bien una imagen digital se refiere a la salida como una representación de la realidad, en una fotografía o el arte transferidos a la computadora, el tipo de datos raster reflejará una abstracción de la realidad. Las fotografías aéreas son una forma comúnmente utilizada de datos raster con un sólo propósito: mostrar una imagen detallada de un mapa base sobre la que se realizarán labores de digitalización. Otros conjuntos de datos raster contendrá información relativa a elevaciones (un [Modelo Digital del Terreno](#)), o de [reflexión](#) de una particular [longitud de onda](#) de la [luz](#) (las obtenidas por el satélite [LandSat](#)), etc.

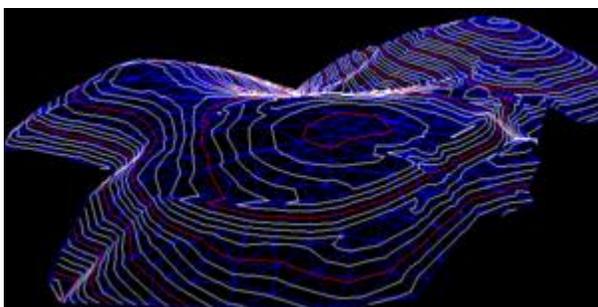
Los datos raster se compone de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda puede ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un [valor nulo](#) si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del raster para representar los [colores RGB](#) (rojo, verde, azul), o una tabla extendida de atributos con una fila para cada valor único de células. La resolución del conjunto de datos raster es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

Los datos raster se almacenan en diferentes formatos, desde un archivo estándar basado en la estructura de [TIFF](#), [JPEG](#), etc. a grandes objetos binarios ([BLOB](#)), los datos almacenados

directamente en [Sistema de gestión de base de datos](#). El almacenamiento en bases de datos, cuando se indexan, por lo general permiten una rápida recuperación de los datos raster, pero a costa de requerir el almacenamiento de millones registros con un importante tamaño de memoria. En un modelo raster cuanto mayores sean las dimensiones de las celdas menor es la precisión o detalle ([resolución](#)) de la representación del espacio geográfico.

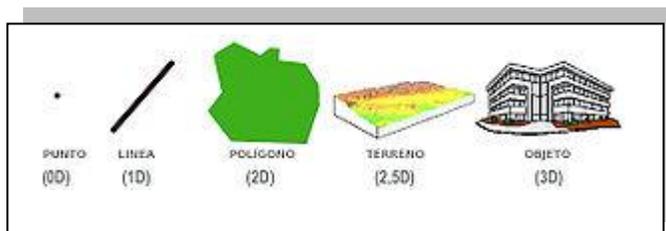
2.4.2 Vectorial

En un SIG, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras.



Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN.

En los datos [vectoriales](#), el interés de las representaciones se centra en la [precisión](#) de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Cada una de estas geometrías está vinculada a una fila en una base de datos que describe sus atributos. Por ejemplo, una base de datos que describe los lagos puede contener datos sobre la [batimetría](#) de estos, la calidad del agua o el nivel de contaminación. Esta información puede ser utilizada para crear un mapa que describa un atributo particular contenido en la base de datos. Los lagos pueden tener un rango de colores en función del nivel de contaminación. Además, las diferentes geometrías de los elementos también pueden ser comparados. Así, por ejemplo, el SIG puede ser usado para identificar aquellos pozos (geometría de puntos) que están en torno a 2 kilómetros de un lago (geometría de polígonos) y que tienen un alto nivel de contaminación.



2.5 Dimensión espacial de los datos en un SIG

Los elementos vectoriales pueden crearse respetando una integridad territorial a través de la aplicación de unas normas [topológicas](#) tales como que "los polígonos no deben superponerse". Los datos vectoriales se pueden utilizar para representar variaciones continuas de fenómenos. Las líneas de contorno y las [redes irregulares de triángulos](#) (TIN) se utilizan para representar la altitud u otros valores en continua evolución. Los TIN son

registros de valores en un punto localizado, que están conectados por líneas para formar una malla irregular de triángulos. La cara de los triángulos representan la superficie del terreno, por ejemplo.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el [punto](#), la [línea](#) y el [polígono](#).^[8]

2.5.1 Puntos

Los [puntos](#) se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las ubicaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

2.5.2 Líneas o polilíneas

Las [líneas](#) unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

2.5.3 Polígonos

Los [polígonos](#) bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

2.6 Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial

Existen ventajas y desventajas a la hora de utilizar un modelo de datos raster o vector para representar la realidad.

Ventajas

Vectorial	Raster
La estructura de los datos es compacta. Almacena los datos sólo de los elementos digitalizados por lo que requiere menos memoria para su almacenamiento y tratamiento.	La estructura de los datos es muy simple.
Codificación eficiente de la topología y las operaciones espaciales.	Las operaciones de superposición son muy sencillas.
Buena salida gráfica. Los elementos son representados como gráficos vectoriales que no pierden definición si se amplía la escala de	Formato óptimo para variaciones altas de datos.

visualización.	
Tienen una mayor compatibilidad con entornos de bases de datos relacionales.	Buen almacenamiento de imágenes digitales
Las operaciones de re-escalado, reproyección son más fáciles de ejecutar.	
Los datos son más fáciles de mantener y actualizar.	
Permite una mayor capacidad de análisis, sobre todo en redes.	

Desventajas

Vectorial	Raster
La estructura de los datos es más compleja.	Mayor requerimiento de memoria de almacenamiento. Todas las celdas contienen datos.
Las operaciones de superposición son más difíciles de implementar y representar.	Las reglas topológicas son más difíciles de generar.
Eficacia reducida cuando la variación de datos es alta.	Las salidas gráficas son menos vistosas y estéticas. Dependiendo de la resolución del archivo raster, los elementos pueden tener sus límites originales más o menos definidos.
Es un formato más laborioso de mantener actualizado.	
Tiene muy limitada la cantidad de información que almacena.	

2.7 Datos no espaciales o atributos

Los datos no espaciales también pueden ser almacenados junto con los datos espaciales, aquellos representados por las coordenadas de la geometría de un vector o por la posición de una celda raster. En los datos vectoriales, los datos adicionales contiene atributos de la entidad geográfica. Por ejemplo, un polígono de un inventario forestal también puede tener un valor que funcione como identificador e información sobre especies de árboles. En los datos raster el valor de la celda puede almacenar la información de atributo, pero también puede ser utilizado como un identificador referido a los registros de una tabla.

La captura de los datos



Con un par de fotografías aéreas tomadas en dos puntos desplazados, como las de la imagen, se consigue realizar la [estereoscopía](#). La técnica crea una ilusión de profundidad que permite al observador reconocer información visual tridimensional como las elevaciones y pendientes del área fotografiada.

La captura de datos y la introducción de información en el sistema consume la mayor parte del tiempo de los profesionales de los SIG. Hay una amplia variedad de métodos utilizados para introducir datos en un SIG almacenados en un formato digital.

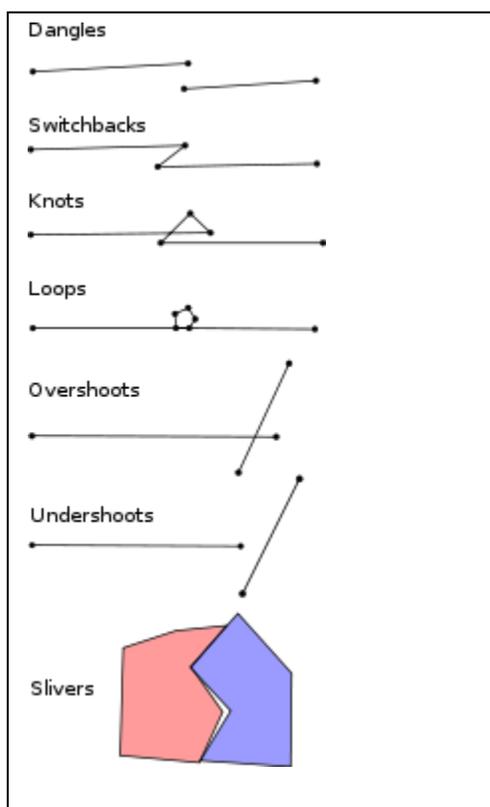
Los datos impresos en papel o mapas en película [PET](#) pueden ser [digitalizados](#) o escaneados para producir datos digitales.

Con la digitalización de cartografía en soporte analógico se producen datos vectoriales a través de trazas de puntos, líneas, y límites de polígonos. Este trabajo puede ser desarrollado por una persona de forma manual o a través de programas de vectorización que automatizan la labor sobre un mapa escaneado. No obstante, en este último caso siempre será necesario su revisión y edición manual, dependiendo del nivel de calidad que se desea obtener.

Los datos obtenidos de [mediciones topográficas](#) pueden ser introducidos directamente en un SIG a través de instrumentos de captura de datos digitales mediante una técnica llamada [geometría analítica](#). Además, las coordenadas de posición tomadas a través un Sistema de Posicionamiento Global ([GPS](#)) también pueden ser introducidas directamente en un SIG.

Los [sensores](#) remotos también juegan un papel importante en la recolección de datos. Son sensores, como cámaras, escáneres o [LIDAR](#) acoplados a plataformas móviles como aviones o satélites.

Actualmente, la mayoría de datos digitales provienen de la interpretación de fotografías aéreas. Para ello se utilizan estaciones de trabajo que digitalizan directamente elementos geográficos a través de [pares estereoscópicos](#) de fotografías digitales. Estos sistemas permiten capturar datos en dos y tres dimensiones, con elevaciones medidas directamente de un par estereoscópico de acuerdo a los principios de la [fotogrametría](#).



Errores topológicos y de digitalización en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La teleobservación por [satélite](#) proporciona otra fuente importante de datos espaciales. En este caso los satélites utilizan diferentes sensores para medir la [reflectancia](#) de las partes del [espectro electromagnético](#), o las [ondas de radio](#) que se envían a partir de un sensor activo como el [radar](#). La [teledetección](#) recopila datos raster que pueden ser procesados usando diferentes bandas para determinar las clases y objetos de interés, tales como las diferentes cubiertas de la tierra.

Cuando se capturan los datos, el usuario debe considerar si estos deben ser tomados con una exactitud relativa o con una absoluta precisión. Esta decisión es importante ya que no solo influye en la interpretación de la información, sino también en el costo de su captura.

Además de la captura y la entrada en datos espaciales, los datos de atributos también son introducidos en un SIG. Durante los procesos de digitalización de la cartografía es frecuente que se den fallos topológicos involuntarios (*dangles*, *undershoots*, *overshoots*, *switchbacks*, *knots*, *loops*, etc.) en los datos vectoriales y que deberán ser corregidos. Tras introducir los datos en un SIG, estos normalmente requerirán de una edición o procesamiento posterior para eliminar los errores citados. Se deberá de hacer una "corrección topológica" antes de que puedan ser utilizados en algunos análisis avanzado y, así por ejemplo, en una red de carreteras las líneas deberán estar conectadas con nodos en las intersecciones.

En el caso de mapas escaneados, quizás sea necesario eliminar la trama resultante generada por el proceso de digitalización del mapa original. Así, por ejemplo, una mancha de sociedad podría unir dos líneas que no deberían estar conectadas.

2.8 Conversión de datos raster-vectorial

Los SIG pueden llevar a cabo una reestructuración de los datos para transformarlos en diferentes formatos. Por ejemplo, es posible convertir una [imagen de satélite](#) a un mapa de elementos vectoriales mediante la generación de líneas en torno a celdas con una misma clasificación determinando la relación espacial de estas, tales como proximidad o inclusión.

La vectorización no asistida de imágenes raster mediante [algoritmos](#) avanzados es una técnica que se viene desarrollando desde finales de los años 60 del siglo XX. Para ello se recurre a la mejora del [contraste](#), imágenes en [falso color](#) así como el diseño de filtros mediante la implementación de [transformadas de Fourier](#) en dos dimensiones.

Al proceso inverso de conversión de datos vectorial a una estructura de datos basada en un matriz raster se le denomina rasterización.

Dado que los datos digitales se recogen y se almacenan en ambas formas, vectorial y raster, un SIG debe ser capaz de convertir los datos geográficos de una estructura de almacenamiento a otra.

2.9 Proyecciones, sistemas de coordenadas y reproyección

Antes de analizar los datos en el SIG la cartografía debe estar toda ella en una misma proyección y sistemas de coordenadas. Para ello muchas veces es necesario [reproyectar](#) las capas de información antes de integrarlas en el Sistema de Información Geográfica.

La [Tierra](#) puede estar representada cartográficamente por varios [modelos matemáticos](#), cada uno de los cuales pueden proporcionar un conjunto diferente de [coordenadas](#) (por ejemplo, [latitud](#), [longitud](#), [altitud](#)) para cualquier punto dado de su superficie. El modelo más simple es asumir que la Tierra es una [esfera](#) perfecta. A medida que se han ido acumulando más mediciones del planeta los modelos del [geoide](#) se han vuelto más sofisticados y más precisos. De hecho, algunos de estos se aplican a diferentes regiones de la Tierra para proporcionar una mayor precisión (por ejemplo, el *European Terrestrial Reference System 1989* - [ETRS89](#) – funciona bien en [Europa](#) pero no en [América del Norte](#)).

La [proyección](#) es un componente fundamental a la hora de crear un mapa. Una proyección matemática es la manera de transferir información desde un modelo de la Tierra, el cual representa una superficie curva en tres dimensiones, a otro de dos dimensiones como es el papel o la pantalla de un ordenador. Para ello se utilizan diferentes [proyecciones cartográficas](#) según el tipo de mapa que se desea crear, ya que existen determinadas proyecciones que se adaptan mejor a unos usos concretos que a otros. Por ejemplo, una proyección que representa con exactitud la forma de los continentes distorsiona, por el contrario, sus tamaños relativos.

Dado que gran parte de la información en un SIG proviene de cartografía ya existente, un Sistema de Información Geográfica utiliza la potencia de procesamiento de la computadora para transformar la información digital, obtenida de fuentes con diferentes proyecciones y/o diferentes [sistemas de coordenadas](#), a una proyección y sistema de coordenadas común. En el caso de las imágenes ([ortofotos](#), [imágenes de satélite](#), etc.) este proceso se denomina [rectificación](#).

3. ANÁLISIS ESPACIAL MEDIANTE SIG

Dada la amplia gama de técnicas de análisis espacial que se han desarrollado durante el último medio siglo, cualquier resumen o revisión sólo puede cubrir el tema a una profundidad limitada. Este es un campo que cambia rápidamente y los paquetes de software SIG incluyen cada vez más herramientas de análisis, ya sea en las versiones estándar o como extensiones opcionales de este. En muchos casos tales herramientas son proporcionadas por los proveedores del software original, mientras que en otros casos las implementaciones de estas nuevas funcionalidades se han desarrollado y son proporcionados por terceros. Además, muchos productos ofrecen kits de desarrollo de software ([SDK](#)), [lenguajes de programación](#), lenguajes de [scripting](#), etc. para el desarrollo de herramientas propias de análisis u otras funciones.

3.1 Modelo topológico

Un SIG puede reconocer y analizar las relaciones espaciales que existen en la información geográfica almacenada. Estas relaciones topológicas permiten realizar modelizaciones y análisis espaciales complejos. Así, por ejemplo, el SIG puede discernir la parcela o parcelas [catastrales](#) que son atravesadas por una línea de alta tensión, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

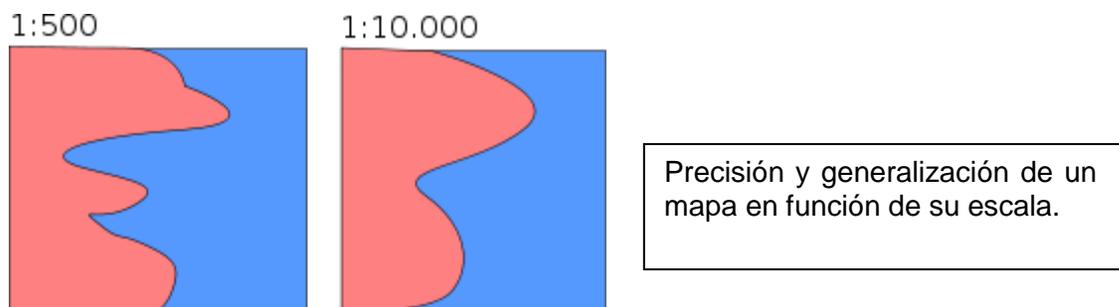
En suma podemos decir que en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica se entiende como [topología](#) a las relaciones espaciales entre los diferentes elementos gráficos (topología de nodo/punto, topología de red/arco/línea, topología de polígono) y su posición en el mapa (proximidad, inclusión, conectividad y vencidad). Estas relaciones, que para el ser humano pueden ser obvias a simple vista, el software las debe establecer mediante un lenguaje y unas reglas de [geometría](#) matemática.

Para llevar a cabo análisis en los que es necesario que exista consistencia topológica de los elementos de la base de datos suele ser necesario realizar previamente una validación y corrección topológica de la información gráfica. Para ello existen herramientas en los SIG que facilitan la rectificación de errores comunes de manera automática o semiautomática.

3.2 Redes

Un SIG destinado al cálculo de rutas óptimas para servicios de emergencias es capaz de determinar el [camino más corto entre dos puntos](#) teniendo en cuenta tanto direcciones y sentidos de circulación como direcciones prohibidas, etc. evitando áreas impracticables. Un SIG para la gerencia de una red de abastecimiento de aguas sería capaz de determinar, por ejemplo, a cuantos abonados afectaría el corte del servicio en un determinado punto de la [red](#).

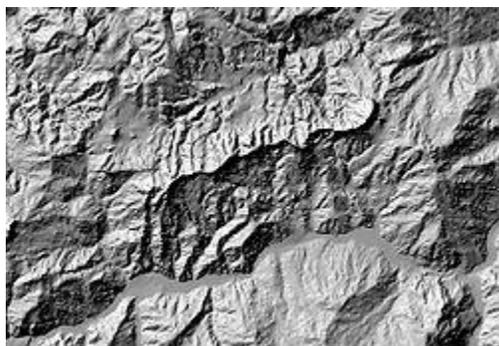
de [cartografía](#) digital como herramientas que permiten realizar un proceso automatizado o semiautomatizado de elaboración de mapas denominado cartografía automatizada.



En la práctica esto sería un subconjunto de los SIG que equivaldría a la fase de composición final del mapa, dado que en la mayoría de los casos no todos los software de Sistemas de Información Geográfica poseen esta funcionalidad.

El producto cartográfico final resultante puede estar tanto en [formato digital](#) como [impreso](#). El uso conjunto que en determinados SIG se da de potentes técnicas de análisis espacial junto con una representación cartográfica profesional de los datos, hace que se puedan crear mapas de alta calidad en un corto periodo de tiempo. La principal dificultad en cartografía automatizada es el utilizar un único conjunto de datos para producir varios productos según diferentes tipos de [escalas](#), una técnica conocida como [generalización](#).

3.5 Geoestadística



Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un [Modelo Digital de Elevaciones](#) (MDE).

La [geoestadística](#) analiza patrones espaciales con el fin de conseguir predicciones a partir de datos espaciales concretos. Es una forma de ver las propiedades estadísticas de los datos espaciales. A diferencia de las aplicaciones estadísticas comunes, en la geoestadística se emplea el uso de la [teoría de grafos](#) y de [matrices](#) algebraicas para reducir el número de parámetros en los datos. Tras ello, el análisis de los datos asociados a entidad geográfica se llevaría a cabo en segundo lugar.

Cuando se miden los fenómenos, los métodos de observación dictan la exactitud de cualquier análisis posterior. Debido a la naturaleza de los datos (por ejemplo, los patrones de tráfico en un entorno urbano, las pautas meteorológicas en el océano, etc.), grado de precisión constante o dinámico se pierde siempre en la medición. Esta pérdida de precisión se determina a partir de la escala y la distribución de los datos recogidos. Los SIG disponen

de herramientas que ayudan a realizar estos análisis, destacando la generación de modelos de [interpolación](#) espacial.

3.6 Geocodificación



Geocodificación mediante SIG. Por un lado existen unos números de policía conocidos y por otro líneas discontinuas entre esos números de portal presupuestos, las cuales representan los tramos en los cuales se aplica el método de interpolación.

Geocodificación es el proceso de asignar coordenadas geográficas (latitud-longitud) a puntos del mapa (direcciones, puntos de interés, etc.). Uno de los usos más comunes es la [georreferenciación](#) de direcciones postales. Para ello se requiere una cartografía base sobre la que referenciar los códigos geográficos. Esta capa base puede ser, por ejemplo, un tramero de ejes de calles con nombres de calles y números de policía. Las direcciones concretas que se desean georreferenciar en el mapa, que suelen proceder de tablas tabuladas, se posicionan mediante [interpolación](#) o [estimación](#). El SIG a continuación localiza en la capa de ejes de calles el punto en el lugar más aproximado a la realidad según los algoritmos de geocodificación que utiliza.

La geocodificación puede realizarse también con datos reales más precisos (por ejemplo, cartografía catastral). En este caso el resultado de la codificación geográfica se ajustará en mayor medida a la realizada, prevaleciendo sobre el método de interpolación.

En el caso de la geocodificación inversa el proceso sería al revés. Se asignaría una dirección de calle estimada con su número de portal a unas coordenadas x,y determinadas. Por ejemplo, un usuario podría hacer clic sobre una capa que representa los ejes de vía de una ciudad y obtendría la información sobre la dirección postal con el número de policía de un edificio. Este número de portal es calculado de forma estimada por el SIG mediante interpolación a partir de unos números ya presupuestos. Si el usuario hace clic en el punto medio de un segmento que comienza en el portal 1 y termina con el 100, el valor devuelto para el lugar seleccionado será próximo al 50. Hay que tener en cuenta que la geocodificación inversa no devuelve las direcciones reales, sino sólo estimaciones de lo que debería existir en base a datos ya conocidos.

3.7 Georreferenciación

La [georreferenciación](#)^[1] es el posicionamiento en el que se define la localización de un [objeto espacial](#) (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un [sistema de coordenadas](#) y [datum](#) determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los [Sistemas de Información Geográfica](#).

La georreferenciación, en primer lugar, posee una definición tecno-científica, aplicada a la existencia de las cosas en un espacio físico, mediante el establecimiento de relaciones entre las imágenes de raster o vector sobre una [proyección geográfica](#) o [sistema de coordenadas](#). Por ello la georreferenciación se convierte en central para los modelados de datos realizados por los [Sistemas de Información Geográfica](#) (SIG).

La popularización de la [información geográfica](#) y de la georreferenciación

No obstante, el acto de georreferenciar ha ido más allá de las especialidades de geociencias y de SIGs, debido a la aparición en los últimos años de nuevas herramientas cuya facilidad de uso ha extendido y democratizado esta tarea fuera del ámbito técnico existente hasta ahora.

El uso de herramientas como [Google Earth](#) ha implicado un salto cualitativo en cuanto a georreferenciación. Ya no se trata solamente de [geodatos](#) limitados a los especialistas de las geociencias y Sistemas de Información Geográfica. Ahora la georreferenciación tiene un impacto sociológico puesto que se realiza sobre todos los contenidos sociales presentes en el mundo. Esto está acelerando la aparición de una web [geosemántica](#), tal como señalara el sociólogo chileno Diego Cerda.^[2]

Del mismo modo, la masificación y evolución constante de la georreferenciación se ha visto impulsada por el uso [mashups](#) en sitios [Web 2.0](#), permitiendo la localización de contenidos digitales (vídeo, noticias, modelados 3D, etc.) en [cartografía](#) digital, dentro de lo que se ha venido a llamar la [neogeografía](#).

3.8 Base de datos geoespacial

Base de datos geoespacial (spatial database) es un sistema administrador de [bases de datos](#) que maneja datos existentes en un espacio o **datos espaciales**.

En este tipo de bases de datos es imprescindible establecer un cuadro de referencia (un SRE, [Sistema de Referencia Espacial](#)) para definir la localización y relación entre objetos, ya que los datos tratados en este tipo de bases de datos tienen un valor relativo, no es un valor absoluto. Los sistemas de referencia espacial pueden ser de dos tipos: [georreferenciados](#) (aquellos que se establecen sobre la superficie terrestre. Son los que normalmente se utilizan, ya que es un dominio manipulable, perceptible y que sirve de referencia) y **no georreferenciados** (son sistemas que tienen valor físico, pero que pueden ser útiles en determinadas situaciones).

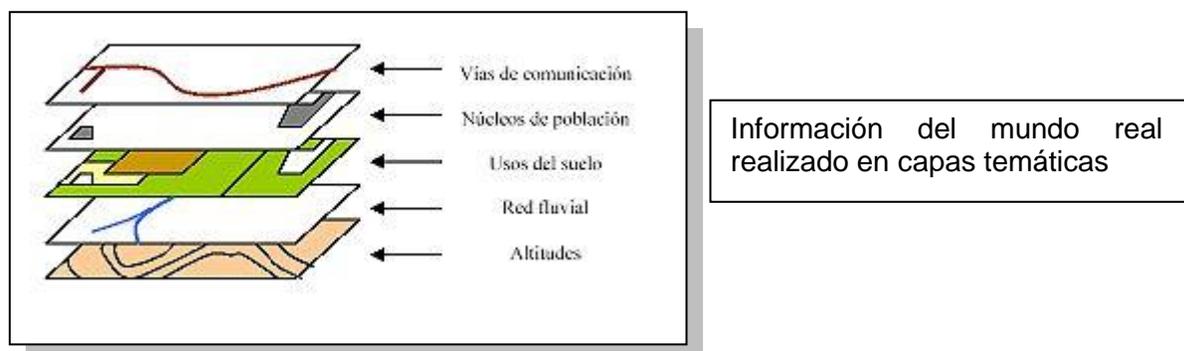
La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

La estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren los

computadores implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

3.9 Datos geoespaciales



Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que emplea un conjunto de objetos dato, para soportar el despliegue de mapas, consultas, edición y análisis. Los datos geográficos, presentan la información en representaciones subjetivas a través de mapas y símbolos, que representan la geografía como formas geométricas, redes, superficies, ubicaciones e imágenes, a los cuales se les asignan sus respectivos atributos que los definen y describen.

Un dato espacial es una variable asociada a una localización del espacio. Normalmente se utilizan datos [vectoriales](#), los cuales pueden ser expresados mediante tres tipos de objetos espaciales.

Puntos: Se encuentran determinados por las coordenadas terrestres medidas por [latitud](#) y [longitud](#). Por ejemplo, ciudades, accidentes geográficos puntuales, hitos.

Líneas: Objetos abiertos que cubren una distancia dada y comunican varios puntos o nodos, aunque debido a la forma esférica de la tierra también se le consideran como arcos. Líneas telefónicas, carreteras y vías de trenes son ejemplos de líneas geográficas.

Polígonos: Figuras planas conectadas por distintas líneas u objetos cerrados que cubren un área determinada, como por ejemplo países, regiones o lagos.

De esta forma la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (x, y). La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto (x, y). Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de [coordenadas](#) (x, y). Las características [poligonales](#), pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. La otra forma de expresar datos

espaciales es mediante [rasterización](#), la cual, a través de una malla que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los [píxeles](#) de una imagen digitalizada.

Los datos espaciales además se caracterizan por su naturaleza georreferenciada y multidireccional. La primera se refiere que la posición relativa o absoluta de cualquier elemento sobre el espacio contiene información valiosa, pues la localización debe considerarse explícitamente en cualquier análisis. Por multidireccional se entiende a que existen relaciones complejas no lineales, es decir que un elemento cualquiera se relaciona con su vecino y además con regiones lejanas, por lo que la relación entre todos los elementos no es unidireccional. Es decir, todos los elementos se relacionan entre sí, pero existe una relación más profunda entre los elementos más cercanos. Como destacada Tobler "todo tiene que ver con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas lejanas". ⁽¹⁾

3.9.1 Álgebra

El [álgebra](#) utilizada se denomina álgebra **ROSE** (RObust Spatial Extension) ⁽²⁾ el cual está basada en los tipos de datos espaciales reales (STD - spatial data types), pero en este caso, los objetos no están definidos en el [espacio Euclidiano](#) continuo sino que en términos de la malla que discretiza el espacio, esto debido a que los cálculos computacionales son discretos. Los operadores espaciales se definen de la siguiente forma.

3.9.2 Operadores de selección

Point Query (PQ): Dado un punto p , encontrar todos los objetos espaciales O que lo contienen.

$$PQ(p) = \{O | p \text{ pertenece a } O.G \neq \emptyset\}$$

Range or region query (WQ)

Dado un polígono P de consulta, encuentre todos los objetos O que intersectan P . Cuando P es rectangular, se llama windows query.

$$WQ(P) = \{O | O.G \cap P.G \neq \emptyset\}$$

Agregación espacial

Es una variante de búsqueda por vecino más cercano. Dado un objeto O' , encuentre los objetos o que tiene una mínima distancia de o' .

$$NNQ(o') = \{o | \text{para todo } o: \text{dist}(o'.G, o.G) \leq \text{dist}(o'.G, o.G)\}$$

3.9.3 Unión geoespacial

Es uno de los más importantes operadores. Cuando dos tablas R y S son unidas basado en un predicado espacial θ , la unión de las tablas es llamada espacial. Una variante de este operador en SIG es la **superposición de mapas** (map overlay). Este operador combina dos conjuntos de objetos espaciales para formar un nuevo conjunto. Las fronteras de este conjunto son determinadas por los atributos no espaciales asignados por la operación de superposición. Por ejemplo, si la operación asigna un mismo valor de un atributo no espacial a dos objetos vecinos, ellos se juntan o mezclan.

3.10 Métodos de acceso espacial

Para evitar la revisión exhaustiva de los datos en una base de datos, se crean índices que reducen el número de elementos a visitar en la base de datos en un procesamiento de consulta. La clásica indexación por [B-tree](#) no es aplicable en el caso espacial donde no existe un orden único de los valores de claves. Es por este motivo que existen tres categorías de métodos de acceso espacial, las **PAM** (Point Access Method), [R-Tree](#), las **SAM** (Spatial Access Method), los cuales se utilizan de acuerdo al tipo de dato en el que está la base de datos espacial ya sea raster o vectorial. ⁽¹⁾ Aunque se han creado los benchmarks que comparan diferentes métodos, los resultados no son concluyentes, pero se recomienda utilizar cualquiera de ellos. Un índice [R-tree](#) aproxima cada geometría en un único rectángulo que la acota minimizando los espacios llamado **MBR** (Minimal Bounding Rectangle) y organiza una colección de objetos espaciales en una jerárquica donde las hojas contienen punteros a los datos y los nodos intermedios contienen el rectángulo mínimo que contiene a sus sub-hojas. Todas las hojas aparecen al mismo nivel. Cada entrada a una hoja es una [tupla](#) (R,O), donde R es el MBR y O es el objeto. Cada nodo intermedio es un tupla (R,P), donde R es el MBR que contiene los rectángulos hijos apuntados por P.

3.10.1 Lenguajes de consulta espacial

Las bases de datos espaciales no tienen un conjunto de operadores que sirvan como elementos básicos para la evaluación de consultas ya que estas manejan un volumen extremadamente grande de objetos complejos no ordenados en una dimensión. Es por esto que existen algoritmos complejos para evaluar predicados espaciales. Las consultas son realizadas generalmente en [SSQL \(Spatial SQL\)](#) ⁽³⁾, el cual introduce, mediante extensiones, los distintos conceptos del álgebra ROSE dentro del lenguaje SQL estándar, es decir, utiliza las cláusulas SELECT-FROM-WHERE para las tres operaciones en el álgebra relacional (proyección algebraica, producto cartesiano y selección). Las tres categorías fundamentales de consultas en un sistema de información espacial son:

Consultas exclusivamente de propiedades espaciales. Ejemplo: "Traer todos los pueblos que son cruzados por un río".

Consultas sobre propiedades no espaciales. Ejemplo: "Cuantas personas viven en Valdivia".

Consultas que combinan propiedades espaciales con no espaciales. Ej: "Traer todos los vecinos de un cuadro localizada en Los Angeles"

En el lenguaje SSQL, el ejemplo del segundo punto se escribiría de la siguiente forma.

```
SELECT poblacion FROM ciudades WHERE nombre= "Valdivia"
```

El otro tipo de consultas, para los datos obtenidos mediante rasterización, es llamado **PSQL** (Pictorial SQL) donde cada objeto espacial se extiende mediante un atributo *loc* (localización) el cual es referenciado en la cláusula SELECT para una salida gráfica y una cláusula específica para tratar relaciones espaciales. También se destaca en los lenguajes de modelado de la información espacial a [GML](#) que es una estructura para almacenar y compartir datos geográficos. Es una codificación del modelo geométrico de rasgo simple del [OGC](#) ([Open Geospatial Consortium](#) simple feature) usando [XML](#). Un **rasgo geográfico** (geographic feature) es definido por el [OGC](#) como "una abstracción del fenómeno del mundo real, si éste está asociado con una posición relativa a la Tierra". Por tanto, es posible hacer una representación del mundo real con un conjunto de rasgos. La especificación de un rasgo viene dada por sus propiedades, las que pueden pensarse definidas como un triple (nombre, tipo, valor). Si este rasgo es geográfico entonces la propiedad tendrá un valor geométrico. Por tanto, un rasgo simple del OGC es aquel cuya propiedad geométrica está restringida a una geometría simple en la que sus coordenadas estén definidas en dos dimensiones y en el caso de existir una curva, ésta es sujeta a una interpolación lineal.

4. APLICACIONES

Normalmente las bases de datos espaciales están asociadas a sistemas [SIS](#) (Sistemas de Información Estratégicos) o [SIG](#) (Sistemas de Información Geográfica). La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante [geocodificación](#). La información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un [Sistema de Información Geográfica](#) frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos. Mientras otros [Sistemas de Información](#) contienen sólo datos [alfanuméricos](#) (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un [SIG](#) integran además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos. Las implementaciones de bases de datos espaciales se dividen en tres campos.

4.1 SIG Puros

Son bases de datos espaciales sin ninguna capa intermedia, realizan las operaciones de selección espacial de manera nativa. Son modulares, extensibles y normalmente con una [interfaz](#) amigable. Aunque también son capaces de generar una interfaz gráfica amigable para las [bases de datos](#) comunes, de tal manera de utilizar datos espaciales ya almacenados en estas tecnologías.

4.2 Ad-hoc

Son sistemas desarrollados para alguna aplicación determinada, que utilizan un sistema de manejo de [archivos](#) propio y por ende un sistema de administración de datos propio. Es por eso que no son modulares, ni reutilizables. La ventaja es que son muy eficientes.

4.3 Bases de datos con extensiones para bases de datos espaciales

Son sistemas de bases de datos normales a los cuales se les agrega una capa para el manejo de la geometría y hacer el "traspaso" desde datos comunes a datos espaciales transparente al usuario final.

Notas

[Nota 1](#): Andrea Rodríguez, Curso Bases de Datos Espaciales. [U. de Concepción](#). [1]

[Nota 2](#): R.H. Güting, M. Schneider, Realm-Based Spatial Data Types: The ROSE Algebra. [2]

[Nota 3](#): Maz J. Egenhofer, Spatial SQL: A Query and Presentation Language. [Universidad de Maine](#).

[Nota 4](#): Silvia Nittel. Curso SIE 555 : Spatial Database Systems. [Universidad de Maine](#). [3]

5.DATO

Del latín *datum* (“lo que se da”), un dato es un **documento**, una **información** o un **testimonio** que permite llegar al conocimiento de algo o deducir las consecuencias legítimas de un hecho. Por ejemplo: “*Hemos descubierto al asesino gracias a los datos aportados por un testigo*”.

Es importa tener en cuenta que el dato no tiene sentido en sí mismo, sino que se utiliza en la toma de decisiones o en la realización de cálculos a partir de un procesamiento adecuado y teniendo en cuenta su **contexto**. Por lo general, el dato es una **representación simbólica** o un **atributo de una entidad**.

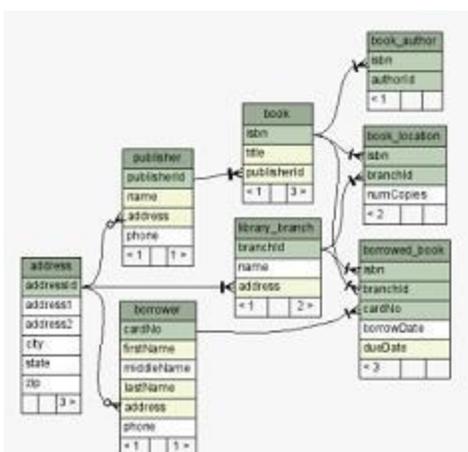
En el campo de las humanidades, los datos se consideran como una **expresión mínima de contenido** respecto a un tema. El conjunto de los datos relacionados constituyen una información.

Para la **informática**, los datos son **expresiones generales** que describen características de las entidades sobre las que operan los algoritmos. Estas expresiones deben presentarse de una cierta manera para que puedan ser tratadas por una **computadora**. En este casos, los datos por sí solos tampoco constituyen información, sino que ésta surge del adecuado procesamiento de los datos.

Se conoce como **base de datos** (o *database*, de acuerdo al término inglés) al conjunto de los datos que pertenecen a un mismo contexto y que son almacenados de manera sistemática para que puedan utilizarse en el futuro. Estas bases de datos pueden ser **estáticas** (cuando los datos almacenados no varían pese al paso del tiempo) o **dinámicas** (los datos se modifican con el tiempo; estas bases, por lo tanto, requieren de actualizaciones periódicas).

5.1 Modelo de datos

En la **informática**, un **modelo de datos** es un **lenguaje utilizado para la descripción de una base de datos**. Por lo general, un modelo de datos permite describir las **estructuras** de datos de la base (el tipo de los datos que incluye la base y la forma en que se relacionan), las **restricciones de integridad** (las condiciones que los datos deben cumplir para reflejar correctamente la realidad deseada) y las **operaciones de manipulación** de los datos (agregado, borrado, modificación y recuperación de los datos de la base).



En un enfoque más amplio, un modelo de datos permite describir los elementos que intervienen en una realidad o en un problema dado y la forma en que se relacionan dichos elementos entre sí.

Por lo general, un modelo de datos presenta dos sublenguajes: un **Lenguaje de Definición de Datos o DDL (Data Definition Language)**, cuya función es describir, de una forma abstracta, las estructuras de datos y las restricciones de integridad; y un **Lenguaje de Manipulación de Datos o DML (Data Manipulation Language)**, que se orienta a describir las operaciones de manipulación de los datos. A la parte del DML enfocada a la recuperación de datos, se la suele conocer como **Lenguaje de Consulta o QL (Query Language)**.

La clasificación de los modelos de datos se realiza de acuerdo al nivel de abstracción. Los **modelos de datos conceptuales** son aquellos que describen las estructuras de datos y restricciones de integridad. Se utilizan durante la etapa de análisis de un problema dado y están orientados a representar los elementos que intervienen y sus relaciones.

Los **modelos de datos lógicos** se centran en las operaciones y se implementan en algún manejador de base de datos.

Por último, podemos mencionar a los **modelos de datos físicos**, que son estructuras de datos a bajo nivel implementadas dentro del propio manejador.

La **información** es un **conjunto organizado de datos**, que constituye un **mensaje** sobre un cierto fenómeno o ente. La información permite resolver problemas y tomar decisiones, ya que su uso racional es la base del [conocimiento](#).

Por lo tanto, otra perspectiva nos indica que la información es un fenómeno que **aporta significado o sentido** a las cosas, ya que mediante códigos y conjuntos de datos, forma los modelos de **pensamiento humano**.

Existen diversas especies que se comunican a través de la transmisión de información para su **supervivencia**; la diferencia para los seres humanos radica en la capacidad para generar códigos y símbolos con **significados complejos**, que conforman el lenguaje común para la convivencia en [sociedad](#).

Los datos son percibidos a través de los **sentidos** y, una vez que se integran, terminan por generar la información necesaria para producir el conocimiento. Se considera que la **sabiduría** es la capacidad para juzgar de forma correcta cuándo, cómo, dónde y con qué objetivo se emplea el conocimiento adquirido.

Los especialistas afirman que existe una relación indisoluble entre la información, los datos, el conocimiento, el pensamiento y el [lenguaje](#).

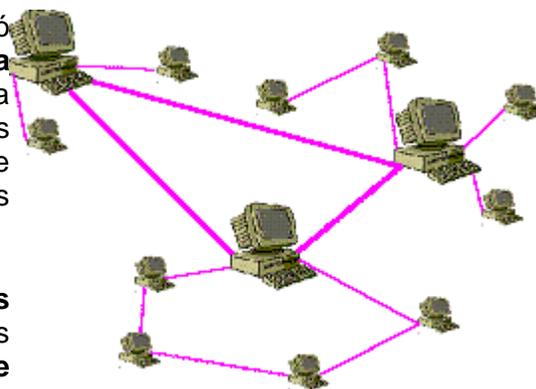
A lo largo de la [historia](#), la forma de almacenamiento y acceso a la información ha ido variando. En la **Edad Media**, el principal acervo se encontraba en las **bibliotecas** de los monasterios. A partir de la **Edad Moderna**, gracias al nacimiento de la **impresión**, los libros comenzaron a fabricarse en serie y surgieron los periódicos.

Ya en el **siglo XX**, aparecieron los medios de comunicación masiva (**televisión, radio**) y las herramientas digitales que derivaron en el desarrollo de [Internet](#).

5.2 Sistema de información

Un **sistema de información** es un conjunto organizado de elementos, que pueden ser personas, datos, actividades o recursos materiales en general. Estos elementos interactúan entre sí para procesar información y distribuirla de manera adecuada en función de los objetivos de una organización.

El estudio de los [sistemas de información](#) surgió como una subdisciplina de las [ciencias de la computación](#), con el objetivo de racionalizar la **administración de la tecnología** dentro de las organizaciones. El campo de estudio fue avanzando hasta pasar a ser parte de los estudios superiores dentro de la **administración**.



Desde un punto de vista empresarial, los **sistemas de información** pueden clasificarse de diversas formas. Existen, por ejemplo, **sistemas de procesamiento de transacciones** (que gestionan la información respecto a las transacciones producidas en una empresa), **sistemas de información gerencial** (para solucionar problemas empresariales en general), **sistemas de soporte a decisiones** (analizan las distintas variables de negocio para la toma de decisiones), **sistemas de información ejecutiva** (para los directivos), **sistemas de automatización de oficinas** (aplicaciones que ayudan en el trabajo administrativo) y **sistemas expertos** (que emulan el comportamiento de un especialista en un dominio concreto).

Cabe resaltar que el concepto de **sistema de información** suele ser utilizado como sinónimo de **sistema de información informático**, aunque no son lo mismo. Este último pertenece al campo de estudio de la **tecnología de la información** y puede formar parte de un sistema de información como **recurso material**. De todas formas, se dice que los **sistemas de información** tratan el desarrollo y la administración de la infraestructura tecnológica de una organización.

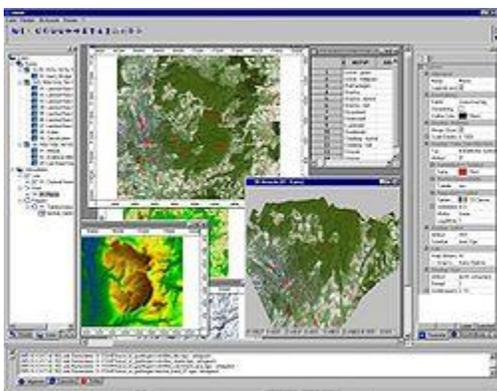
6.OFTWARE SIG



Editando una capa vectorial de polígonos con el Sistema de Información Geográfica de código libre [gvSIG](#).



Visualizando capas WMS con el SIG 3D de código abierto [Capaware](#).



SIG [SAGA](#) abriendo diferentes tipo de datos y una vista en 2.5D

La [información geográfica](#) puede ser consultada, transferida, transformada, superpuesta, procesada y mostradas utilizando numerosas aplicaciones de software. Dentro de la industria empresas comerciales como [ESRI](#), [Intergraph](#), [Mapinfo](#), [Autodesk](#) o [Smallworld](#) ofrecen un completo conjunto de aplicaciones. Los gobiernos suelen optar por modificaciones [ad-hoc](#) de programas SIG, productos de [código abierto](#) o software especializado que responda a una necesidad bien definida.

El manejo de este tipo de sistemas son llevados a cabo generalmente por profesionales de diversos campos del conocimiento con experiencia en Sistemas de Información Geográfica ([cartografía](#), [geografía](#), [topografía](#), etc.), ya que el uso de estas herramientas requiere una aprendizaje previo que necesita de conocer las bases metodológicas sobre las que se fundamentan. Aunque existen herramientas gratuitas para ver información geográfica, el acceso del público en general a los geodatos está dominado por los recursos en línea, como [Google Earth](#) y otros basados en tecnología [web mapping](#).

Originalmente hasta finales de los 90, cuando los datos del SIG se localizaban principalmente en grandes ordenadores y se utilizan para mantener registros internos, el software era un producto independiente. Sin embargo con el cada vez mayor acceso a Internet/[Intranet](#) y a la demanda de datos geográficos distribuidos, el software SIG ha cambiado gradualmente su perspectiva hacia la distribución de datos a través de redes. Los SIG que en la actualidad se comercializan son combinaciones de varias aplicaciones interoperables y [APIs](#).

Hoy por hoy dentro del software SIG se distingue a menudo seis grandes tipos de programas informáticos:

SIG de escritorio. Son aquellos que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos. A veces se clasifican en tres subcategorías según su funcionalidad:

Visor SIG. Suelen ser software sencillos que permiten desplegar información geográfica a través de una ventana que funciona como visor y donde se pueden agregar varias capas de información.

Editor SIG. Es aquel software SIG orientado principalmente al tratamiento previo de la información geográfica para su posterior análisis. Antes de introducir datos a un SIG es necesario prepararlos para su uso en este tipo de sistemas. Se requiere transformar datos en bruto o heredados de otros sistemas en un formato utilizable por el software SIG. Por ejemplo, puede que una [fotografía aérea](#) necesite ser [ortorrectificada](#) mediante [fotogrametría](#) de modo tal que todos sus [píxeles](#) sean corregidos digitalmente para que la imagen represente una [proyección ortogonal](#) sin efectos de [perspectiva](#) y en una misma [escala](#). Este tipo de transformaciones se pueden distinguir de las que puede llevar a cabo un SIG por el hecho de que, en este último caso, la labor suele ser más compleja y con un mayor consumo de tiempo. Por lo tanto es común que para estos casos se suela utilizar un tipo de software especializado en estas tareas.

SIG de análisis. Disponen de funcionalidades de análisis espacial y modelización cartográfica de procesos.

Sistemas de gestión de [bases de datos espaciales o geográficas](#) (SGBD espacial). Se emplean para almacenar la información geográfica, pero a menudo también proporcionan la funcionalidad de análisis y manipulación de los datos. Una [base de datos geográfica](#) o espacial es una base de datos con extensiones que dan soporte de objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, [indexación](#), consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de [geoprocesamiento](#), el principal beneficio de estas se centra en la capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos especialmente georreferenciados. Algunas de estas capacidades incluyen un fácil acceso a este tipo de información mediante el uso de estándares de acceso a bases de datos como los controladores [ODBC](#), la capacidad de unir o vincular fácilmente [tablas de datos](#) o la posibilidad de generar una indexación y agrupación de datos espaciales, por ejemplo.

Servidores cartográficos. Se utilizan para distribuir mapas a través de Internet (véase también los estándares de normas [Open Geospatial Consortium WFS](#) y [WMS](#)).

Servidores SIG. Proporcionan básicamente la misma funcionalidad que los SIG de escritorio pero permiten acceder a estas utilidades de geoprocésamiento a través de una red informática.

Cientes web SIG. Permiten la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta de servidores SIG a través de Internet o intranet. Generalmente se distingue entre cliente ligero y pesado. Los clientes ligeros (por ejemplo, un navegador web para visualizar mapas de Google) sólo proporcionan una funcionalidad de visualización y consulta, mientras que los clientes pesados (por ejemplo, Google Earth o un SIG de escritorio) a menudo proporcionan herramientas adicionales para la edición de datos, análisis y visualización.

Bibliotecas y extensiones espaciales. Proporcionan características adicionales que no forman parte fundamental del programa ya que pueden no ser requeridas por un usuario medio de este tipo de software. Estas nuevas funcionalidades pueden ser herramientas para el análisis espacial (por ejemplo, [SEXTANTE](#)), herramientas para la lectura de formatos de datos específicos (por ejemplo, [GDAL](#) y [OGR](#)), herramientas para la correcta visualización cartográfica de los datos geográficos (por ejemplo, [PROJ4](#)), o para la implementación de las especificaciones del Open Geospatial Consortium (por ejemplo, [GeoTools](#)).

SIG móviles. Se usan para la recogida de datos en campo a través de [dispositivos móviles](#) ([PDA](#), [Smartphone](#), [Tablet PC](#), etc.). Con la adopción generalizada por parte de estos dispositivos de localización GPS integrados, el software SIG permite utilizarlos para la captura y manejo de datos en campo. En el pasado la recogida de datos en campo destinados a Sistemas de Información Geográfica se realizaba mediante la señalización de la información geográfica en un mapa de papel y, a continuación, se volcaba esa información a formato digital una vez de vuelta frente al ordenador. Hoy en día a través de la utilización de dispositivos móviles los datos geográficos pueden ser capturados directamente mediante levantamientos de información en [trabajo de campo](#).

6.1 Comparación de software SIG

Listado incompleto de los principales programas SIG existentes en el sector y los [sistemas operativos](#) en los que pueden funcionar sin emulación,^[9] así como su tipo de [licencia](#).

Software SIG	Windows	Mac OS X	GNU/Linux	BSD	Unix	Entorno Web	Licencia de software
ABACO DbMAP	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Java	Software no libre
ArcGIS	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Software no libre
Autodesk Map	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
Capaware	Sí (C++)	No	No	No	No	No	Libre: GNU GPL
Caris	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre

CartaLinx	Sí	No	No	No	No	No	Software no libre
Geomedia	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no libre
GeoPista	Java	Java	Java	Java	Java	Sí	Libre: GNU
GeoServer	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Java	Libre: GNU
GRASS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Mediante pyWPS	Libre: GNU
gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GNU
IDRISI	Sí	No	No	No	No	No	Software no libre
ILWIS	Sí	No	No	No	No	No	Libre: GNU
Generic Mapping Tools	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libre: GNU
JUMP	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GNU
Kosmo	Java	Java	Java	Java	Java	En desarrollo	Libre: GNU
LocalGIS	Java	Java	Java	Java	Java	Sí	Libre: GNU
Manifold	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
MapGuide Open Source	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/WAMP	Libre: LGNU
MapInfo	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Software no libre
MapServer	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/WAMP	Libre: BSD
Maptitude	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
MapWindow GIS	Sí (ActiveX)	No	No	No	No	No	Libre: MPL
Bentley Map	Sí	Abandonado	No	No	Abandonado	Sí	Software no libre
Quantum GIS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libre: GNU
SAGA GIS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Libre: GNU
GE Smallworld	Sí	?	Sí	?	Sí	Sí	Software no libre
SavGIS	Sí	No	No	No	No	Integración con Google Maps	Software no libre: Freeware
SEXTANT	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre:

E							GNU
SITAL	Sí	No	No	No	No	Integración con Google Maps	Software no libre
SPRING	Sí	No	Sí	No	Solaris	No	Software no libre: Freeware
SuperGIS	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
TatukGIS	Sí	No	No	No	No	?	Software no libre
TNTMips	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no libre
TransCAD	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
uDIG	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Libre: LGNU
GeoStratum	Sí (Flex/Java)	Software no libre					

7.EL FUTURO DE LOS SIG

Muchas disciplinas se han beneficiado de la tecnología subyacente en los SIG. El activo mercado de los Sistemas de Información Geográfica se ha traducido en una reducción de costes y mejoras continuas en los componentes de hardware y software de los sistemas. Esto ha provocado que el uso de esta tecnología haya sido asimilada por universidades, gobiernos, empresas e instituciones que lo han aplicado a sectores como los bienes raíces, la [salud pública](#), la [criminología](#), la [defensa nacional](#), el [desarrollo sostenible](#), los [recursos naturales](#), la [arqueología](#), la [ordenación del territorio](#), el [urbanismo](#), el [transporte](#) o la [logística](#) entre otros.

En la actualidad los SIG están teniendo una fuerte implantación en los llamados [Servicios Basados en la Localización](#) (LBS) debido al abaratamiento y masificación de la tecnología GPS integrada en dispositivos móviles de consumo (teléfonos móviles, PDAs, [ordenadores portátiles](#)). Los LBS permiten a los dispositivos móviles con GPS mostrar su ubicación respecto a puntos de interés fijos (restaurantes, gasolineras, cajeros, hidrantes, etc. más cercanos), móviles (amigos, hijos, autobuses, coches de policía) o para transmitir su posición a un servidor central para su visualización u otro tipo de tratamiento.

7.1 Cartografía en entornos web

Por otro lado el mundo de los SIG ha asistido en los últimos años a una explosión de aplicaciones destinadas a mostrar y editar cartografía en entornos web como [Google Maps](#), [Bing Maps](#) u [OpenStreetMap](#) entre otros. Estos sitios web dan al público acceso a enormes cantidades de datos geográficos. Algunos de ellos utilizan software que, a través de una [API](#), permiten a los usuarios crear aplicaciones personalizadas. [Estos servicios](#) ofrecen por lo general [calles](#), [imágenes aéreas](#) o [de satélite](#), [geocodificación](#), búsquedas en [nomenclátors](#) o funcionalidades de [enrutamiento](#).

El desarrollo de Internet y las redes de comunicación, así como el surgimiento de estándares [OGC](#) que facilitan la interoperabilidad de los datos espaciales, ha impulsado la tecnología web mapping, con el surgimiento de numerosas aplicaciones que permiten la publicación de información geográfica en la web. De hecho este tipo de servicios web mapping basado en servidores de mapas que se acceden a través del propio navegador han comenzado a adoptar las características más comunes en los SIG tradicionales, lo que ha propiciado que la línea que separa ambos tipos de software se difumine cada vez más.

7.2 Semántica y SIG

Las herramientas y tecnologías emergentes desde la [W3C Semantic Web Activity](#) están resultando útiles para los problemas de integración de datos en los sistemas de información. De igual forma, esas tecnologías se han propuesto como un medio para facilitar la interoperabilidad y la reutilización de datos entre aplicaciones SIG^{[10] [11]} y también para permitir nuevos mecanismos de análisis.^[12]

Las [ontologías](#) son un componente clave de este enfoque [semántico](#), ya que permiten una legibilidad por parte de las máquinas de conceptos y relaciones en un dominio dado. Esto a su vez permite al SIG centrarse en el significado de los datos en lugar de su sintaxis o estructura. Por ejemplo, podemos razonar que un tipo de cobertura del suelo clasificada como *bosques de frondosas caducifolias* son un conjunto de datos detallados de una capa sobre cubiertas vegetales de tipo forestal con una clasificación menos minuciosa, lo que podría ayudar a un SIG a fusionar automáticamente ambos conjuntos de datos en una capa más general de clasificación de la cubierta vegetal terrestre.

Ontologías muy profundas y exhaustivas han sido desarrolladas en áreas relacionadas con el uso de los SIG, como por ejemplo la *Ontología de Hidrología* desarrollada por el [Ordnance Survey](#) en el [Reino Unido](#) y las ontologías SWEET llevadas a cabo por el [Laboratorio de Propulsión a Chorro](#) de la [NASA](#).

7.3 Los SIG temporales

Una de las principales fronteras a las que se enfrenta los Sistemas de Información Geográfica es la de agregar el elemento [tiempo](#) a los datos geoespaciales. Los SIG temporales incorporan las tres [dimensiones espaciales](#) (X, Y y Z) añadiendo además el tiempo en una representación 4D que se asemeja más a la realidad. La temporalidad en los SIG recoge los procesos dinámicos de los elementos representados. Por ejemplo, imaginémosnos las posibilidades que ofrecería un Sistema de Información Geográfica que permita ralentizar y acelerar el tiempo de los procesos [geomorfológicos](#) que en él se modelizan y analizar las diferentes [secuencias morfogénicas](#) de un determinado relieve terrestre; o modelizar el desarrollo urbano de una área determinada a lo largo de un periodo de tiempo dado.^[13]

Notas y referencias

↑ «[Lascaux Cave](#)». Ministerio de Cultura francés. Consultado el 2008-02-13.

↑ Curtis, Gregory. *The Cave Painters: Probing the Mysteries of the World's First Artists*. NY, USA: Knopf. [ISBN 1-4000-4348-4](#).

- ↑ Dr David Whitehouse. «[Ice Age star map discovered](#)». BBC. Consultado el 2007-06-09.
- ↑ «[John Snow's Cholera Map](#)». York University. Consultado el 2007-06-09.
- ↑ Joseph H. Fitzgerald. «[Map Printing Methods](#)». Consultado el 2007-06-09.
- ↑ «[GIS Hall of Fame - Roger Tomlinson](#)». URISA. Consultado el 2007-06-09.
- ↑ Lucia Lovison-Golob. «[Howard T. Fisher](#)». Harvard University. Consultado el 2007-06-09.
- ↑ Es común en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica referirse a estos elementos gráficos que representan elementos del mapa con su denominación inglesa *feature*.
- ↑ Nótese que aquellos productos en los que existen versiones para Unix y/o Linux, la disponibilidad para MacOS X y BSD es también muy factible dado que el sobre coste de su compilación es escaso para el desarrollador, especialmente cuando el código fuente es público. Las aplicaciones Java funciona en todas las plataformas en cuyas versiones existen una [Máquina Virtual de Java](#) o un [compilador](#) de Java (en estos momentos [Windows](#), [MacOS X](#), [Linux](#) y [Solaris](#)).
- ↑ Federico Fonseca y Amit Sheth (2002). «[The Geospatial Semantic Web](#)» (en inglés). Consultado el 2008-10-18.
- ↑ Federico Fonseca y Max Egenhofer (1999). «[Ontology-Driven Geographic Information Systems](#)» (en inglés). Consultado el 2008-10-18.
- ↑ Perry, Matthew; Hakimpour, Farshad; Sheth, Amit (2006), «[Analyzing Theme, Space and Time: an Ontology-based Approach](#)» (PDF), *Proc. ACM International Symposium on Geographic Information Systems*, pp. 147-154
- ↑ Matt Ball (2009). «[Perspectives](#)» (en inglés). Consultado el 2009-02-02.

Bibliografía

- Berry, J.K. (1993) *Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS*. Fort Collins, CO: GIS World Books.
- Bolstad, P. (2005) *GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems*, Second Edition. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.
- Bosque Sendra, J. (1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. Madrid.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998) *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, Oxford, 327 pp.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2006) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial, 400 pp.

Calvo, M. (1992) *Sistemas de Información Geográfica Digitales: Sistemas geomáticos*. IVAP-EUSKOIKER, Oñati, 616 pp.

Chang, K. (2007) *Introduction to Geographic Information System*, 4th Edition. McGraw Hill.

Coulman, Ross (2001 - present) Numerous GIS White Papers

de Smith M J, Goodchild M F, Longley P A (2007) *Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*", 2nd edition, Troubador, UK available free online at: [\[1\]](#)

Elangovan, K (2006) "GIS: Fundamentals, Applications and Implementations", New India Publishing Agency, New Delhi" 208 pp.

Harvey, Francis (2008) *A Primer of GIS, Fundamental geographic and cartographic concepts*. The Guilford Press, 31 pp.

Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2006) *An Introduction to Geographical Information Systems*. Prentice Hall. 3rd edition.

Longley, P.A., [Goodchild, M.F.](#), Maguire, D.J. and [Rhind, D.W.](#) (2005) *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2nd edition.

Maguire, D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W. (1997) "Geographic Information Systems: principles, and applications" Longman Scientific and Technical, Harlow.

Ott, T. and Swiaczny, F. (2001) *Time-integrative GIS. Management and analysis of spatio-temporal data*, Berlin / Heidelberg / New York: Springer.

Thurston, J., Poiker, T.K. and J. Patrick Moore. (2003) *Integrated Geospatial Technologies: A Guide to GPS, GIS, and Data Logging*. Hoboken, New Jersey: Wiley.

Tomlin, C.Dana (1991) *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. Prentice Hall. New Jersey.

Tomlinson, R.F., (2005) *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. ESRI Press. 328 pp.

Wise, S. (2002) *GIS Basics*. London: Taylor & Francis.

Worboys, Michael, and Matt Duckham. (2004) *GIS: a computing perspective*. Boca Raton: CRC Press.

Wheatley, David and Gillings, Mark (2002) *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Application of GIS*. London, New York, Taylor & Francis.

[Comparativa sobre características y funcionalidades de los SIG de código libre.](#)

[Comparación de clientes ligeros web para SIG](#)

8. REFERENCIAS EN LÍNEA

Fallas, Jorge. Uso de fotografías aéreas en mapeo y monitoreo. 2002. [PDF]
<http://smestorage.com/files/313b61384724df9a28f0ef3580043ad6.pdf>

Fallas, Jorge. Ortorectificación con ILWIS. [PDF]
<http://smestorage.com/files/7b3d7d4dec1bada6f8014cc57c9ccaea.pdf>

Fallas, Jorge. Descargar imagenes GoogleMpas.
<http://smestorage.com/files/7cf1a5cc1de761e1b305b96c4d043a07.swf>

Fallas, Jorge. Tutorial ArcView GIS 3.x. [PDF]
http://smestorage.com/?p=scribdviewer&type=main_lite#http://smestorage.com/files/cd0755af3b1ab2a9af3deb8ae821ff39.pdf

Fallas, Jorge. Proyecciones y datum. [PDF]
http://smestorage.com/?p=scribdviewer&type=main_lite#http://smestorage.com/files/5cd1d446e17b92091e5daf578a6c1861.pdf

Fallas, Jorge. Normas y estándares para geodatos. [PDF]
<http://smestorage.com/files/deb9f6ba574c07a3b7f27eaa67ed91fc.pdf>