Esta obra está sujeta a (excepto que se indique lo contrario) una licencia de Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0 España de Creative Commons.

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- Reconocimiento - Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- No comercial - No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- Sin obras derivadas - No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

La licencia completa se puede consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

Cobertura sanitaria en zonas de catástrofe

Alumno: Juan Ordinas Martínez-Zárate

Dirigido por: Laura Gracia Guardiola

CURSO 2011-12 (Febrero)

Este trabajo está dedicado a mi mujer, sin su apoyo habría sido imposible llegar hasta aquí.

1. RESUMEN

Este documento es el resultado del Trabajo Final de Carrera para la Ingeniería Técnica en Informática de Gestión por la *Universitat Oberta de Catalunya*, en concreto para el área de Sistemas de Información Cartográfica. La solución final presentada es un comando para trabajar con Geomedia Professional 6.1, dicho comando extiende la funcionalidad de la herramienta para adaptarla a un escenario en el cual se ayuda a la gestión de la cobertura sanitaria en zonas de catástrofe.

En concreto el escenario de catástrofe en el cual se basa el presente documento es el terremoto de Haití, aunque, con la información geográfica necesaria es totalmente extrapolable a cualquier otro escenario.

El entorno de la solución está basado en *Microsoft Visual Studio 2005* y en las librerías específicas de *Geomedia Professional 6.1.*

2. ÍNDICE

1. Resumen 4
2. Índice 5
3. Índice de tablas y figuras 6
4. Introducción 8
5. Definición del TFC 9
5.1 Presentación y descripción 9
5.2 Objetivos 9
5.3 Planificación 10
6. Introducción a los SIG 13
6.1 Definición de SIG 13
6.2 Evolución de los SIG 13
6.3 Componentes de un SIG 15
6.4 Aplicaciones de un SIG 19
7. Introducción a la Cartografía y la Geodesia 21
7.1 Cartografía 21
7.2 Geodesia 25
8. *Geomedia Profesional* 6.1 32
8.1 Presentación del producto 32
8.2 Conceptos básicos 32
8.3 Funcionalidades más importantes 34
9. Solución presentada 38
9.1 Entorno de la solución 38
9.2 Datos cartográficos y geométricos del proyecto 38
9.3 Funcionalidades y proceso 43
10. Líneas de continuación 52
11. Valoración económica del proyecto 53
12. Conclusiones 55
13. Bibliografía 56

3. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Metas principales 10
Tabla 2. Estructura de la memoria 11
Tabla 3. Relación de fuentes cartográficas del TFC. 39
Tabla 4. Valoración económica de los recursos humanos. 53
Tabla 5. Valoración económica de las licencias de software. 53
Tabla 6. Costes Totales. 54

Figura 1. Componentes de un SIG. Fuente [2] 15
Figura 2. Disposición de datos por capas. Fuente [3] 17
Figura 3. Ejemplo de imagen raster. Fuente [5] 18
Figura 4. Ejemplo de imagen vectorial. Fuente [6] 18
Figura 5. Ejemplo de mapa topográfico. Fuente [10] 22
Figura 6. Ejemplo de ortofoto. Fuente [11] 22
Figura 7. Ejemplo de carta náutica. Fuente [12] 23
Figura 8. Ejemplo de cartografía temática. Fuente [7] 23
Figura 9. Ejemplo de cartografía derivada. Fuente [13] 24
Figura 10. Ejemplo de mapa a distintas escalas. Fuente [15] 24
Figura 11. Forma de la Tierra. Fuente [18] 26
Figura 12. Comparación Tierra y Elipsoide. Fuente [18] 26
Figura 13. Ejemplo de elipsoide local. Fuente [17] 26
Figura 14. Coordenadas geográficas. Fuente [17] 27
Figura 15. Ejemplo de coordenadas cartesianas. Fuente [19] 28
Figura 16. Ejemplo de coordenadas proyectadas. Fuente [19] 28
Figura 18. Ejemplo de Proyección Mollweide y Proyección Peters. Fuente [15] 29
Figura 17. La proyección Mercator es conforme y cilíndrica. Fuente [21] 29
Figura 19. Ejemplo de proyección de Miller. Fuente [15] 30
Figura 20. Proyección Lambert. Fuente [23]. 30
Figura 21. Proyección de Robinson, ejemplo de proy. de compromiso. Fuente [25] 31
Figura 22. Entrada menú aprendizaje *Geomedia*. 32
Figura 23. Consultas de atributos *Geomedia*. 34
Figura 24. Menú administrador de complementos VS2003 36
Figura 25. Activación complemento Geomedia Command Wizard 36
Figura 26. Menú Geomedia Command Wizard 36
Figura 27. Geomedia Command Wizard 37
Figura 28. Contenido fichero .prj 39
Figura 29. Importación de *shapefiles* 40
Figura 30. Selección de población. 44
Figura 31. Selección de un punto en el mapa 44
Figura 32. Distancias de las zonas de influencia. 45
Figura 33. Selección de colores de los elementos 45
Figura 34. Pantalla de selección de parámetros del comando. 46
Figura 35. Ejemplo de resultado espacial 47
Figura 36. Ejemplo de informe final. 48

Figura 37. Diagrama de flujo del proceso del comando. 49
Figura 38. Personalización menús y botones de *Geomedia*..... 51
Figura 39. Ejecución del comando. 51

4. INTRODUCCIÓN

El último terremoto sufrido en Haití ha sido considerado de los más devastadores, no por el grado de potencia (7.0 sobre la escala de Richter[1]) sino por el nivel de destrucción provocado debido sobre todo a la baja calidad de las edificaciones del país.

A día de hoy la principal amenaza son las epidemias de enfermedades como el cólera, ya que al no disponer de las infraestructuras necesarias para la distribución y potabilización del agua que consume la gente del país es muy fácil que se propaguen todo tipo de enfermedades.

La intención de este Trabajo Final de Carrera (TFC) es la de poder agilizar la gestión de recursos de emergencias ante cualquier brote de cólera, controlando, mediante modelos de las zonas afectadas, a qué poblaciones afectará según su posición geográfica.

[1] Richter, véase http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismol%C3%B3gica_de_Richter

5. DEFINICIÓN DEL TFC

En este punto se dará una visión global al proyecto y a su alcance, además de definir la hoja de ruta a seguir para la finalización de este proyecto.

5.1 Presentación y descripción

El objetivo de este proyecto es la creación de un sistema de información geográfica (SIG) de uso sencillo basado en la herramienta ***Geomedia Professional 6.***

Mediante la solución resultante de este proyecto se podrán realizar los modelos geográficos necesarios para representar la afectación de un brote de cólera, de esta forma será posible localizar las poblaciones en riesgo de ser afectadas.

Con estos modelos se podrá hacer un análisis para gestionar los recursos sanitarios que deben ponerse en alerta cerca de las poblaciones afectadas por el brote de la enfermedad. También será posible, en función de los ratios de habitantes por zonas y de los recursos sanitarios, incrementar o decrementar el personal de los diferentes centros sanitarios o desviar enfermos a cada centro sanitario.

A continuación se incluyen las partes que se especifican en el enunciado:

1. Obtención de los datos de trabajo
2. Manipulación y creación de nuevos datos para adecuarlos a las necesidades de la aplicación a desarrollar.
3. Diseño de una aplicación que permita, a partir de un punto que será el foco de la enfermedad, obtener las poblaciones situadas aguas abajo en el curso de los ríos más cercanos (si existen).
4. Detección de los centros de atención sanitaria susceptibles de hacerse cargo de los enfermos y, a través del análisis de los ratios de población y de la capacidad de atención de cada centro, establecer tanto la necesidad de incrementar el personal de atención como los medios, o bien de derivar enfermos a centros más lejanos. Este resultado se presentará a modo de informe.

5.2 Objetivos

Los objetivos del proyecto se dividen en: objetivos generales y específicos.

5.2.1 Objetivos generales del proyecto

Los objetivos generales de este TFC son:

- Conocer las características fundamentales de los Sistemas de Información Geográfica.
- Plantear y resolver problemas con componente geográfica a partir de datos genéricos
- Reconocer las diferentes operaciones espaciales de los SIG y su utilidad.

- Desarrollar una pequeña aplicación que permita la resolución de problemas concretos con entidades gráficas.

5.2.2 Objetivos específicos del proyecto

Por lo que respecta a los objetivos específicos del proyecto, son los siguientes:

- Conocer *Geomedia* y sus utilidades.
- Aprender a personalizar el entorno de trabajo.
- Adaptar información procedente de fuentes externas al mundo de los SIG para que pueda ser tratada en este entorno.
- Familiarizarse con los lenguajes de programación que permiten el desarrollo de aplicaciones en los entornos SIG.

5.3 Planificación

La planificación del TFC queda tal y como se ve en la tabla 1:

Meta	Fecha
Inicio TFC	03/03/2011
Entrega borrador "Plan de trabajo"	11/03/2011
PAC1 - Entrega "Plan de trabajo"	15/03/2011
Entrega borrador PAC2	10/04/2011
PAC2 – Entrega PAC2	19/04/2011
Entrega borrador PAC3	17/05/2011
PAC3 – Entrega PAC3	24/05/2011
Entrega borrador "Entrega final"	30/05/2011
PAC4 – Entrega "Entrega final + Presentación"	06/06/2011
Debate virtual	28/06/2011

Tabla 1. Metas principales

5.3.1 Estructura de la memoria

La estructura de la memoria en función de los objetivos hasta ahora planteados será la siguiente:

Punto	Descripción	Hojas
1. Portada		1 hoja
2. Índice	Índice de contenidos	1 hoja
3. Índice de tablas y figuras	Índice de las tablas de datos y/o figuras adjuntas al documento	1 hoja
4. Introducción	Breve introducción sobre el TFC	1 hoja
5. Definición del TFC	Presentación del TFC, sus objetivos, planificaciones y gestión de recursos	
i. Presentación y descripción	Situación de la problemática a cubrir y descripción del proyecto	1 hoja
ii. Objetivos	Objetivos que debe cumplir el TFC, tanto desde el punto de vista de la	1 hoja

	solución como de los conocimientos que se deben adquirir con el mismo	
iii. Planificación	Se presenta la planificación prevista para el TFC	2 hojas
6. Introducción a los SIG	Explicación de lo que se considera que es un SIG, breve historia de la evolución de los SIG y aplicaciones actuales	8 hojas
7. Introducción a la cartografía y Geodesia	Información básica sobre cartografía aplicable a este proyecto	10 hojas
8. GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.1	Presentación del producto que se usará para la solución final del TFC	10 hojas
9. Solución presentada	Explicación de la solución resultante de todo el trabajo realizado que espera cubrir las expectativas del enunciado	20 hojas
10. Conclusiones	Conjunto de conclusiones finales sobre el resultado.	2 hojas
11. Bibliografía		1 hoja
12. Glosario de términos		1 hoja
TOTAL		**60 hojas**

Tabla 2. Estructura de la memoria

5.3.2 Análisis de riesgos

En este apartado se pretende tener en cuenta los posibles problemas que posiblemente aparezcan durante el TFC. Los problemas se van a enumerar de menor a mayor probabilidad.

5.3.2.1 Problemas con el punto de trabajo

Fallos del equipo de trabajo que provoque que no se pueda continuar trabajando y que incluso se pierda parte del trabajo hecho.

Para evitar esta situación se van a programar unas tareas de copia de seguridad para, en el caso de ser necesario, poder restaurarlas en cualquier otro punto y continuar con el trabajo.

5.3.2.2 Problemas con la instalación del software

Casi siempre suele haber problemas con la instalación del software necesario para poder desarrollar la solución, pero en este caso se trabaja con un software comercial con gran experiencia en muchos clientes y podemos suponer que no deberíamos tener ningún problema.

En caso de tener algún problema con la instalación de alguno de los paquetes necesarios se debe dar por hecho que en este momento estos paquetes son prioritarios y, por tanto, el componente que pueda provocar problemas con alguno de los paquetes necesarios será desinstalado para favorecer al TFC. En caso de que no sea posible este último paso se dispone de herramientas de virtualización mediante las cuales se pueden generar tantas máquinas “limpias” como nos sea necesario.

5.3.2.3 Falta de recursos

Es posible que para la correcta realización del TFC se precisen de algunos datos relacionados con el SIG y que quizás no estén disponibles en el preciso momento en que se necesiten o que quizás no seamos conscientes de su necesidad debido al posible desconocimiento de todos los recursos necesarios.

Si no se encuentran los recursos necesarios es que estos no existen y por tanto, en caso de necesidad, se crearán conjuntos de recursos adaptados a las necesidades.

5.3.2.4 Problemas de dedicación

Además del presente TFC estoy matriculado de 2 asignaturas más en la UOC y tengo trabajo y familia, por lo que es posible que a veces no pueda dedicar todo el tiempo planificado para cada punto.

La única solución posible es que dedique todo el tiempo necesario y durante unos cuantos meses la prioridad sea la UOC comenzando por el TFC.

5.3.2.5 Errores de planificación

La planificación es un concepto vivo que debe ser actualizado a medida que se avanza el TFC. Existe la posibilidad de que la planificación hecha en el presente documento no sea lo más exacto posible por lo que una simple replanificación no será posible.

La planificación deberá adaptarse a la realidad con la mayor periodicidad posible para poder detectar y actuar ante desvíos.

5.3.2.6 Falta de experiencia

Existe un factor clave en este TFC y es la falta de experiencia en el mundo de los SIG y más con las herramientas que se usarán para realizar el TFC.

No queda otra alternativa más que garantizar dedicación y esfuerzo para poder finalizar el TFC.

6. INTRODUCCIÓN A LOS SIG

Esta breve introducción dará una visión al concepto de SIG, definición y componentes, y a sus funcionalidades más comunes.

6.1 Definición de SIG

Una definición bastante aceptada de un **Sistema de Información Geográfica** (**SIG**), o **Geographic Information System** (**GIS**) en su acrónimo en inglés, es la ofrecida por el NCGIA (*National Centre of Geographic Information and Analysis*):

> "*Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.*"(NCGIA, 1990). Fuente [1].

Al igual que ocurre con otros conceptos no existe una definición totalmente consensuada del término **SIG**, ya que, además de englobar áreas muy diversas, su uso está muy extendido y sus funcionalidades, posibilidades y aplicaciones van creciendo día tras día.

Para intentar tener una idea más concisa de lo que representa un SIG se debe indagar un poco en las partes originales que lo componen. El concepto complejo del SIG es la unión de dos conceptos más simples, los **sistemas de información** (**SI**) y la **información geográfica** (**IG**).

Los **sistemas de información** puramente dichos hacen referencia a almacenes de datos, más conocidos como bases de datos, diseñadas y estructuradas para facilitar el acceso a la información que contienen y, por tanto, a ayudar a la toma de decisiones.

La **información geográfica** hace referencia al conocimiento de "*dónde*" está una cosa en concreto o "*qué hay*" en un determinado lugar.

Por tanto, de forma muy básica se puede decir que un SIG es un **sistema de información especializado en información geográfica**, mediante el cual es posible tener disponible la información geográfica de un conjunto de elementos.

La diversidad de estos elementos hace que algunos autores como Chrisman (2003) definan al SIG en función de las actividades que permite y otros, en cambio, como Burrough (1998) hacen definiciones del SIG basadas en categorías.

De todas formas hay un concepto común a todas las definiciones que se puede encontrar de un **SIG**:concepto de *espacial*, es decir, sobre la relación con el espacio que nos rodea, en el cual vivimos y funcionamos (Clarke, 1997).

6.2 Evolución de los SIG

Los **SIG** tal y como se conocen hoy en día tienen una antigüedad muy corta, en torno a los 50 años, pero es importante conocer sus orígenes y su evolución para entender su estado actual y la importancia que la información espacial ha tenido para el hombre desde siempre.

Se pueden encontrar lo que se cree que son las primeras señales de asociación de imágenes con atributos de información geográfica en las paredes de las cuevas de Lascaux[2] hechas por los hombres prehistóricos. En ellas se aprecian dibujos de animales unidos por líneas, que se cree, hacían referencia a las rutas migratorias. Está claro que este caso comparado con los complejos procesos actuales es muy simple, pero denota la importancia que ha tenido desde siempre para el hombre la información espacial de los elementos.

Realmente los precedentes más inmediatos al actual escenario de los SIG se remontan al siglo XIX. En dicho siglo, dada la necesidad de tener información espacial de diferentes campos se realizaron los primeros estudios que, usando métodos cartográficos, no sólo consiguieron representar la realidad, sino que se analizaban fenómenos geográficos dependientes entre sí. Cabe destacar los casos de *Johann-Heinrich von Thünen* que investigó el equilibrio del uso del suelo con los costes del transporte y *Dr. John Snow* que determinó la causa de la epidemia de cólera a partir de la distribución espacial de los casos surgidos. Fuente [26].

El actual escenario de los SIG se diseñó durante los años sesenta (1960). A partir de esa década los SIG han experimentado un desarrollo muy importante debido a varios factores como la tecnología, el interés humano y militar y, por supuesto, por el apoyo de diferentes organizaciones e individuos.

Fue en 1962 cuando vio la luz la primera aplicación real de un **SIG**, el Sistema de Información Geográfica de Canadá (*Canadian Geographic Information System*, CGIS). Su misión era almacenar, analizar y manipular los datos recogidos en el inventario de Tierras Canadá (*Canada Land Inventory*, CLI) y ya incluía características tan útiles como la superposición de capas.

Durante la década de los setenta el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial de la Universidad de *Hardvard* desarrolló una serie de conceptos teóricos sobre el manejo de datos espaciales y sentaron las bases para los primeros satélites de teledetección terrestre y el famoso sistema GPS[3].

La comercialización de los SIG, y por tanto el comienzo de su verdadera expansión, se produce en la década de los ochenta. Este despliegue está muy relacionado con la bajada de precios de los equipos informáticos, totalmente necesarios para el SIG. Surgieron empresas totalmente ligadas al mundo de los SIG como M&S Computing (más tarde *Intergraph*), *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) y CARIS (*Computer Aided Resource Information System*). Los sistemas de posicionamiento terrestre comienzan a no ser exclusivos de los ámbitos militares.

En la década de los noventa comienza el gran negocio de los SIG, evoluciona la tecnología, tanto en *hardware*, que supone más potencia de cálculo y más capacidad de gestionar información, como de *software:* los aplicativos son cada vez más fáciles de usar y más amigables, lo que conlleva a ampliar el público destino. Se crean consorcios de empresas para incentivar y mejorar el uso de lo SIG.

[2] http://www.lascaux.culture.fr/

[3] Global Positioning System: sistema de posicionamiento global - http://www.gps.gov/spanish.php

Siglo XXI, el concepto de SIG se enlaza con internet lo que requiere mayor estandarización de los formatos de datos y normas comunes de transferencia de información. Internet consigue que el concepto de SIG no se limite a profesionales de la geografía o de la cartografía, todo el mundo puede consultar un mapa y superponer varias capas de información geográfica en ellos. Además, hoy en día no es extraño encontrarse con proyectos de código libre que no tienen nada que envidiar a los proyectos comerciales, con lo que se da más valor al conocimiento que a las herramientas en sí.

Cada vez más los SIG se están introduciendo en más sectores en los que hasta hace poco era impensable el uso de sistemas como el SIG, pero el auge de las comunicaciones unido a los bajos costes que tienen los equipamientos necesarios para un SIG han hecho que cada vez más organizaciones hayan optado por apoyar sus decisiones en un SIG adaptado a su modelo de negocio o necesidades. Prueba de ello son el aumento de los servicios basados en la localización, los cuales unidos al GPS permiten gestionar rutas para control de flotas u optimización de costes de las rutas entre muchos otros usos.

6.3 Componentes de un SIG

Analizando más a fondo la definición de SIG ofrecida por el NCGIA se pueden observar 5 conceptos muy importantes que son esenciales en todo SIG: Hardware, software, procedimientos, personas y los datos, ver figura 1.

Figura 1. Componentes de un SIG. Fuente [2]

Un SIG no es nada si le falta cualquiera de los cinco componentes antes enumerados, de la misma forma que cualquiera de los componentes por separado no puede llegar a formar un SIG. Es por esta razón que un SIG se considera un **sistema** ya que es la unión de todos los componentes lo que lo hace tan potente.

Una de las características de un SIG es su capacidad de moldeado sobre diferentes escenarios simplemente con la variación de uno o varios de los componentes que lo forman, eso sí,

siempre llegando a un equilibrio entre ellos. No sirven de nada un *hardware* y un *software* muy potentes junto con grandes procesos y personal altamente cualificado pero con un conjunto de datos mediocre.

A continuación se tratan cada uno de los componentes por separado:

6.3.1 Hardware

Está compuesto por las estaciones de trabajo con sus correspondientes periféricos de entrada y salida de datos.

Dentro de este componente se pueden encontrar muchos niveles o capas de *hardware* en función de la complejidad del sistema, su criticidad de respuesta, de su necesidad de disponibilidad o del volumen de datos a procesar.

Existen escenarios con sólo una estación de trabajo con los datos y el aplicativo correspondiente en local hasta grandes redes con servidores de alta disponibilidad pensados para un trabajo constante los siete días de la semana, las veinticuatro horas del día.

6.3.2 Software

En este componente incluye todo el conjunto de aplicativos que se usa para gestionar todo el SIG. No se debe caer en el error de que sólo se incluye al aplicativo del SIG sino que también se debe incluir todos los programas necesarios para que todo el sistema funcione correctamente de forma coordinada, es decir, se pueden incluir programas como el sistema operativo, los sistemas gestores de bases de datos, los programas de balanceo de carga de los servidores (sólo en escenarios complejos), programas de copias de seguridad, etc…

Es importante tener el concepto claro para poder ver el alcance real de un SIG dentro de una organización, a menudo se suele caer en el error de pensar que para un proyecto de implantación de un SIG sólo es necesario el software del SIG propiamente dicho, cuando la realidad es bien distinta y se debe tener en cuenta sobre todo en los costes que ello supone.

Los aplicativos del SIG se pueden englobar en función de la representación de los datos geográficos en dos grandes familias: *raster* y vectorial[4].

6.3.3 Personas

Cuando se habla de personas quedarse solamente con la idea del operador o usuario del SIG es un error, se debe dar un paso atrás y ver la situación más amplia que engloba a esas personas, la organización.

Un SIG está cubriendo unas necesidades de una organización que de forma natural nutre al SIG de información para poder ayudar en la toma y análisis de decisiones.

[4] *Raster* y vectorial: para más información ver definición del componente Datos del SIG (4.3.2).

6.3.4 Procedimientos

Debido a la gran cantidad de personas relacionadas, directa o indirectamente, con un proyecto de SIG se deben definir unos procedimientos o protocolos de actuación y colaboración entre las personas para que la información fluya en el sentido correcto.

6.3.5 Datos

De los componentes que forman un SIG uno de los que más importancia tiene, sobre todo debido a que son el componente que más cambios sufre en un SIG, son los datos.

Combinando unos procedimientos que eviten datos corruptos, unas plataformas de *hardware* y *software* que garanticen la disponibilidad de los datos y unas personas cualificadas para su tratamiento se puede asegurar que la información que devuelve un SIG es más certera y las decisiones que se tomen sobre ella son las más acertadas.

Dada la gran variedad de tipologías de datos, los SIG organizan sus datos por capas temáticas (ver figura 2), el sistema almacena los datos de forma separada permitiendo trabajar con ellos de forma rápida y simple.

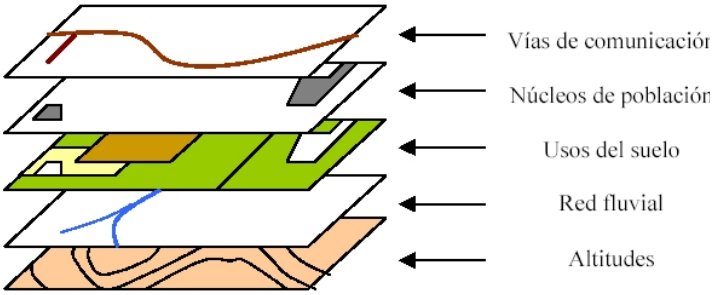

Figura 2. Disposición de datos por capas. Fuente [3]

En estas capas se almacenan tanto datos espaciales como atributos relacionados con el dato espacial, de esta forma el SIG es capaz de combinar dos tipos de datos de naturalezas muy distintas de forma ordenada y lógica para ayudar a la toma de decisiones. Como ejemplo se puede nombrar el trazado de una red de tuberías en las que cada tubería tiene unos atributos relacionados independientemente de la localización de la tubería, como puede ser el calibre de la tubería, el material, etc…, esta combinación de datos puede dar respuesta a preguntas del tipo (dentro de sus correspondientes contextos): ¿Cuáles son las tuberías de calibre Y que hay en la red de tuberías?, ¿A qué parte de la red afectará el cambio de tuberías hechas del material X que deben ser subsitituidas substituir por corrosión del material?, etc…

Como se ha comentado antes (ver punto 4.3.2) los datos espaciales se pueden dividir en *raster* y vectoriales, la diferencia radica en la forma de almacenarlos. A continuación se detallan ambos conceptos:

6.3.5.1 Raster

Según el diccionario en línea que tiene ESRI (*Enviromental Systems Research Institute*) la definición del *raster* es:

> *"Un modelo de datos espacial que define el espacio como una tabla de celdas iguales dispuestas en filas y columnas, y compuestas por una o varias bandas. Cada celda contiene un valor como atributo y las coordenadas de localización. A diferencia de la estructura vectorial, la cual almacena coordenadas de forma*

explícita, las coordenadas raster están contenidas en el orden de la matriz de celdas. Grupos de celdas que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de característica geográfica." Fuente [4]

Es decir, el tipo de datos *raster* se centra más en las propiedades del espacio y pierde un poco de importancia la precisión de la localización. Se puede ver un ejemplo en la figura 3.

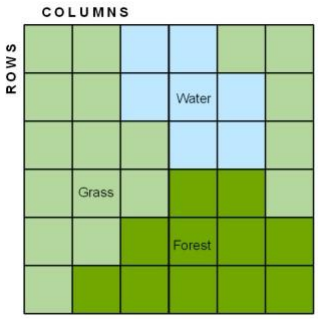

Figura 3. Ejemplo de imagen raster. Fuente [5]

6.3.5.2 Vectorial

Según el diccionario en línea que tiene ESRI (*Enviromental Systems Research Institute*) la definición del vectorial es:

"*Un modelo de datos espacial basado en coordenadas que representa características geográficas como puntos, líneas y polígonos. Cada punto se representa como una pareja de coordenadas, mientras que una línea y un polígono se representan como una lista ordenadas de parejas de coordenadas. Los atributos están asociados con cada característica vectorial, en contrapartida al modelo de datos raster, el cual asocia atributos con celdas de una parrilla.* " Fuente [4]

El tipo de datos vectorial es más preciso que el modelo raster, como contrapartida contiene más datos para procesar y por tanto es más complejo su tratamiento. Se puede ver un ejemplo en la figura 4.

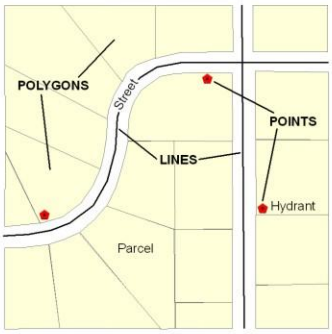

Figura 4. Ejemplo de imagen vectorial.
Fuente [6]

Ante estos dos tipos de datos espaciales surge la gran pregunta, ¿Cuál es el mejor de los dos?, la respuesta está en los datos con los que uno trabaja. La mejor forma de saber qué tipo de dato conviene a cada proyecto es hacer una tarea previa con los datos que se disponen e intentar hacerlos coincidir con los dos tipos de modelos de datos.

Se podría decir que los modelos de datos *raster* son mejores para datos que cambian de forma gradual o con los límites difusos, son modelos de datos sobre los que se pueden hacer análisis de información de forma más simple, en cambio los modelos de datos vectoriales son mejores para localización exacta y/o datos muy cambiantes. También se pueden hacer análisis sobre los datos vectoriales pero requiere de complejos cálculos geométricos.

En resumen, el **modelo *raster* es más rápido pero el modelo vectorial es más preciso**.

6.4 Aplicaciones de un SIG

Con la definición de un SIG y la enumeración y explicación de los componentes que forman un SIG está claro que es algo muy amplio y que sus aplicaciones son casi infinitas, pero para intentar centrar un poco el foco de actuación de un SIG se puede decir que un SIG puede usarse con cualquier actividad o procesos relacionado con el **espacio**.

Actualmente es complicado pensar en una actividad que no esté relacionada de alguna forma con el espacio y ésa es una de las razones por las que el auge de estos sistemas ha crecido de forma tan espectacular.

Pero: "¿por qué esa necesidad de explorar lo **espacial?**". La respuesta se encuentra en el fácil acceso que tiene la sociedad actual a las nuevas tecnologías, y sus precios asequibles, que facilitan el uso de sistemas de información geográfica que, además, son apoyados por unas infraestructuras de comunicaciones que permiten a este tipo de sistemas funcionar cada vez en más escenarios.

Pero además también es debido a estos otros puntos(Fuente [6]):

- Consciencia creciente de por qué los procesos de toma de decisión tienen una dimensión espacial.
- Mejora de la facilidad de interacción del usuario mediante el uso de entornos de trabajo estándar.
- Mejora de las tecnologías de soporte de la aplicaciones, específicamente en términos de visualización, gestión y análisis de datos, y de las relaciones con otros programas.
- Proliferación de los datos digitales referenciados geográficamente. Por ejemplo, los generados mediante la tecnología GPS.
- Experiencia acumulada de aplicaciones de cada campo de trabajo.

Cabe destacar su uso en los siguientes puntos:

- Administraciones públicas: Catastro y planificación
- Empresas de servicios (públicas y privadas): Gestión de flotas, gestión de redes de distribución de agua, gestión de recogida de RSU (Residuos sólidos urbanos).
- Aplicaciones científicas: Estudio de catástrofes, estudios demográficos, control de plagas, estudios medioambientales, agricultura, etc.

7. INTRODUCCIÓN A LA CARTOGRAFÍA Y LA GEODESIA

En este punto se hará una introducción de forma simple y reducida a dos conceptos básicos para entender el funcionamiento de un SIG: La cartografía y la geodesia.

7.1 Cartografía

7.1.1 Definición

El concepto de cartografía (del griego chartis = mapa y graphein = escrito) tiene dos posibles interpretaciones, la primera se refiere a la ciencia encargada del estudio y elaboración de los mapas, y la segunda al conjunto de documentos territoriales relacionados a un mismo ámbito. Fuente [7].

7.1.2 El mapa

El concepto de mapa proviene del término latino *mappa* y según la Asociación Cartográfica Internacional (ICA, en sus siglas en inglés, icaci.org) un mapa es una representación gráfica abstracta de la superficie (o parte de ella) de la Tierra que muestra las relaciones espaciales entre las características geográficas, **generalizando** sus apariencias, simplificándolas con fines comunicativos y aplicando símbolos para facilitar su interpretación.

Es importante tener en cuenta que un mapa tiene un propósito concreto, que puede ser por ejemplo la localización precisa de un sitio o la representación de patrones de distribución de un determinado suceso, y por tanto la información que contiene suele estar limitada al ámbito que abarca y son los cartógrafos los que se encargan de seleccionar la información y la escala del mismo.

7.1.3 Tipos de mapas

Todo mapa tiene un propósito y un ámbito de validez y por tanto deberán existir unas tipologías y simbologías específicas para poder dar la información fidedigna con precisión.

Se pueden encontrar muchos tipos de mapas pero cogiendo como base la Ley 7/1986 del 24 de enero de Ordenación de la cartografía[5] se divide la cartografía oficial en **básica, temática** y **derivada**. Fuente [9].

7.1.3.1 Cartografía Básica

Incluye aquellos mapas que representan elementos de la superficie terrestre de la forma más precisa posible teniendo en cuenta las limitaciones de la escala. Son los también llamados *fundamentales o topográficos.* Está orientada a la representación general de los fenómenos geográficos existentes en su ámbito, sin dar más intensidad a un fenómeno u otro. Fuente [9].

Algunos mapas de esta categoría son los siguientes: Fuente [9]

1. **Mapas topográficos**

[5] http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1986-2383

Este tipo de mapas son una representación, generalmente parcial, del relieve de la superficie terrestre a una escala definida (Fuente [10]) unidos con objetos de todo tipo del territorio y su situación. La elaboración de este tipo de mapas se hace a partir de la fotointerpretación directa de la fotografía aérea o a partir de ortofotos. Ver figura 5.

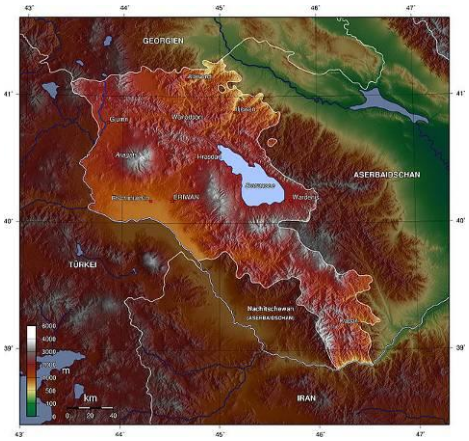

Figura 5. Ejemplo de mapa topográfico. Fuente [10]

2. Mapas de imágenes

Los mapas de imagen reproducen una imagen tomada, desde un avión o desde un satélite, tanto por medios fotográficos como por sensores digitales. El resultado final con un conjunto de fotografías rectificadas geométricamente que se convierten en productos de ortomapa o de ortoimagen. Ver figura 6.

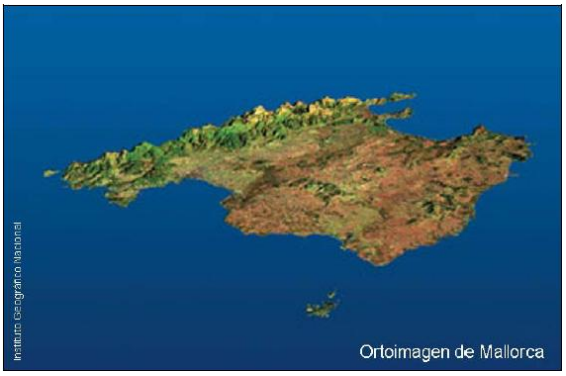

Figura 6. Ejemplo de ortofoto. Fuente [11]

3. Cartas náuticas

Las cartas náuticas representan a escala aguas navegables y costeras. Normalmente indican la profundidad del suelo marino, detalles de la costa indicando los puertos y otros tipos de información de ayuda para la navegación. Ver figura 7.

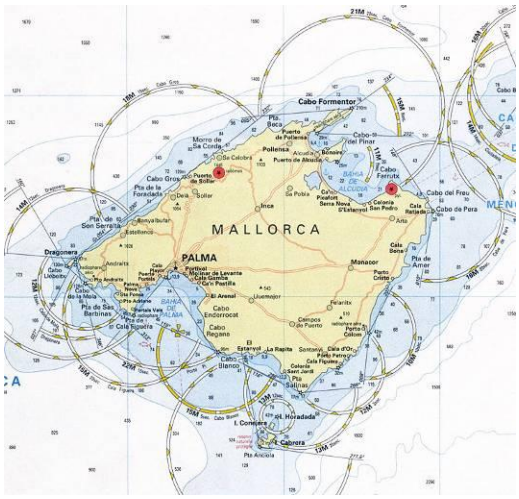

Figura 7. Ejemplo de carta náutica. Fuente [12]

7.1.3.2 Cartografía Temática

Usando como base la cartografía básica, la cartografía temática representa variables específicas del territorio centrándose en un tema en concreto y llevando, opcionalmente, información del relieve.

Debido a su propia naturaleza los ejemplos de mapas temáticos pueden ser tan variados como temas se puedan enumerar. Por ejemplo, se podrían incluir mapas geológicos, demográficos de tránsito, etc. Ver figura 8.

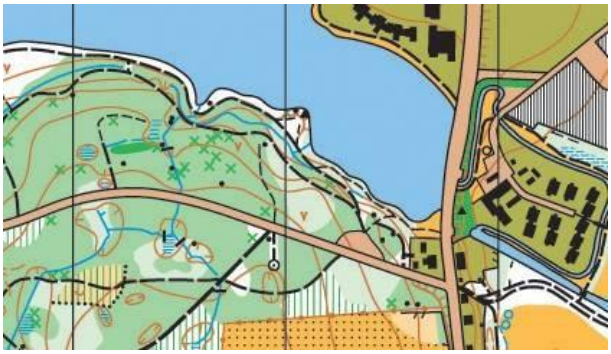

Figura 8. Ejemplo de cartografía temática. Fuente [7]

7.1.3.3 Cartografía Derivada

La cartografía derivada es la formada por procesos de adición o generalización de la información topográfica contenida en la cartografía básica existente.

El ejemplo más conocido de la cartografía derivada son los mapas topográficos o temáticos conocidos como **atlas** (ver figura 9). En función de si los mapas origen proporcionan información base o temática se les conocerá como atlas generales o temáticos respectivamente.

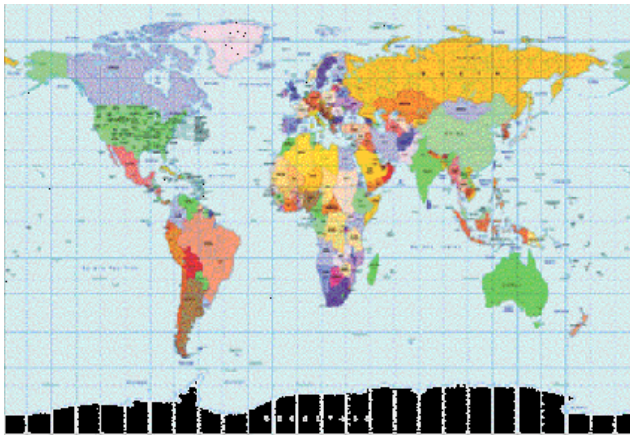

Figura 9. Ejemplo de cartografía derivada. Fuente [13]

7.1.4 Conceptos

Dentro de la cartografía, aparte de los mapas y sus tipos antes descritos, se debe entender bien el concepto de **escala** y de **diseño cartográfico**

7.1.4.1 Escala

La escala es el ratio o relación entre una distancia o un área de un mapa y su correspondiente distancia o área en el terreno, comúnmente expresada como una fracción o ratio. Una escala de un mapa 1/100.000 o 1:100.000 representa que una unidad de medida sobre el mapa equivale a 100.000 unidades de la misma unidad sobre la tierra. Fuente [14].

La escala marca el nivel de detalle del mapa, a escalas más grandes mayor nivel de detalle y a escalas más pequeñas menor nivel de detalle. Ver figura 10.

Figura 10. Ejemplo de mapa a distintas escalas. Fuente [15]

7.1.4.2 Diseño cartográfico

El diseño cartográfico de un mapa se basa en la **definición del objetivo del mapa** y la **selección del método de elaboración**, es decir, el diseño cartográfico es el proceso de elaboración de un mapa. Fuente [9].

- **Definición del objetivo**

  En esta fase se van a decidir los parámetros de las siguientes características:

- **Escala**, mediante la cual, tal y como se ha explicado en el punto anterior, se determinan qué elementos se representarán en el mapa.
- **Marco cartográfico**, indica cuál será el área cartografiada en el mapa.
- **Soporte y formato de salida**, básicamente se decide si la explotación del mapa se hará en papel o en soporte electrónico.
- **Contenido y componentes del mapa**, se compone de corte cartográfico, que hace referencia al contenido del mapa (que varía en función de si es básico o temático), y los elementos periféricos, es decir toda la información no contenida en el corte cartográfico como título, créditos, etc.

- **Selección del método de elaboración**

  En este punto se analizan las diferentes alternativas para elaborar el proyecto, teniendo en cuenta las siguientes variables: la **normativa cartográfica**, las **fuentes de información** y el **proceso de elaboración**.

  - **Normativa cartográfica**, las normativas las puede establecer algún tipo de estándar ya existente e, incluso, se pueden combinar estos estándares con el estilo propio.
  - **Fuentes de información,** las fuentes de información están clasificadas en **primarias** y **elaboradas**.

    Las primarias son aquellas con un propósito específico como puede ser la elaboración de un mapa.

    Las elaboradas son las que son consecuencia de algún proceso de modificación de datos ya existentes.

7.2 Geodesia

7.2.1 Definición

El término Geodesia, del griego γη ("tierra") y δαιζω ("dividir") fue usado inicialmente por Aristóteles (384-322 a. C.) y puede significar, tanto "divisiones geográficas de la tierra", como también el acto de "dividir la tierra", por ejemplo, entre propietarios. Fuente [16].

Dentro de la geodesia cartográfica, según Helmert (1880) se puede definir de forma sencilla como la ciencia que estudia la figura y la forma de la Tierra.

Esta definición puede parecer muy banal, ya que todo el mundo tiene en mente la típica imagen de la esfera llamada Tierra vista desde el espacio, pero la realidad es que la Tierra no es una esfera perfecta (ver figura 11) y es por esa razón que estudiar la verdadera forma de la Tierra es muy importante para poder hacer mapas precisos y poder tener un sistema de **identificar** y **localizar** un punto cualquiera en todo el globo.

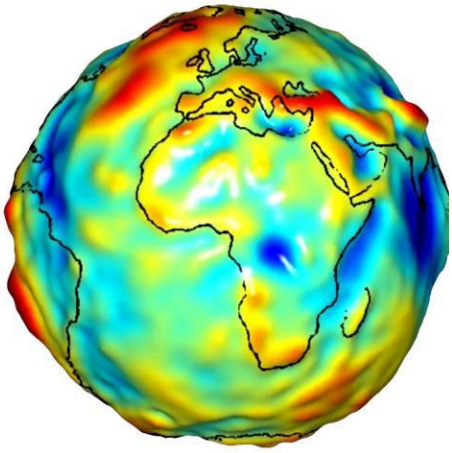

Figura 11. Forma de la Tierra. Fuente [18]

Hoy en día la definición de geodesia se ha perfeccionado para tener en cuenta otras variables que también afectan a este estudio. Una definición más exacta (y más actual) es: "*La geodesia es la ciencia que estudia la figura, las dimensiones y el campo gravitatorio de la Tierra, así como su variación en el tiempo*". Fuente [9]

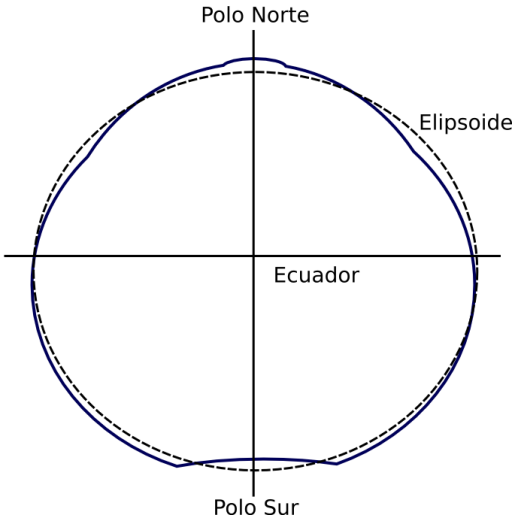

Figura 12. Comparación Tierra y Elipsoide. Fuente [18]

Actualmente la forma más aceptada a la hora de realizar algún estudio es el **geoide**, el problema de esta forma es que es muy compleja de representar matemáticamente por lo que se opta por usar una forma muy próxima al geoide llamado **elipsoide** (ver figura 12).

7.2.1.1 El elipsoide

Es la superficie matemática que mejor se aproxima a la forma de la Tierra (Fuente [9]), depende del semieje mayor o ecuatorial, semieje menor o polar, factor de aplanamiento y excentricidad. Gracias a estos parámetros se consigue modificar su forma.

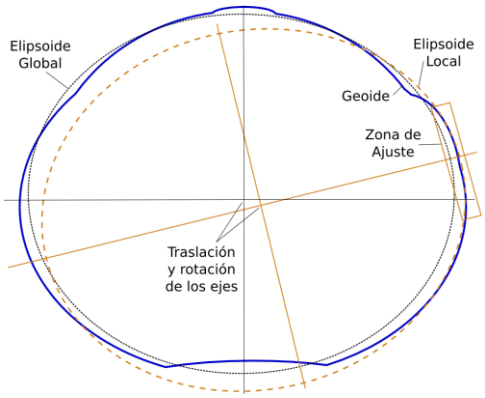

Figura 13. Ejemplo de elipsoide local. Fuente [17]

La elección del elipsoide está más que justificada, tanto por razones de sencillez en su definición matemática como porque se ajusta al geoide con una aproximación de primer orden. De todas forma debido a las

irregularidades de la Tierra no hay un elipsoide que se ajuste a la perfección a toda la superficie de la Tierra por lo que para paliar ese problema a la hora de hacer aproximaciones dentro de un área geográfica determinada se hace uso del **elipsoide local**, este elipsoide se adapta más a la realidad de una zona concreta que un elipsoide global. Ver figura 13.

7.2.1.2 Datum geodésico

Debido a la existencia de múltiples elipsoides locales surge la necesidad de poder ubicarlos tridimensionalmente dentro del geoide, por lo que con los parámetros de dimensiones, forma y posición y la determinación de un punto de tangencia común a las superficies del geoide y del elipsoide se podrá fijar un punto en el espacio tridimensional. Esto es el datum geodésico.

7.2.2 Sistemas de coordenadas

Los sistemas de coordenadas son una creación artificial para permitir la definición analítica de la posición de un objeto o fenómeno. Fuente [9]

No existe un único sistema de coordenadas sino que hay varios, todos ellos igualmente aceptados y la elección de uno u otro depende de las necesidades y de una sencilla cuestión de conseguir su forma más simple.

De entre los múltiples sistemas de coordenadas, los más usados son:

- **Coordenadas geográficas.** Fuente [17]

  Este sistema de coordenadas se basa en dos elementos llamados **meridianos** y **paralelos**. Los meridianos son los círculos máximos que van del Polo Norte al Polo Sur y los paralelos las intersecciones de los planos paralelos al Ecuador con la esfera terrestre.

  Con estos dos elementos se puede establecer un sistema de coordenadas que se compone de dos ángulos que determinan de forma única la posición de cualquier punto sobre la Tierra.

  El sistema de coordenadas basa sus resultados en dos conceptos: la latitud, que procede de la palabra latina latus, y significa ancho, y la **longitud**, que proviene del latín *longus*, que significa largo.

  Latitud

  Desde el punto de vista matemático la latitud representa el ángulo formado por la vertical a la Tierra en dicho punto y el plano del Ecuador.

  El origen de latitudes es el Ecuador, y el valor de la latitud oscila entre los 0º de este plano ecuatorial y los 90º en los polos.

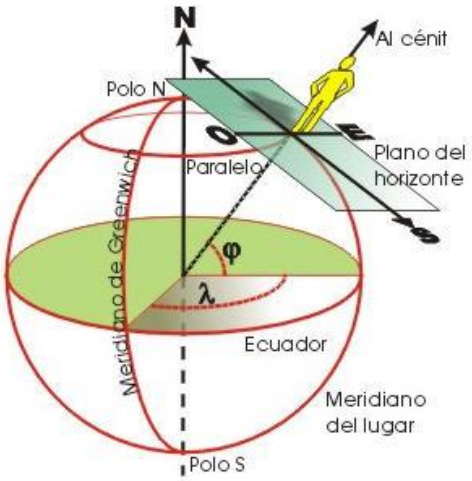

Figura 14. Coordenadas geográficas. Fuente [17]

La latitud se considera positiva cuando el punto se encuentra en el hemisferio Norte y negativa en el Sur.

Longitud

La longitud es el ángulo que forma el meridiano que pasa por dicho punto con un el meridiano de *Greenwich*[6].

Al igual que las latitudes también hay valores positivos y negativos en función de si el punto se encuentra a la derecha (positivos) del meridiano de Greenwich o a la izquierda (negativos).

- **Coordenadas cartesianas**

En el sistema de coordenadas cartesianas las posiciones se definen por las coordenadas (x, y, z), cada coordenada representa un valor en sus respectivos ejes (X, Y, Z). Ver Figura 15.

  - El eje Z pasa por el centro de la Tierra y los polos.
  - El eje X pasa por el centro de la Tierra y por el meridiano de Greenwich.
  - El eje Y forma un ángulo de 90º con los otros dos ejes.

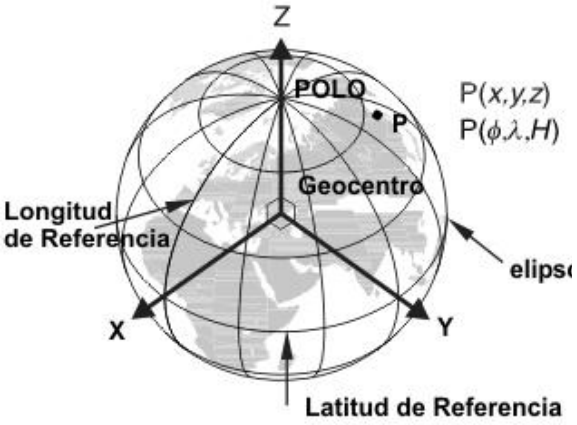

Figura 15. Ejemplo de coordenadas cartesianas. Fuente [19]

- **Coordenadas proyectadas**

Este sistema se define sobre una superficie plana, en la cual la localización de las coordenadas se realiza respecto a una malla donde se ha definido el origen en su centro. Fuente [9]. Ver Figura 16.

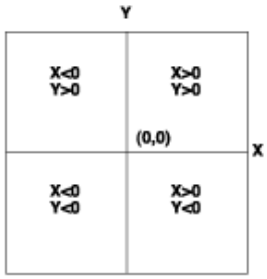

Figura 16. Ejemplo de coordenadas proyectadas. Fuente [19]

7.2.3 Proyecciones cartográficas

Las proyecciones cartográficas son un sistema de representación gráfico que, basado en transformaciones matemáticas, establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie esférica de la Tierra sobre una superficie plana, minimizando las deformaciones que sufren estos puntos relacionados.

[6] También conocido como meridiano 0, esta referencia se adoptó en una Conferencia Internacional de Washington en 1884.

Estas deformaciones son inevitables y se denominan **distorsión**, pero lo que deben asegurar las proyecciones independientemente de la distorsión es la exactitud del posicionamiento. Cada tipo de mapa, en función de sus necesidades, se basa en uno u otro tipo de proyección ya que cada una de ellas puede mantener algunas de las propiedades geométricas: forma, área, distancia o dirección.

Las proyecciones se pueden clasificar de varias formas, las más comunes son la **clasificación según las propiedades geométricas** y la **clasificación según la figura geométrica de la que derivan**. Fuente [9].

Por clasificación según las propiedades geométricas son las siguientes:

7.2.3.1 Proyecciones conformes

Se caracterizan por mantener la forma de la superficie que se muestra en el mapa, o lo que es lo mismo los ángulos, es decir, cumplen la condición de que el ángulo entre los meridianos y paralelos es un ángulo recto, tal y como ocurre en la realidad.

El problema de este tipo de proyección es que la escala no es constante entre las diferentes regiones del mapa ya que las medidas de las superficies se distorsionan respecto a la realidad.

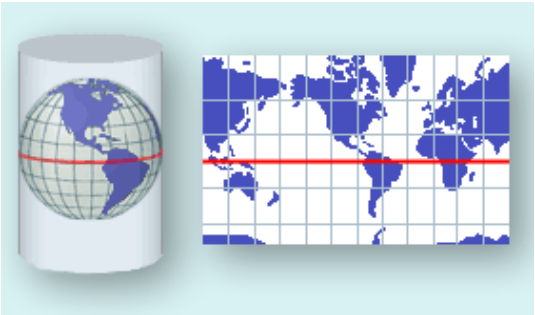

Figura 17. La proyección Mercator es conforme y cilíndrica. Fuente [21]

Un ejemplo de proyección conforme es la proyección Mercator[7]. Ver figura 17.

7.2.3.2 Proyecciones equivalentes

Las proyecciones equivalentes son aquellas que mantienen la proporción de las superficies a costa de modificar los ángulos, por tanto una proyección equivalente no puede ser conforme. Como ejemplo de proyecciones equivalentes podemos nombrar las proyecciones de Mollweide y de Peters. Ver figura 18.

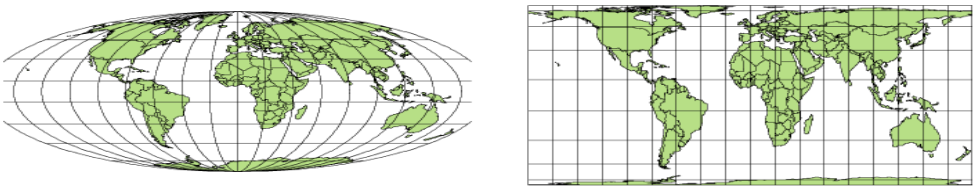

Figura 18. Ejemplo de Proyección Mollweide y Proyección Peters. Fuente [15]

7.2.3.3 Proyecciones equidistantes

Son aquellas que conservan las distancias pero no todas ya que no es posible representarlas todas de forma correcta, son desde el centro de la proyección o a lo largo de los círculos máximos (meridianos) pasando por un punto (Snyder, 1987, pág. 4).

[7] Mercator:

Ejemplo: proyección de Miller. Ver figura 19.

Figura 19. Ejemplo de proyección de Miller. Fuente [15]

7.2.3.4 Proyecciones azimutal, cenitales o de dirección verdadera

Este tipo de proyecciones conservan las direcciones, y por tanto los ángulos (azimuts) pero no aseguran las distancias de los puntos respecto al centro del mapa (Snyder, 1987, pág. 4).

Como ejemplo de este tipo de proyecciones está la proyección Lambert. Ver Figura [20].

Figura 20. Proyección Lambert. Fuente [23].

7.2.3.5 Proyecciones de compromiso

Estas proyecciones no mantienen la relación exacta con ninguna característica del mundo real, lo que intentan es llegar a un equilibrio entre todas ellas, normalmente este tipo de proyecciones no se suelen usar para localización, se suelen usar para mapas temáticos. Ver Figura [21].

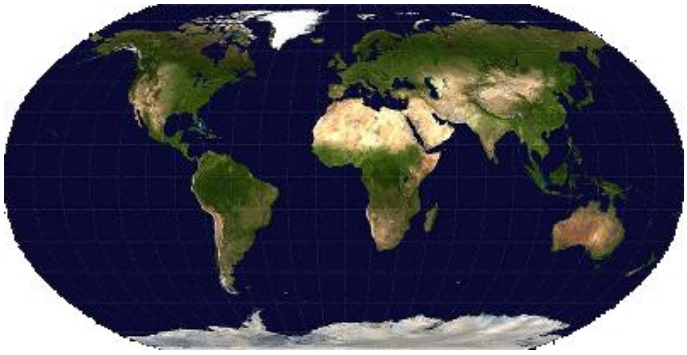

Figura 21. Proyección de Robinson, ejemplo de proy. de compromiso. Fuente [25]

Sobre la clasificación según su forma geométrica existen los siguientes tipos:

7.2.3.6 Proyecciones cónicas

La proyección cónica se obtiene proyectando los elementos de la superficie esférica terrestre sobre una superficie cónica tangente, situando el vértice en el eje que une los dos polos. Aunque las formas presentadas son de los polos, los cartógrafos utilizan este tipo de proyección para ver los países y continentes. Fuente [22].

7.2.3.7 Proyecciones cilíndricas

Una proyección cilíndrica es una proyección cartográfica que usa un cilindro tangente a la esfera terrestre, colocado de tal manera que el paralelo de contacto es el ecuador. Fuente [22].

La proyección Mercator es un ejemplo claro de este tipo de proyección que se usa sobretodo para ver la toda la superficie de la Tierra.

7.2.3.8 Proyecciones planas

La proyección azimutal, o proyección cenital, es la que se consigue proyectando una porción de la Tierra sobre un disco plano tangente al globo en un punto seleccionado, obteniéndose la visión que se lograría ya sea desde el centro de la Tierra o desde un punto del espacio exterior. Fuente [22].

Como ejemplo de este tipo de proyecciones está la proyección de Lambert.

8. GEOMEDIA PROFESIONAL 6.1

En este apartado se tratarán, de forma básica, los conceptos necesarios para comprender el funcionamiento del *Geomedia Profesional 6.1* y algunas de sus funcionalidades.

8.1 Presentación del producto

Geomedia Profesional 6.1 es un sistema de información geográfica basado en tecnología *Jupiter* de Intergragph. Mediante esta herramienta se pueden recoger datos de SIG, rellenar una base de datos de empresa y transformar la información en mapas preparados para ser examinados y analizados. Fuente [25].

Permite combinar diferentes orígenes de datos con diferentes proyecciones en el mismo entorno lo que facilita la integración de datos, además de permitir el desarrollo de comandos propios para añadir funcionalidad no existente por defecto. Estos componentes hechos a medida se basan en la integración de *Geomedia Profesional* 6.1 con la *suite* de desarrollo *Microsoft Visual Studio*.

Sobre *Intergragh*, la empresa propietaria de *Geomedia Profesional* 6.1, en su página web www.intergragh.com se puede extraer la siguiente descripción de la compañía:

> *"Intergraph es la empresa líder global de ingeniería y software para la gestión de información espacial (SIM), que permite a los clientes visualizar datos complejos. Empresas y gobiernos en más de 60 países confían en las soluciones de software de Intergraph, específicas para la industria, para organizar grandes cantidades de datos en forma de representaciones visuales comprensibles e inteligencia para tomar decisiones. Las soluciones y servicios de Intergraph permiten a los clientes construir y gestionar de manera más eficiente plantas y barcos; complejos sistemas, y operaciones que permiten al mundo funcionar, abarcando desde redes energéticas y de gas, utilities, comunicaciones y transporte, a sistemas de seguridad ciudadana y nacional. Las soluciones de Intergraph permiten crear mapas inteligentes y proteger infraestructuras críticas y a millones de personas en todo el mundo."*

8.2 Conceptos básicos

Dentro del aplicativo *Geomedia Profesional* 6.1 se dispone de una guía de aprendizaje para entender los conceptos básicos del sistema. Esta guía se puede encontrar en el menú "?" del aplicativo. Ver Figura 22.

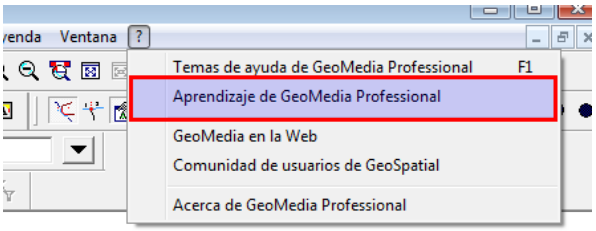

Figura 22. Entrada menú aprendizaje *Geomedia*.

Dentro de estos conceptos básicos están los siguientes, con su correspondiente definición incluida en la ayuda oficial del producto. Fuente [25].

8.2.1 GeoWorkspace

Archivo mediante el cual se ven datos geográficos. Si el usuario está conectado a un **almacén** de lectura/escritura, puede colocar y manipular datos del *GeoWorkspace*.

En este archivo se almacena el entorno de trabajo del usuario, desde la configuración de pantallas, el **sistema de coordenadas** de trabajo o los orígenes de datos relacionados.

8.2.2 Sistema de coordenadas

Un sistema de coordenadas proporciona una forma de asociar una coordenada geográfica con cada coordenada del modelo en el espacio de almacenamiento del SIG. Los datos que están en el espacio de almacenamiento tienen las características de exactitud (desplazamiento de la ubicación geográfica "verdadera") y precisión (nivel de detalle). *Geomedia* reconoce los sistemas de coordenadas: **Geogràfico**, **Proyectado**, **Geocentrico,.**

El programa guarda los datos geográficos en referencia a uno de entre varios sistemas de coordenadas posibles (uno por **almacén**). Estos sistemas de coordenadas proporcionan las bases matemáticas para relacionar las entidades del área de estudio con sus posiciones en el mundo real.

8.2.3 Almacén (*Warehouse*)

El almacén es la fuente de datos geográficos para *GeoMedia Professional* que contiene **entidades** y su geometría que se pueden visualizar en un *GeoWorkspace* o importar a un almacén de lectura y escritura.

Cada almacén contiene **un solo tipo de datos** geográficos, por ejemplo, *Access*, MGE, FRAMME, MGE *Segment Manager*, ARC/INFO, Oracle, ArcView, MapInfo, MGDM o CAD.

8.2.4 Entidad

Entidad geográfica que se representa en un mapa mediante una geometría y se define en la base de datos mediante atributos no gráficos. Distancia única de una entidad dentro de una **clase de entidad**. Fuente [25].

8.2.5 Clase de entidad

Clasificación a la que se asigna cada aparición de una entidad. Por ejemplo, un conjunto de datos consiste generalmente en varias clases de entidad, tales como carreteras, puentes, escuelas e iglesias.

8.2.6 Leyenda

La leyenda es el centro de control interactivo que determina qué se visualiza en la ventana de mapa. Mediante la leyenda, se puede controlar qué objetos de mapa (por ejemplo, clases de

entidad, imágenes, resultados de consultas y visualizaciones temáticas) se visualizarán en la ventana de mapa y qué aspecto tendrán.

8.3 Funcionalidades más importantes

Existen numerosas funcionalidades en este producto pero sólo se hace mención de las más potentes o las más interesantes de cara a este TFC.

8.3.1 Gestión de la información

Tal y como se indica en el punto *Presentación* del producto, *Geomedia Profesional* 6.1 es un producto que permite ***recoger datos*** *de SIG,* ***rellenar una base de datos*** *de empresa y transformar la información en mapas preparados para ser* ***examinados*** *y* ***analizados***.

Para la recogida de datos y el posterior relleno de la base de datos, *Geomedia Profesional* 6.1 dispone del concepto de almacén, el cual, tal y como se ha explicado en el punto anterior (ver punto 6.2.3), es la capa lógica que dota de conectividad al sistema. Sobre esta capa cabe destacar que permite independizar las capas abiertas en el SIG de las entidades existentes a las diferentes conexiones, de esta forma es posible tener un *GeoWorkSpace* conectado a múltiples orígenes de datos lo que facilita y potencia estas tareas.

En cuanto a la explotación y análisis de los datos el producto dispone de herramientas para realizar consultas, definiendo una consulta como una petición de información. Estas consultas se generan a partir de uniones, etiquetas, consultas de filtro de atributos y consultas espaciales que se almacenan en el *GeoWorkSpace*, de forma que si se cambian los almacenes relacionados con un *GeoWorkSpace* las consultas se actualizan cada vez que se abren.

Se pueden definir tres tipos de consultas. Tipología y definición Fuente [25]:

8.3.1.1 Consultas de filtro de atributos

Permite solicitar información a la base de datos sobre una clase de entidad o consulta, es decir, devuelven un subconjunto de entidades en una clase de entidad o una consulta única basada en las condiciones aplicadas mediante operadores a los atributos. Ver figura 23.

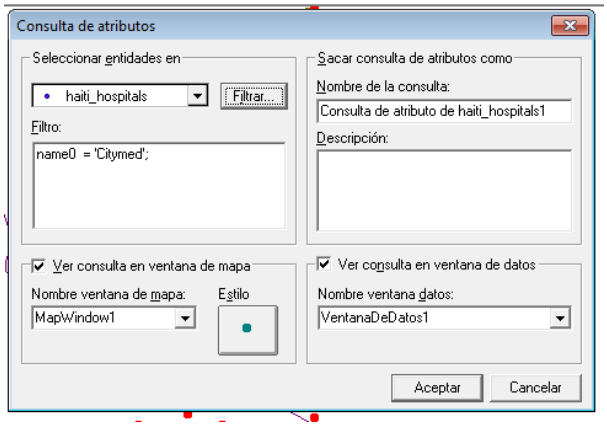

Figura 23. Consultas de atributos *Geomedia*.

Este tipo de consultas se realizan sobre un almacén.

8.3.1.2 Consultas espaciales

Se usan para solicitar información a la base de datos sobre dos clases de entidad o consultas y sobre sus relaciones espaciales mutuas.

Las consultas espaciales se pueden ejecutar en diferentes almacenes y tipos de almacenes

8.3.1.3 Consultas de red lineal

Son un tipo de consultas específicas para el servidor de datos *MGE Segement Manager*.

8.3.2 Ampliación de funcionalidades

Geomedia Profesional 6.1 basa su funcionamiento en comandos. Por defecto el producto incluye muchísimos comandos para usar la herramienta de forma totalmente autónoma, pero además incluye la posibilidad de crear comandos a medida.

Esta posibilidad existe gracias a la integración del producto con el entorno de desarrollo (IDE, en sus siglas en inglés) *Microsoft Visual Studio .Net*.

Existe un punto negativo, que es la falta de actualización de esta integración. Actualmente el producto sólo es compatible con la versión 2005 del IDE *Microsoft Visual Studio*, por lo que es obligado trabajar con esta versión bastante antigua, pero que seguro cubre con creces las funcionalidades necesarias para este TFC.

Sobre la implementación de nuevos comandos existe una documentación bastante extensa y variada en la ayuda del mismo producto. Entre muchos otros contenidos contiene un modelo de las clases y objetos, así como la definición de cada uno ellos, información totalmente necesaria para la correcta definición e implementación de comandos a medida.

De lo que no existe mucha documentación es de la instalación y del funcionamiento del complemento llamado *Geomedia Command Wizard*, necesario para el desarrollo de nuevos comandos. Al instalar el *Geomedia Profesional 6.1,* y teniendo previamente instalado el *Microsoft Visual Studio 2003*, se instala de forma automática el *Geomedia Command Wizard* como complemento del *Microsoft Visual Studio 2003.*

Después de instalar el complemento *Geomedia Command Wizard* se debe ir al *Microsoft Visual Studio 2003* para activar el complemento. Esta activación se realizar desde la ventana de gestión de complementos que se encuentra en el menú **Herramientas | Administrador de complementos** (Ver Figura 24).

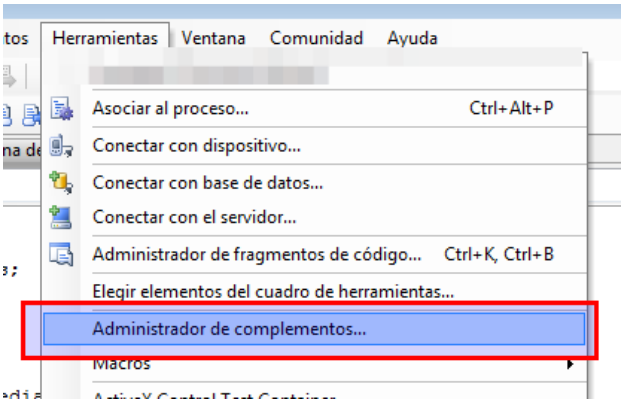

Figura 24. Menú administrador de complementos VS2003

Dentro de la ventana del administrador de complementos se debe seleccionar y activar el complemento *Geomedia Command Wizard* (Ver Figura 25).

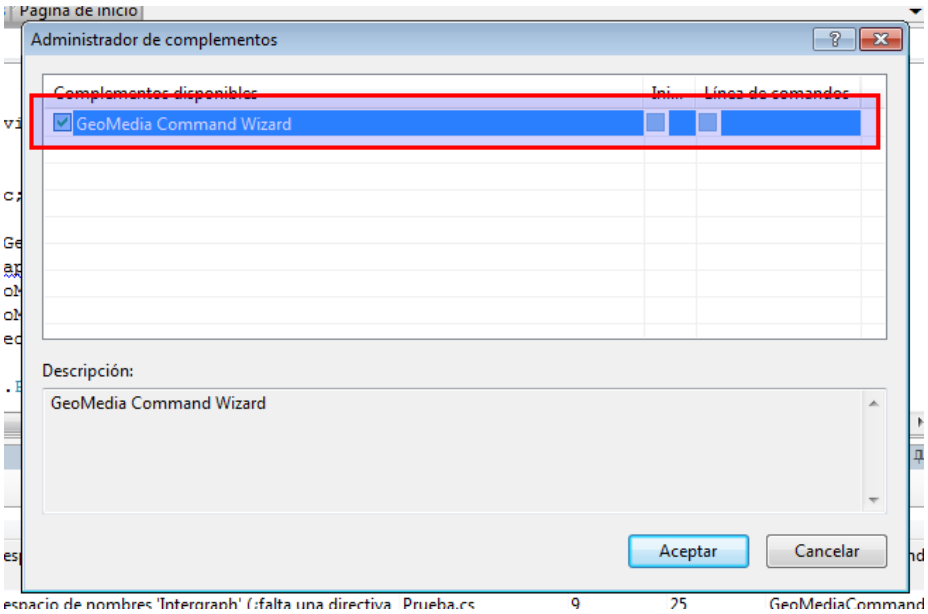

Figura 25. Activación complemento Geomedia Command Wizard

Después de la activación aparece un nuevo submenú dentro del menú *Herramientas* llamado *Geomedia Command Wizard* (Ver Figura 26).

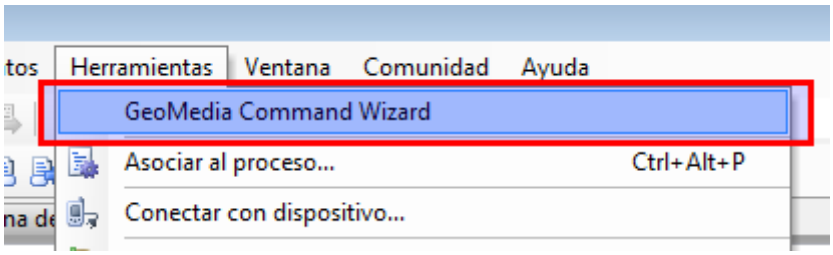

Figura 26. Menú Geomedia Command Wizard

Desde esta opción de menú se inicia un asistente para la creación de un proyecto de *Microsoft Visual Studio* con la configuración básica para desarrollar un nuevo comando (Ver Figura 27).

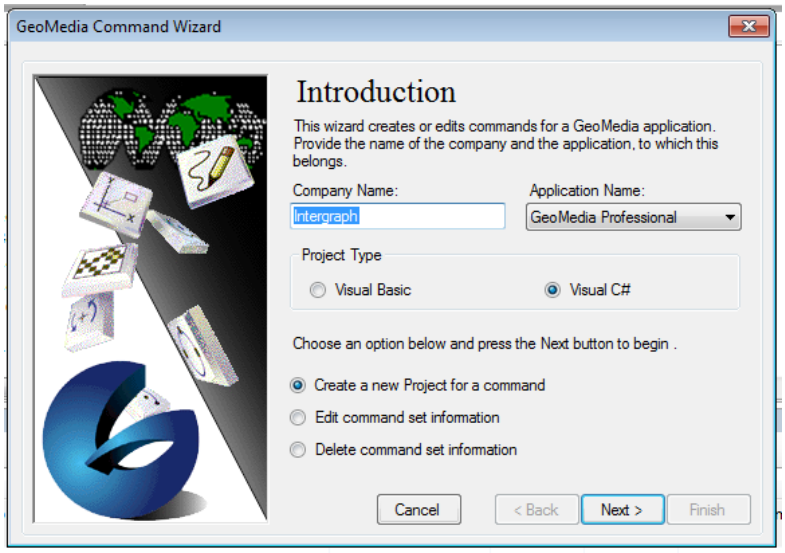

Figura 27. Geomedia Command Wizard

9. SOLUCIÓN PRESENTADA

A continuación se expone la solución propuesta para este TFC. Se presenta como una extensión en forma de comando del aplicativo *Geomedia Professional 6.1*. El comando está desarrollado en C#[8].

El escenario del proyecto está basado en Haití, donde hubo un terremoto causando numerosas víctimas. El objetivo es realizar una búsqueda de las poblaciones afectadas por un brote del cólera que se propaga por los ríos, después se debe informar de los hospitales que se deberán hacer cargo de los enfermos provocados por dicha enfermedad.

9.1 Entorno de la solución

Debido a que *Geomedia Profesional 6.1* es un aplicativo que corre sólo sobre plataformas Windows y que la estación de trabajo actual no dispone de ese sistema operativo se ha optado por crear una máquina virtual dedicada en exclusiva a este proyecto, en concreto las características de la máquina son:

- Sistema operativo *Windows* 7 32 bits.
- *Geomedia Profesional* 6.1
- *Microsoft Visual Studio .Net* 2003
    - Service Pack 1 *Microsoft Visual Studio .Net* 2003 (KB926609).
    - Parche de compatibilidad para *Windows* 7 (KB932239).
- *Geomedia Command Wizard*.
- *Microsoft Access 2007*.

9.2 Datos cartográficos y geométricos del proyecto

Este proyecto intenta dar información sobre posibles plagas de enfermedades que se propagan por los diferentes ríos y reservas acuíferas de Haití, además de intentar cruzar esta información con los diferentes puestos de atención sanitaria y la necesidad de redistribución de recursos en función de la población de la zona.

Para conseguir que el proyecto informe correctamente es necesario tener fuentes de datos de los siguientes temas:

- Información de ríos, lagos e hidrografía en general.
- Información de los centros de atención sanitaria.
- Información de densidad poblacional de cada zona.

[8] Lenguaje de programación de la familia Microsoft.Net. Para más información se puede visitar la siguiente página: http://es.wikipedia.org/wiki/C_Sharp

Esta información es bastante específica y gracias a que después del terremoto de Haití surgieron muchos movimientos de ayuda en todos los aspectos, incluso en lo que se refiere a la georeferenciación, existen múltiples fuentes donde se puede encontrar parte de la información necesaria. Los datos que se usan en el presente proyecto provienen de las fuentes indicadas en la tabla 3.

Datos	Fuente	Dirección
Hospitales	***Haiti Earthquake Data Portal***	***http://cegrp.cga.harvard.edu/files/haiti/haiti_hospitals.zip***
Lagos	***Haiti Earthquake Data Portal***	***http://cegrp.cga.harvard.edu/files/haiti/haiti_lakes.zip***
Ríos	***Haiti Earthquake Data Portal***	***http://cegrp.cga.harvard.edu/files/haiti/haiti_major_rivers.zip***
Comarcas	***Haiti Earthquake Data Portal***	***http://cegrp.cga.harvard.edu/files/haiti/Haiti_ADM3_stats.zip***
Poblaciones	***OneResponse***	***http://oneresponse.info/Disasters/Haiti/MapCenter/publicdocuments/hti_minimumOperationalDatasets_OCHA_v1-3_Shapefiles.zip***

Tabla 3. Relación de fuentes cartográficas del TFC.

Los ficheros descargados, del tipo *shapefile*, se deben importar como nuevas conexiones, lo que permitirá crear las correspondientes leyendas de las diferentes clases de entidad y de esta forma asegurar que la información que contienen es la necesaria.

9.2.1 Importación de los datos cartográficos

Los ficheros *shapefile* son ficheros con extensión *.shp* del tipo *ArcView* de los cuales, a priori, no se conoce su sistema de coordenadas, pero normalmente adjunto a dichos ficheros suele venir un fichero con extensión *.prj* del tipo *ArcView Coordinate System File*, en el cual se encuentra definido el sistema de coordenadas del fichero *shapefile*. *Geomedia Professional 6.1* no es capaz de leer estos ficheros hasta la versión 6.1.7.16, por lo que se deberá optar por otros métodos para averiguar el sistema de coordenadas de los ficheros *shapefile*. La opción más simple es abrir el fichero *.prj* con un editor de textos y en su interior está la configuración del sistema de coordenadas, ver Figura 28.

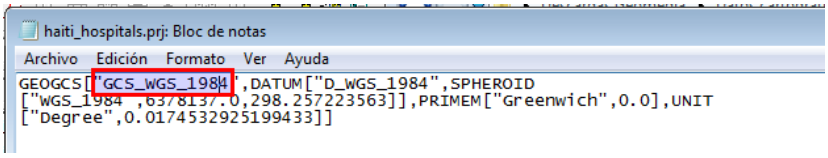

Figura 28. Contenido fichero .prj

En la figura 28 se observa que en el fichero *.prj* se hace referencia a *GCS_WGS_1984*, que es un sistema de coordenadas geográficas (Fuente [27]), por lo que con esta información ya se conoce el sistema de coordenadas origen del fichero. Esta información es básica para que *Geomedia Profesional 6.1* pueda hacer correctamente la conversión del sistema de coordenadas del fichero al sistema de coordenadas del proyecto, en este caso *UTM18*.

De toda la información que contienen los ficheros faltan algunos datos específicos del proyecto, por lo que se opta por importar los *shapefiles* a la base de datos del *GeoWorkSpace* creada para tal efecto, de esta forma los datos pueden ser editados.

Los datos que se tendrán que añadir a la base de datos interna son los siguientes:

- La capacidad de atención sanitaria que tienen los centros de atención sanitaria.
- La cantidad de recursos desplazados de un centro debido a una plaga, para saber de los medios reales que tiene un centro.
- Tablas intermedias que facilitan la visualización de los datos.

Como base de datos interna del proyecto se opta por un fichero de *Microsoft Access.* Es suficiente con esta elección ya que no se trata de un sistema cliente-servidor. Se debe poder ejecutar el proceso sin ningún tipo de conexión, lo que supone como ventaja la desvinculación de la conexión, pero como desventaja la descentralización de los datos en lo se refiere a la actualización de la información.

Tal y como se ha comentado, para poder trabajar con los datos que se han importado de los ficheros *shapefile* éstos se deben importar a la base de datos del *GeoWorkSpace* que interese (en este caso la del TFC) ya que estos datos son de solo lectura y será necesario modificarlos para:

- Corregir datos incorrectos del sentido de las aguas de los ríos, etc…
- Añadir los datos que faltan para poder dar un resultado coherente (capacidad de atención de los hospitales, información demográfica…)

Esta importación se realiza con la opción de menú *Almacén|Sacar a clase de entidad* de *Geomedia Profesional 6.1*, tal y como se aprecia en la figura 29:

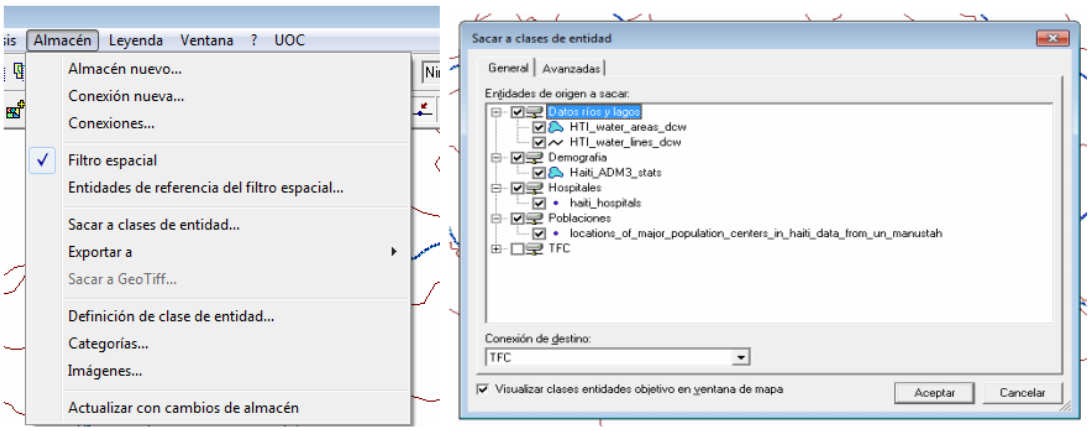

Figura 29. Importación de *shapefiles*

De esta forma para el presente proyecto se han importado a la base de datos los datos incluidos en la tabla 3.

Nombre	Descripción
TFC_COMARCAS	Información sobre las diferentes regiones del país. Tiene 2 utilidades, la primera es que facilita la visión de la zona y la segunda es que proporciona información demográfica que se extrapola a la capa TFC_POBLACIONES.
TFC_HOSPITALES	Información de los hospitales disponibles en Haití.
TF_LAGOS	Información de los lagos o reservas hidrográficas del país, tiene una utilidad meramente visual.
TFC_POBLACIONES	Información de las poblaciones del país. Se usa como punto de referencia para ubicar un foco de la enfermedad.
TFC_RIOS	Información de los ríos del país, sus afluentes y sus bifurcaciones. Es el medio por el cual se propagan las epidemias.

Tabla 4. Relación de tablas en la base de datos del TFC

9.2.2 Corrección y ampliación de los datos

Es bastante habitual que los datos de los ficheros no sean del todo correctos, tómese como ejemplo la direccionalidad de los ríos para el presente proyecto, por lo que se debe realizar una revisión de los mismos y una posterior corrección.

9.2.2.1 Corrección de la direccionalidad de los ríos

Al no disponer de información sobre los desniveles de las zonas y no está en el ámbito de este proyecto llegar a hacer una investigación tan exhaustiva de la zona, se ha determinado que la direccionalidad de los ríos se puede deducir en función del orden de los puntos que forman el río.

En el origen de datos que se ha elegido para el presente TFC la mayoría de los ríos tienen su final en el punto 1 de la geometría que forma cada tramo de los ríos, pero hay algunos de ellos que su punto 1 representa su inicio, por lo que puede dar lugar a ríos (siguiendo la *teoría del punto 1* como final del río) que su nacimiento sea en el mar, es decir, ríos con información geográfica errónea.

Para solucionar este problema se ha tenido que hacer una revisión completa de todos los ríos del fichero realizando una inversión de la información geográfica a todos los ríos que no cumplan la *teoría del punto 1* comentada en el párrafo anterior.

Para hacer esta tarea desde *Geomedia Profesional 6.1* se deben seguir los siguientes pasos:

1. Realizar una consulta de análisis geométrico de la leyenda de los ríos, mostrando sólo el punto en el que los ríos tienen el origen de la línea (el punto 1), así a simple vista se identifican los ríos a corregir.

2. Seleccionar el río a investigar.

3. Consultar su información geográfica para confirmar que su punto 1 de la geometría sea el final del río.

4. En caso de que no se cumpla el punto 2 se debe realizar una inversión de la dirección desde el menú Edición | Geografía | Invertir dirección.

Una vez analizados los ríos, y para que el estudio de la geometría sea más natural, se ha invertido el orden de todos los ríos haciendo que el punto 1 de la geometría sea el inicio del río.

Siguiendo la *teoría del punto 1* se ha definido el siguiente método para determinar la dirección de un río, teniendo en cuenta sus bifurcaciones y sus afluentes:

- El punto 1 de la geometría de los ríos indica el inicio.
- El último punto de la geometría indica una de las siguientes opciones:
    - El final del tramo (fin del río).
    - El nodo de unión con algún afluente o una bifurcación del río.
    - El siguiente tramo del río que lleva la misma dirección será aquel cuyo punto 1 de la geometría (su inicio) es igual al punto final del tramo anterior.

9.2.2.2 Ampliación de los datos sobre población

La tabla TFC_POBLACION ha sido ampliada para poder incluir información de la cantidad de personas que viven en cada población ya que esta información no ha sido posible encontrarla.

Para poder asignar una cantidad de personas coherente se ha usado la tabla TFC_COMARCAS en la que sí está informada la cantidad de personas que viven en la comarca. Siguiendo la lógica de que una población está en una comarca se ha hecho una consulta del tipo *Intersección* entre TFC_COMARCAS y TFC_POBLACIONES, de esta forma se ha conseguido tener una indicación sobre a qué comarca pertenece cada población.

Esta información se ha incluido en el campo COMARCA de la tabla TFC_POBLACIONES.

Al no disponer de datos reales para el presente TFC se ha hecho una aproximación intentando distribuir la cantidad de personas que viven en una comarca entre todas las poblaciones de la misma. Para que los resultados sean más interesantes no se ha repartido a la población de forma equitativa pero se ha asegurado que la suma de personas de todas las poblaciones no supere a la marcada por la comarca.

Esta información se ha incluido en el campo POBLACION de la tabla TFC_POBLACIONES.

9.2.2.3 Ampliación de los datos sobre la capacidad de atención de los hospitales

La tabla TFC_HOSPITALES no contiene información sobre la capacidad de atención que tiene un hospital. Para conseguir tener unos datos lo más reales posibles se ha seguido la siguiente suposición para la asignación de la capacidad de atención:

Según la Organización Mundial de la Salud el cólera tiene un periodo de incubación entre 4 horas y 4 días, se establece como media 2 días, si un hospital de 200 camas tiene una renovación completa de pacientes cada 2 días al mes habrá atendido a 6000 pacientes. Pero como el cólera tiene sólo un 20% de probabilidades de ser mortal no todos los pacientes ocuparán una cama, muchos de ellos se les atenderá y se les enviará a su casa, por tanto si se suma ese 80% a los 6000 pacientes se podría coger como aproximación que un hospital de 200 camas tiene capacidad de atender a 10000 pacientes en un mes.

Según la cartografía obtenida en Haití hay 150 hospitales a los que se les han asignado un número de camas que multiplicado por 100 será la capacidad de atención del hospital. Se ha seguido este patrón para intentar dar algo de coherencia a los datos y para facilitar los cálculos del comando. El número de camas asignado a los hospitales se ha repartido de forma que no se supere la población total del país.

Esta información se ha incluido en el campo CAPACIDAD de la tabla TFC_HOSPITALES.

9.2.2.4 Creación de tablas intermedias para facilitar tareas del proceso

Con tal de facilitar el proceso de visualizar la información sobre el mapa se han creado 3 tablas temporales que se vacían antes de cada consulta del comando.

En estas tablas se almacenan los ríos que se mostrarán, las poblaciones afectadas y los hospitales afectados.

Las tablas son:

- TFC_RESULTADORIOS.
- TFC_RESULTADOPOBLACIONES.
- TFC_RESULTADOHOSPITALES.

9.3 Funcionalidades y proceso

Tal y como se especificaba en el enunciado del presente TFC la solución al problema planteado debía hacerse con un comando personalizado de *Geomedia Professional 6.1* y así se ha hecho. El comando desarrollado pretende dar al usuario final la sensación de sencillez y al mismo tiempo de potencia incluyendo algunas opciones para hacer el resultado final lo más personalizado posible.

9.3.1 Funcionalidades del comando

La funcionalidad básica del comando es la selección de un punto sobre el que se realizará todo el análisis necesario para dar respuesta al TFC.

9.3.1.1 Selección de información

Este comando permite seleccionar el punto de origen de la infección de 2 formas:

- Selección de una o varias poblaciones afectadas, ver figura 30:

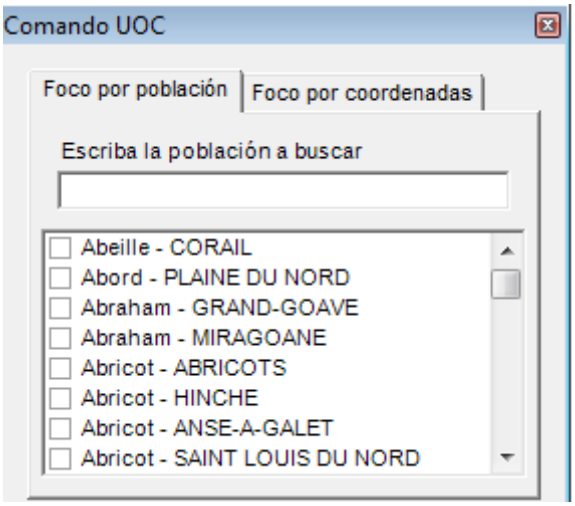

Figura 30. Selección de población.

Mediante esta opción el sistema permite buscar (mediante el buscador o mediante la selección directa) la población o poblaciones que interesen. De forma automática cada vez que se selecciona una población ésta se marca en el mapa para dar una ayuda extra al usuario.

A la derecha de cada población aparece el nombre de la comarca a la que pertenece para dar más información al usuario.

- Selección manual del foco de infección, ver figura 31:

Figura 31. Selección de un punto en el mapa

Con esta opción el usuario podrá seleccionar el punto del mapa que será tomado como foco de la infección y será ese punto el que se use como origen para todo el análisis de ríos y poblaciones afectadas, así como de los hospitales que darán cobertura.

9.3.1.2 Personalización de los resultados

Además de las dos opciones para indicar el foco de la infección el comando dispone de opciones adicionales que permiten personalizar la consulta.

La primera de las personalizaciones es la de los radios de las zonas de influencia. Inicialmente estos radios eran fijos y se debía argumentar la razón del valor elegido, pero se ha considerado más práctico que sea el usuario final el que los indique ya que en cada caso puede ser interesante poder variar la zona a analizar. Se pueden parametrizar dos zonas de influencia (ver figura 32), la primera define la zona de influencia del punto de origen de la infección y la segunda define el radio de la zona de influencia del río. De esta forma controlar hasta dónde pueden llegar a afectar los ríos a las zonas colindantes.

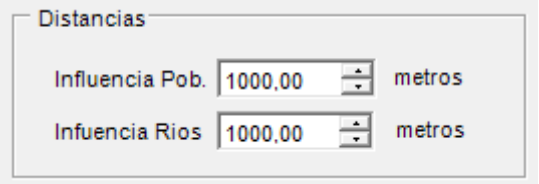

Figura 32. Distancias de las zonas de influencia.

La segunda personalización del comando hace referencia a los colores de los diferentes elementos que se mostrarán en el mapa. Básicamente se hace referencia a tres tipos de elementos: Ríos afectados por la enfermedad, poblaciones afectadas por los ríos infectados y hospitales que darán cobertura a esas poblaciones. Mediante esta opción el usuario puede indicar el color con el que se marcarán sobre el mapa las diferentes clases de elementos (las leyendas), ver figura 33.

Figura 33. Selección de colores de los elementos.

De esta forma la apariencia final de la ventana del comando es la siguiente (ver figura 34):

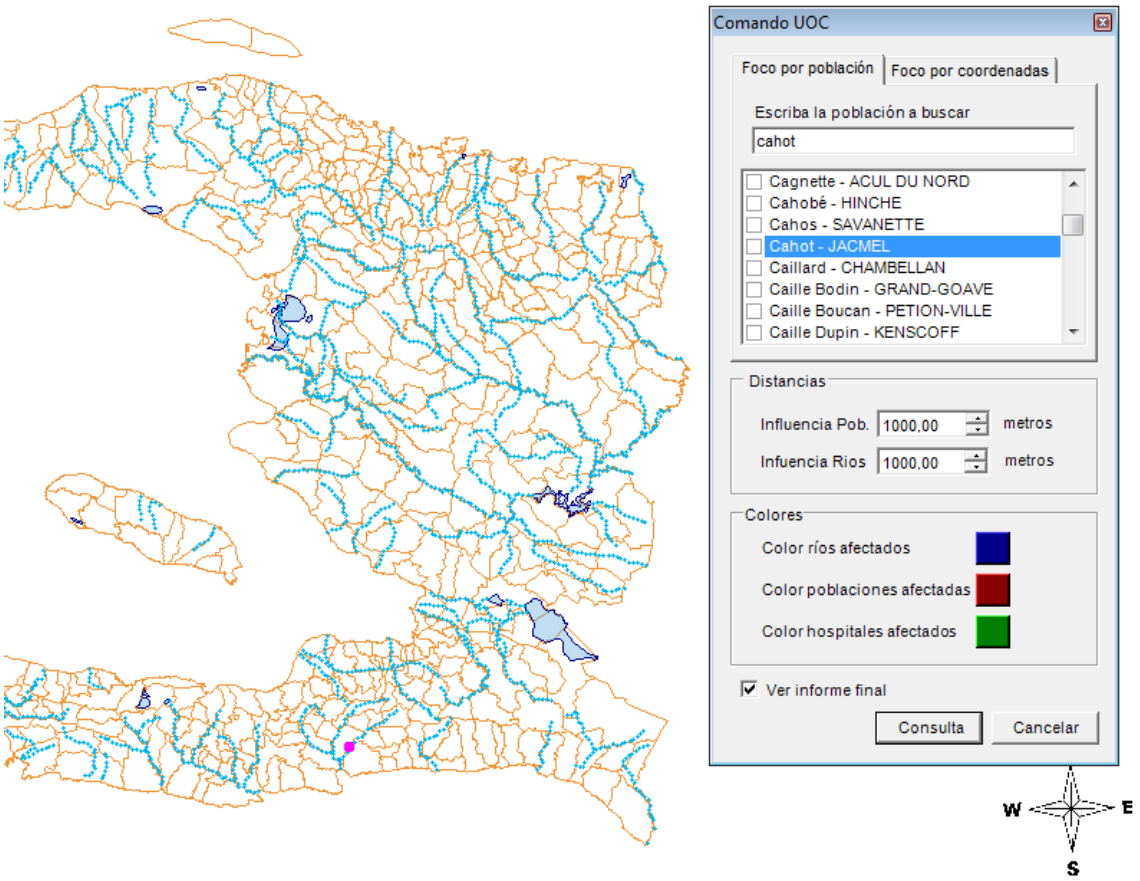

Figura 34. Pantalla de selección de parámetros del comando.

9.3.1.3 Resultado del análisis

El resultado final después del análisis llevado a cabo por el comando está divido en dos partes:

- Resultado espacial
- Informe final de atención sanitaria

Resultado espacial

El resultado espacial del análisis es la visualización sobre el mapa de los ríos infectados, las poblaciones afectadas y los hospitales que darán cobertura.

Cada uno de estos resultados tendrá su correspondiente leyenda para que el usuario pueda seguir personalizándola con los controles del *Geomedia Professional 6.1*.

Un ejemplo de un resultado espacial se puede ver en la figura 35.

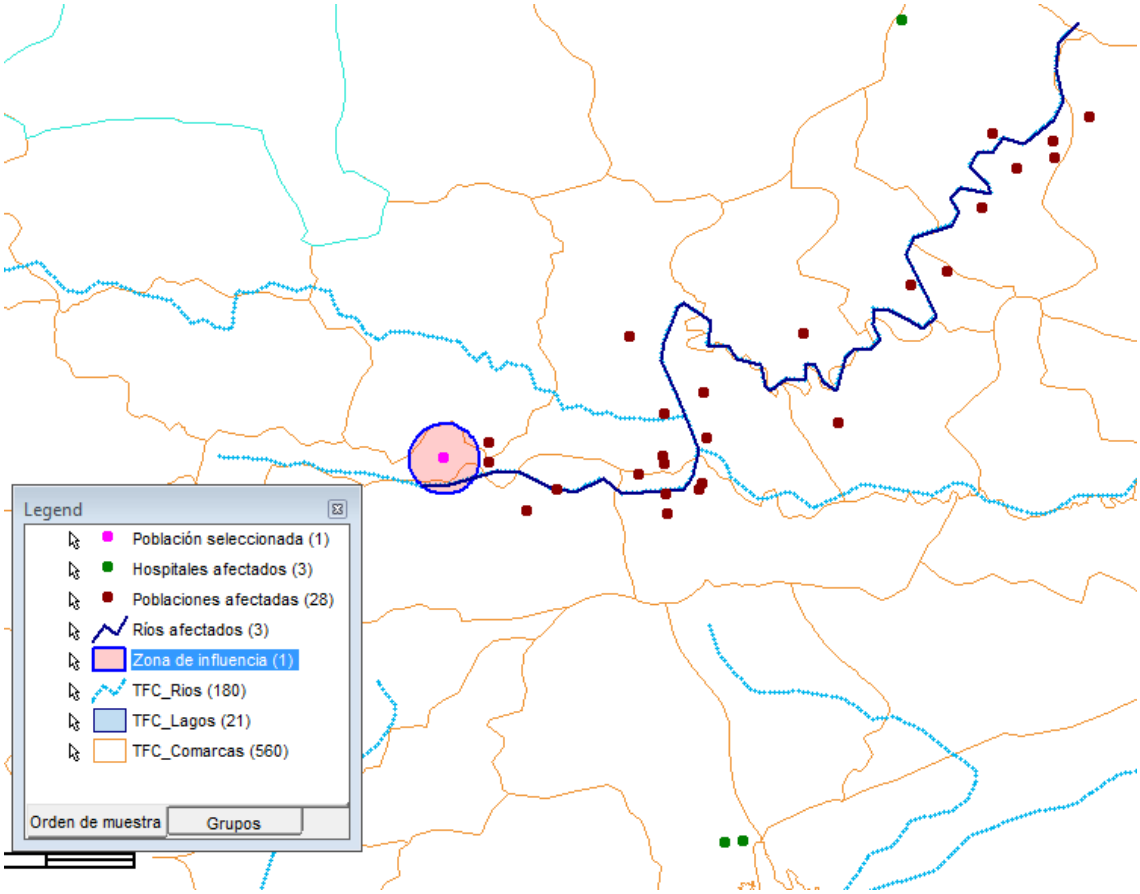

Figura 35. Ejemplo de resultado espacial.

Tal y como se puede apreciar en la figura 35 el foco de infección (marcado en rosa y con la zona de influencia dibujada) afecta a un río, el cual sólo se ve afectado desde el principio de la zona de influencia hacia abajo (la infección no se propaga contracorriente). La zona afectada del río (marcada en azul oscuro) recibe 2 afluentes que no se ven afectados ya que la infección sigue el curso del río y no al revés. Las poblaciones afectadas por el río hasta su desembocadura están marcadas en marrón y los hospitales más cercanos que deberán dar atención sanitaria a las poblaciones están marcados en verde.

Informe final de atención sanitaria

Mediante este informe se puede ver qué hospitales tiene que prepararse para actuar contra la infección así como de cada hospital qué poblaciones tiene relacionadas. Esta información es presentada en forma de árbol para facilitar su estudio.

De cada hospital cuelgan dos nodos, el primero tiene la relación de poblaciones afectadas y el segundo tiene la relación de posibles hospitales de apoyo al hospital inicialmente responsable de esas poblaciones. Será ese hospital el que gestionará los recursos compartidos con los hospitales de apoyo, de ahí que de los hospitales de apoyo no cuelgue ninguna población.

De cada elemento se puede ver información de interés. De los hospitales se informa de su capacidad y de su porcentaje de ocupación inicial y final (si se le han asignado hospitales de apoyo) y de las poblaciones su población. Ver figura 36.

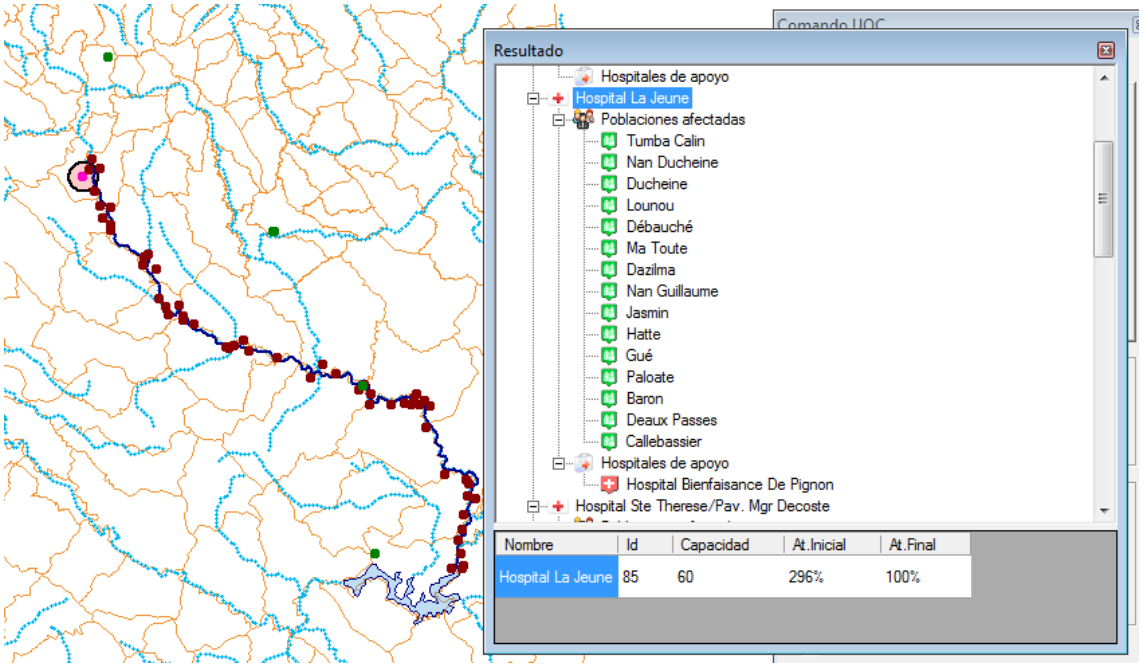

Figura 36. Ejemplo de informe final.

9.3.2 Proceso realizado por el comando

El comando internamente realiza algunos procesos propios del *Geomedia Professional 6.1* así como algunos procesos sólo posibles mediante programación.

Como procesos propios de *Geomedia Professional 6.1* se destacan:

- Consultas espaciales
- Intersecciones espaciales
- Zonas de influencia
- Consultas de la geometría de los elementos
- Cortes de geometría

Para explicar las tareas realizadas por el comando se incluye el siguiente diagrama de flujo en el que se indica quién realiza cada paso, qué acción realiza y qué resultado se obtiene (ver figura 37). Los procesos que usan funcionalidad estándar del entorno de *Geomedia Professional 6.1* se han marcado de color amarillo y los procesos que han supuesto una programación totalmente manual sin usar funciones de apoyo de *Geomedia Professional 6.1* se han marcado en azul:

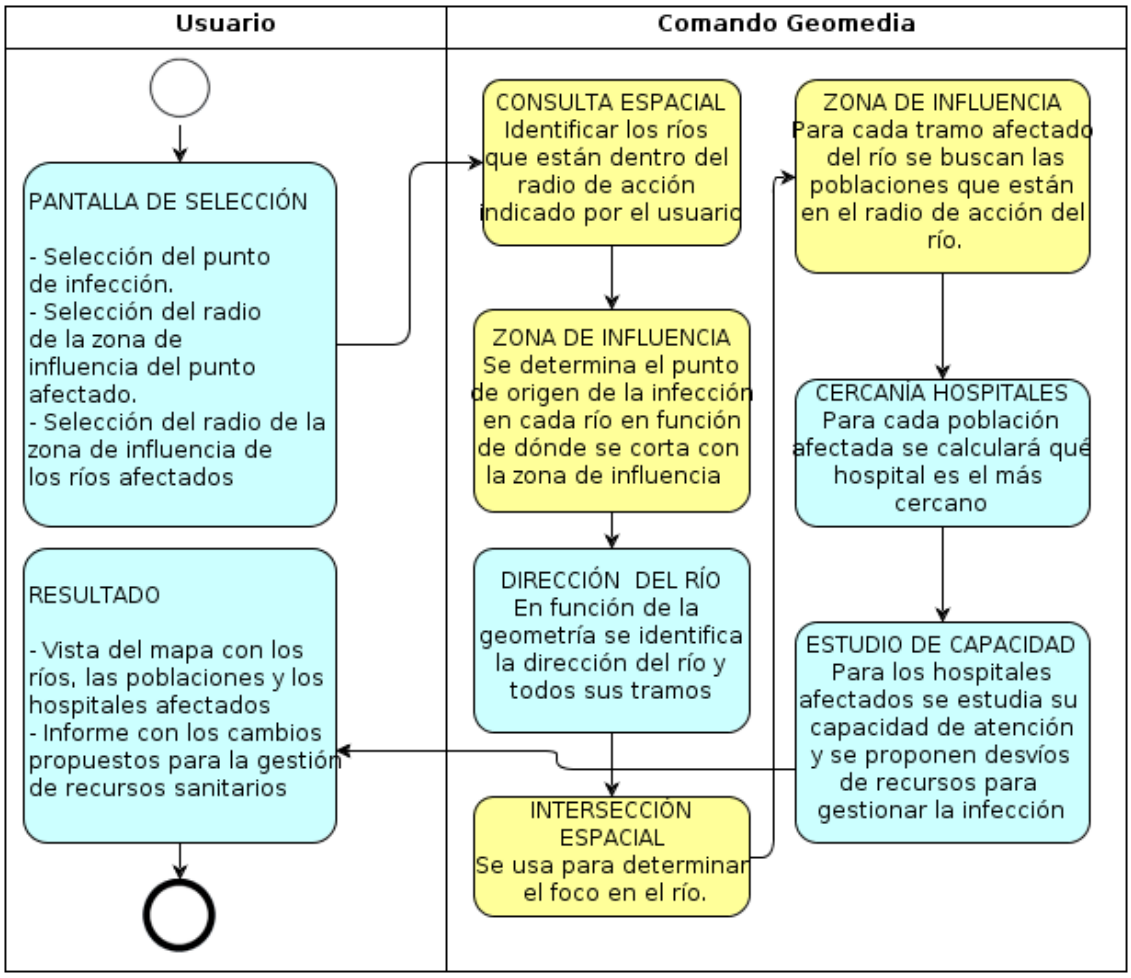

Figura 37. Diagrama de flujo del proceso del comando.

A continuación se pasa a dar una explicación más detallada de cada uno de estos puntos.

- **Pantalla de selección:** Es la pantalla inicial del comando donde se recogen todos los datos necesarios para la ejecución del comando. Los parámetros de entrada y sus diferentes opciones han sido explicados en los puntos 8.3.1.1 y 8.3.1.2.

- **Consulta espacial:** Informado el foco de la infección, el proceso hace una consulta espacial entre el punto de origen de la infección y la tabla TFC_RIOS a una distancia indicada por el usuario. En este punto se identifica el primer río afectado por la infección.

- **Dirección del río:** En este punto, siguiendo la *teoría del punto 1* explicada en el punto 8.2.2.1 del presente documento, se establece cuál es la dirección del río y por tanto qué dirección deben tener los tramos que se vayan encontrando que dependen de ese río, y así recursivamente hasta la desembocadura del río. En este punto se identifican todos los tramos de ríos de la misma dirección que están afectados por la infección.

- **Intersección espacial:** Este proceso se usa para, con la zona de influencia y el primer tramo de río afectado, que se establezca el punto desde dónde se debe considerar el

río infectado ya que la infección afectará al río a partir del foco de infección. Las aguas arriba del foco de infección no se consideran afectadas.

- **Zona de influencia:** Cada río afectará a las poblaciones que estén dentro de la zona de influencia de los ríos indicada por el usuario en la pantalla de selección. En este punto se identificarán las poblaciones que están afectadas por los ríos infectados.

- **Cercanía de hospitales:** Este proceso busca cuáles son los hospitales más cercanos a las poblaciones afectadas. Este proceso se realiza de forma manual para cada una de las poblaciones afectadas. Inicialmente se planteó usar funcionalidad estándar del *Geomedia Professional 6.1* mediante zonas de influencia, pero no dejaba de ser un proceso de prueba y error, ya que se debe ir aumentando la zona de influencia hasta encontrar el hospital. Es por este razonamiento (y por el número no excesivo de hospitales) que se optó por realizar un cálculo de distancias para cada población y averiguar de forma directa el hospital más cercano.

- **Estudio de capacidad:** Con el resultado final se debe verificar que los hospitales localizados pueden dar asistencia a todos los enfermos. En caso afirmativo no hay que hacer nada, en caso negativo se debe buscar el hospital más cercano al hospital que precisa de más recursos para apoyarlo. Se ha optado por buscar el hospital más cercano al hospital sin recursos suficientes ya que el proceso se hace más simple y se considera que quien gestionará los nuevos recursos y desviará pacientes será el hospital sin recursos suficientes que es el único que puede decidir qué enfermos puede o no tratar.

- **Resultado:** El resultado se divide en un resultado espacial y un informe final, tal y como se ha explicado en el punto 8.3.1.3 del presente documento.

9.3.3 Instalación y uso del comando

El comando se instala siguiendo las instrucciones del manual de *Geomedia* "Temas de ayuda del Asistente para comandos de *GeoMedia Professional*" en concreto el punto "*Install User Command Tool*".

Respecto a los datos que usará el comando no hace falta informar en ningún sitio de la ruta del fichero *Access* ya que el comando cuando arranca es capaz de identificar el origen de datos del *GeoWorkspace* abierto.

Para acceder al nuevo comando el usuario puede personalizar cómo quiere acceder al mismo, normalmente se suele incluir una nueva entrada de menú o un botón en alguna barra de herramientas. Esta personalización se puede hacer mediante la opción de menú Herramientas | Personalizar (ver figura 38).

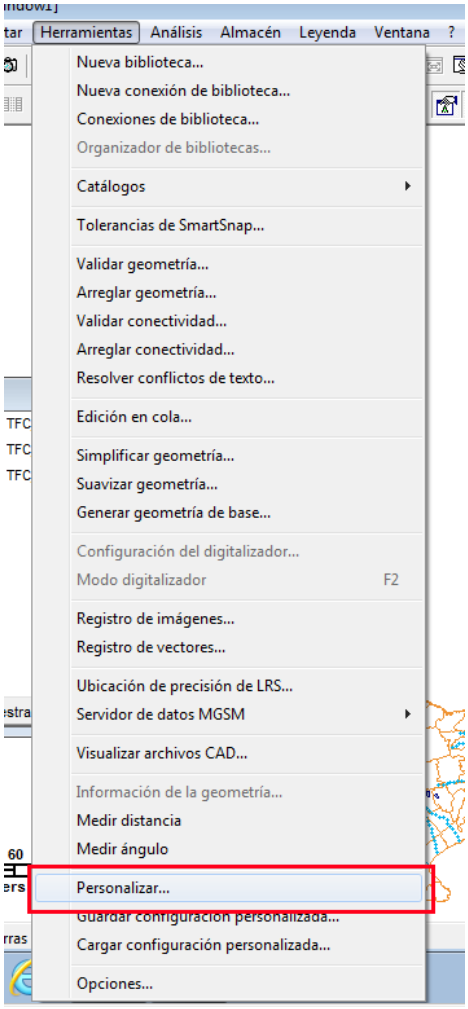

Figura 38. Personalización menús y botones de *Geomedia*.

Cuando se ha ejecutado el comando el interfaz y su uso es muy simple, tal y como se ha explicado en el punto 9.3.1 del presente documento, para su ejecución basta con pulsar el botón "Consultar" (ver figura 39).

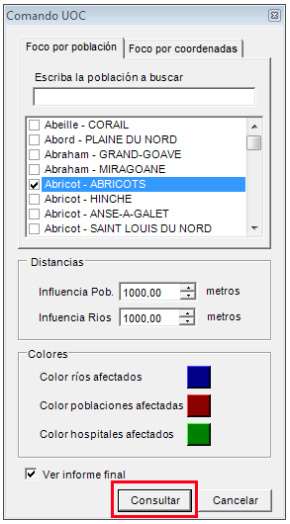

Figura 39. Ejecución del comando.

10. LÍNEAS DE CONTINUACIÓN

Como primera versión de la solución, la respuesta que da el comando es bastante aceptable teniendo en cuenta que los datos cartográficos no contenían toda la información necesaria. Justamente este punto es el que en una futura nueva versión se debería revisar de forma rigurosa, en concreto se proponen las siguientes revisiones de la información cartográfica:

- Incluir información demográfica por población. En el presente TFC se ha hecho una extrapolación de la información demográfica de las poblaciones a partir de la información demográfica de las comarcas.

- Con tal de ajustar de forma mucho más precisa qué hospital está más accesible a una población (que no tiene porqué ser el más cercano) se propone incluir cartografía sobre carreteras, de esta forma se podrá asegurar qué hospitales son los mejores para poder dar atención sanitaria. Incluso si la información de las carreteras fuese precisa y pudiera informar del tipo de carretera y su estado se podrían calcular caminos alternativos en caso necesario.

- Otro punto importante es la información sobre capacidad de atención sanitaria de los hospitales. Es una información básica que en este TFC se ha informado de forma hipotética, pero es básico para poder designar un hospital u otro en función de ese dato.

- También sería interesante disponer de los niveles de elevación del terreno para poder identificar en qué poblaciones sería más efectiva la actuación mediante efectivos aéreos.

- Sobre los efectivos aéreos otra información necesaria sería tener identificados los aeropuertos y otras zonas potencialmente candidatas a ser usadas por aeronaves.

- Añadir al proceso los lagos, y por tanto adaptar la lógica del comando para que sea capaz de identificar los ríos que nacen del lago afectado.

En general está claro que cuanto más precisa necesite ser la información se necesitarán datos más fiables y seguros, por tanto es requisito obligatorio una mejora en la calidad de los datos cartográficos.

11. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Es importante conocer si el proyecto es viable económicamente teniendo en cuenta los recursos humanos (y sus diferentes perfiles), recursos materiales y software necesario para poder realizar este proyecto y para su futura explotación.

En la siguiente valoración económica no se ha incluido el tiempo necesario para conocer la herramienta *Geomedia Professional 6.1* ni para estudiar los conceptos de geodesia y cartografía, ya que se considera que estos puntos se dominan para el correcto desarrollo del comando, además de que no sería atractiva una oferta económica que incluyera los costes de formación de los integrantes del equipo desarrollador.

En primer lugar se valoran los recursos humanos dedicados a este TFC, hay que tener en cuenta que el perfil necesario para realizar las diferentes tareas de dicho proyecto no ha sido el mismo y por tanto, tal y como se hace normalmente en las empresas reales, se procede a valorar cada una de las tareas en función del perfil. Ver tabla 4.

Concepto	Horas	Perfil	Precio hora	Total
Análisis y definición de objetivos	15 horas	Analista	40 €	**600€**
Identificación de la cartografía necesaria **Análisis modelo de datos**	50 horas	Analista	40 €	**2000€**
Diseño de la solución	25 horas	Analista	40 €	**1.000€**
Diseño de la solución	15 horas	Programador	25 €	**375€**
Implementación de la solución	24 horas	Programador	25 €	**600€**
Elaboración memoria y presentación final	50 horas	Analista	40 €	**2.000€**
TOTAL	**179 horas**			**6.575 €**

Tabla 4. Valoración económica de los recursos humanos.

Adicionalmente a esta valoración se deben tener en cuenta los gastos que supondría tener que haber comprado las licencias correspondientes de los programas usados para el desarrollo de la solución. Esta valoración puede servir como referente al futuro usuario del comando para poder valorar el coste de la licencia del *Geomedia Professional 6.1*. Ver tabla 5.

Concepto	Total
Microsoft Visual Studio Professional	**Desde 550€**
Geomedia Professional 6.1	**14.000€**
Microsoft Access 2010	**197,97€**
Estación de trabajo	**1.000€**
TOTAL	**15.747,97€**

Tabla 5. Valoración económica de las licencias de software.

Es decir, el coste total del proyecto será el especificado en la tabla 6 que es la suma de las tablas 4 y 5.

Concepto	% del total	Total
Análisis, diseño y desarrollo	**29,4** %	**6.575 €**
Coste licencias	**70,2 %**	**15.747,97 €**
TOTAL	**100 %**	**22.322,97 €**

Tabla 6. Costes Totales.

El resultado que se obtiene mediante este comando es mucho más potente y preciso que si se hiciera de forma manual, se delegan los cálculos y las operaciones repetitivas a la máquina dejando al usuario más tiempo y recursos para poder tomar otras decisiones. Sin duda es una herramienta necesaria para la correcta gestión de este tipo de incidentes donde el tiempo de reacción es la variable más importante para dar un mínimo de garantías de éxito.

El coste de la solución tal vez sea un poco alto, debido sobre todo al coste de licencias de los aplicativos involucrados. Quizás basando el desarrollo y la plataforma de trabajo en aplicativos con un menor coste de licencia sería más atractivo, pero no se puede discutir su necesidad comparándolo con un escenario donde los cálculos y tareas a realizar con el aplicativo se tuvieran que hacer de forma manual.

12. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se han abierto dos vías de conocimiento relacionadas pero de ámbitos distintos.

La primera vía es la orientada al papel que tiene para el ser humano la información espacial. Desde los tiempos más antiguos hasta nuestros días el ser humano ha tenido la necesidad de plasmar en un plano una zona concreta del planeta con diferentes objetivos. Esta obsesión ha hecho que hoy en día estas representaciones se hayan especializado hasta tal punto que la creación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) ha sido un proceso natural y muy necesario. La creación de los SIG ha dado, por un lado, una herramienta potentísima al ser humano para poder representar elementos con información espacial y cruzar estos datos con información no espacial, pero por otro lado, ha abierto otra gran brecha de conocimiento y especialización que el ser humano debe saber explotar para obtener los mejores resultados.

La segunda vía, es una vía más práctica que ha permitido ver una pequeña pincelada del potencial de los SIG cruzándolo con el mundo de las Tecnologías de la Información (TI). Se ha desarrollado un comando que amplía la funcionalidad estándar de un SIG dotándole de características que inicialmente no tenía.

De todas formas, un aspecto negativo a recalcar, es la gran falta de documentación de cierto nivel relacionada con el desarrollo de comandos con un producto como *Geomedia Professional 6.1* que ha provocado que el esfuerzo haya sido mucho mayor al inicialmente planificado. La poca documentación incluida con el producto se limita a hacer ejemplos muy simples de algunas funcionalidades que las librerías de *Geomedia Professional 6.1* incluyen. El desarrollo se ha visto castigado por una fase excesivamente larga de *prueba y error* para intentar paliar la falta de documentación incluida con el producto y la carencia en otras fuentes de datos (por ejemplo en Internet).

Respecto a la herramienta no se puede dudar que se trata de una aplicación muy potente con capacidad de importación de datos de otras aplicaciones y una experiencia de usuario bastante buena, estas características junto con muchas otras permiten que pasos relativamente complejos se realicen de forma bastante simple. A esto se une la capacidad de poder desarrollar nuevos comandos para simplificar pasos más complejos, como es el caso de este TFC, o realizar operaciones para las que inicialmente el producto no está diseñado y, de esta forma, poder adaptarse a las necesidades de casi cualquier escenario.

En cuanto a la idoneidad de la herramienta para el presente proyecto, es un hecho que una herramienta, con unas características como las de *Geomedia Professional 6.1,* es capaz de adaptarse perfectamente a un caso como el tratado en este documento. De todas formas analizando el tipo de proyecto, el carácter humanitario del resultado, la valoración económica del punto 10 y que debería ser una herramienta de campo para más de una persona, quizás se debería plantear la posibilidad de usar herramientas con un coste menor por licencia para garantizar que el servicio que dan pueda llegar a más personas.

Como conclusión final destacar la importancia de los SIG y el incremento del potencial de estos sistemas combinados con el mundo de las TI. Ciertamente la única barrera es la imaginación.

13. BIBLIOGRAFÍA

[1] Gis self learning tool. Definición de GIS.

http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GISTheory.htm

[2] Blog @l@n-geogr@fi@

http://alanriro-alan.blogspot.com/2008/10/sig.html

[3] Wikipedia. Sistema de Información Geográfica.

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Información_Geográfica

[4] ESRI On Line Dictionary

http://resources.arcgis.com/es/glossary

[5] Office of Geographic Information Systems of Dakota (EEUU)

http://www.co.dakota.mn.us/Departments/GIS/Newsletter/Winter2006_GIS101_raster_faster.htm

[6] UOC. Introducció als sistemes de informació geogràfica.

[7] Wikipedia. Cartografía

http://es.wikipedia.org/wiki/Cartografía

[8] Definición.de. Mapa

http://definicion.de/mapa/

[9] UOC. Geodèsia i Cartografia.

[10] Wikipedia. Mapas topográficos

http://es.wikipedia.org/wiki/Mapa_topográfico

[11] Instituto Geográfico Nacional.

http://www.ign.es/espmap/figuras_relieve_bach/Relieve_Fig_10o.htm

[12] Ibiza-online.com

http://www.ibiza-online.com/RegataRutaSal/img/mapa.jpg

[13] LR21. Atlas mundial de la salud.

http://www.larepublica.com.uy/cultura/320354-las-naciones-unidas-presentan-atlas-mundial-de-salud

[14] ESRI On Line Dictionary.

http://resources.arcgis.com/es/glossary

[15] Openstreetmap.org. Visión de Palma de Mallorca a diferentes escalas

http://www.openstreetmap.org/

[16] Wikipedia. Geodesia.

http://es.wikipedia.org/wiki/Geodesia

[17] Xataka Ciencia. Coordenadas geográficas

http://www.xatakaciencia.com/sabias-que/las-coordenadas-geograficas

[18] Navegación Aérea, Cartografía y Cosmografía (NACC)

http://nacc.upc.es/tierra/node10.html

[19] SIAMAC. Sistema de Información de la Amazonia Colombiana.

http://www.unal.edu.co/siamac/sig/geoide.html

[20] ArcGis Resource Center

http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003r0000000p000000.htm

[21] La teoría de la relatividad.

http://teoria-de-la-relatividad.blogspot.com/2009/03/28b-los-agujeros-negros-ii_18.html

[22] Wikipedia. Proyecciones cartográficas.

http://es.wikipedia.org/wiki/Proyección_cartográfica

[23] Wikipedia. Proyección Lambert.

http://es.wikipedia.org/wiki/Proyección_azimutal_de_Lambert

[24] Wikipedia. Proyección de Robinson

http://es.wikipedia.org/wiki/Proyección_de_Robinson

[25] Ayuda integrada *Geomedia Profesional* 6.1

[26] UOC. Introducció a SIG i geotelemàtica.

[27] ArcGis Resource Center

http://resources.arcgis.com/es/content/kbase?fa=articleShow&d=24646