

UNIVERSIDAD OBERTA DE CATALUNYA

I.T. Telecomunicaciones - Telemática

Visor de senderismo para móviles con OpenLayers

Alumno/a: Francisco Jesús Villaseñor García
Dirigido por: Victor Velarde Gutierrez
Co-dirigido por:

CURSO 2011-12 Febrero

1 Resumen

Este documento es la memoria correspondiente al Trabajo Final de Carrera para la Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones, especialidad Telemática, por la Universitat Oberta de Catalunya UOC, para el área de Sistemas de Información Geográfica.

La solución final presentada es el conjunto de componentes de la arquitectura de un sistema SIG accesible vía web: base de datos espacial, configuración del servidor de mapas, aplicación para consultar dichos mapas accesible en un navegador web y configuración del software de escritorio destinado a alimentar la información de dicho sistema.

En concreto vamos a suponer un club de senderismo por lo que la información serán las rutas propuestas por el club a los usuarios y los puntos de interés y uno de los orígenes de la información serán los ficheros que los propios excursionistas puedan generar a través de sus GPS.

El entorno de la solución está basado en software libre en todos los niveles de la arquitectura: PostgreSQL y PostGIS para la base de datos, GeoServer para el servidor de mapas, OpenLayers para la visualización de los mapas y gvSIG como software SIG de escritorio.

Índice

1	Resumen.....	2
2	Introducción.....	6
3	Definición del TFC.....	7
3.1	Objetivos y alcance del proyecto.....	7
3.2	Estimación del proyecto.....	7
3.3	Planificación del proyecto.....	10
3.3.1	Hitos del proyecto.....	10
3.3.2	Calendario del proyecto.....	10
3.3.3	Cronograma del proyecto.....	11
3.4	Amenazas, riesgos y planes de contingencia.....	11
4	Introducción a los sistemas de información geográfica.....	13
4.1	Un poco de historia.....	14
4.2	Los datos geográficos.....	15
4.2.1	Datos vectoriales.....	16
4.2.2	Datos raster.....	17
4.2.3	Datos vectoriales vs. datos raster.....	18
4.3	Almacenamiento de los datos geográficos.....	19
4.4	Origen de los datos geográficos.....	20
5	Introducción a la geodesia y la cartografía.....	21
5.1	Geodesia.....	21
5.1.1	Georreferenciación.....	23
5.2	Cartografía.....	24
6	Herramientas.....	25
6.1	Base de datos: PostgreSQL – PostGIS.....	25
6.2	Alimentación del sistema: gvSIG Desktop.....	26
6.3	Servidor de datos: GeoServer.....	27
6.4	Cliente: OpenLayers.....	29
6.5	Otros.....	29
6.5.1	Mapas base: Google Maps.....	29
6.5.2	Información adicional: Google Elevation Service.....	30
6.5.3	Interfaz de usuario: jQuery Mobile.....	30
7	Formatos y estándares.....	31
7.1.1	WFS (Web Feature Service).....	31
7.1.2	WMS (Web Map Service).....	31
7.1.3	GML (Geography Markup Language).....	32
7.1.4	GPX (GPS eXchange Format).....	32
8	Análisis del visor.....	33
8.1.1	Casos de uso.....	33
8.1.2	Modelo de datos.....	35
8.1.3	Pantallas.....	36
8.1.4	Arquitectura.....	37
8.1.5	Fuentes de información.....	37
8.1.6	Plan de pruebas.....	38
9	Diseño del visor.....	39
9.1.1	Decisiones de diseño.....	39
9.1.2	Modelo de tablas en PostGIS.....	39
9.1.3	Consulta de datos a través de GeoServer.....	40
9.1.4	Maqueta del visor.....	42
9.1.5	Integración con Google Maps.....	44
10	Implementación del visor.....	45

10.1.1 Creación del modelo de datos.....	45
10.1.2 Configuración de GeoServer.....	45
10.1.3 Entorno de desarrollo e implementación	47
10.1.4 Integración de fuentes de información.....	48
10.1.5 Instalación de la aplicación.....	51
11 Conclusiones.....	52
12 Glosario.....	53
13 Bibliografía.....	55
14 Anexos.....	56
14.1 Anexo 1: problemas detectados al trabajar con gvSIG 1.11.....	56
14.2 Anexo 2: administración del sistema con QGIS.....	57
14.3 Anexo 3: integración con servicios de fotografías.....	60

Índice de tablas

Tabla 1: Lista de tareas del proyecto.....	10
Tabla 2: Hitos del proyecto.....	10
Tabla 3: Calendario del proyecto.....	11
Tabla 4: Amenazas, riegos, planes de contingencia.....	12
Tabla 5: Caso de uso Consultar Información Propia.....	34
Tabla 6: Caso de uso Ver Mapa.....	34
Tabla 7: Caso de uso Consultar Elevación.....	35
Tabla 8: Caso de uso Gestión de Rutas y Puntos de Interés.....	35

Índice de figuras

Figura 1: Cronograma del TFC.....	11
Figura 2: Esquema de un sistema de información.....	13
Figura 3: Ejemplo de SIG : VisorSigPac.....	14
Figura 4: Ejemplo de datos vectoriales.....	16
Figura 5: Ejemplo de red TIN.....	17
Figura 6: Ejemplo de representación raster.....	18
Figura 7: Ejemplos de proyecciones cartográficas.....	21
Figura 8: Proyección cónica, cilíndrica y polar.....	22
Figura 9: Husos y Zonas UTM.....	22
Figura 10: Imagen del geoide (exagerado).....	23
Figura 11: Tipos de documentos de gvSIG.....	26
Figura 12: Arquitectura basada en GeoServer.....	28
Figura 13: Conceptos GPX y ejemplo de datos.....	32
Figura 14: Diagrama de contexto del Visor.....	33
Figura 15: Diagrama de casos de uso del Visor.....	33
Figura 16: Diagrama de clases del Visor.....	36
Figura 17: Flujo de pantallas del Visor.....	37
Figura 18: Diagrama de despliegue del Visor.....	37
Figura 19: Maqueta pantalla inicial.....	42
Figura 20: Maqueta pantalla del buscador.....	42
Figura 21: Maqueta resultados y visualización del mapa.....	43
Figura 22: Maqueta alturas y perfil topográfico.....	44
Figura 23: Creación de un espacio de trabajo en GeoServer.....	45

Figura 24: posibles capas del origen de datos.....	46
Figura 25: Encuadre en la definición de una capa.....	46
Figura 26: Asociar estilo por defecto a una capa.....	47
Figura 27: Posibles capas WMS en vistas de gvSIG.....	49
Figura 28: Crear una ruta con gvSIG.....	50
Figura 29: Error al trabajar en gvSIG con PostGIS.....	56
Figura 30: Exportar una capa PostGIS a shp con gvSIG.....	56
Figura 31: Añadir capa WMS en QGIS.....	57
Figura 32: Visualización de capa WMS Open Street Maps en QGIS.....	58
Figura 33: Añadir una capa PostGIS con QGIS.....	58
Figura 34: Crear una ruta con QGIS.....	59

2 Introducción

El trabajo fin de carrera de primer semestre del curso 2011-2012 va a tratar sobre la aplicación de tecnologías SIG en entornos Web para facilitar el acceso de los usuarios a datos georreferenciados.

El uso de herramientas SIG web puede suponer para clubes y pequeñas organizaciones facilitar el uso y colaboración por parte de todos los miembros, permitir que se organice la información de manera sencilla y eficiente e incluso publicitarse en Internet aumentando el número de usuarios.

Dentro del ámbito de estas pequeñas organizaciones es muy importante que las herramientas tengan un coste reducido, por lo que aquellas gratuitas y de software libre van a ser la base de los desarrollos.

Los sistemas SIG accesibles vía Web ya están muy popularizados para usos generales y dentro de esta popularidad cabe destacar la aportación de la cartografía y el API de servicios proporcionado por Google Maps.

Nuestro proyecto va a suponer desarrollar un sistema que aplique herramientas SIG de software libre y Google Maps junto a alguno de sus servicios para construir una arquitectura de sistemas (BBDD, servidores, etc.) y una aplicación accesible vía Web por dispositivos móviles para un club de senderismo que, como datos georreferenciados tendrá las rutas de senderismo y los puntos de interés.

En cuanto a la estructura de esta memoria, inicialmente se recoge la definición del TFC con las tareas y la planificación del trabajo a desarrollar (capítulo 3).

Posteriormente hay una fase de introducción teórica donde se va a hablar de los sistemas SIG y las especialidades científicas que hay detrás: geodesia y cartografía (capítulos 4 y 5).

Se continua con una explicación/resumen de las herramientas SIG que se van a utilizar. También se contemplan aquellos estándares del OGC que van a ser especialmente relevantes en el proyecto (capítulos 6 y 7).

A partir de este punto se entra en la solución específica del proyecto con el análisis, diseño e implementación adoptada. El análisis es de carácter general y trata de recoger la funcionalidad y el modelo de datos y la arquitectura del sistema. El diseño recoge el modelo de datos detallado, una maqueta de la interfaz de usuario, los mecanismos de alimentación del sistema y las decisiones de diseño que van a marcar el trabajo subsiguiente. Por último la implementación comprende el detalle de la misma y la configuración y uso de las herramientas (capítulos 8, 9 y 10).

Finalmente se incluye un apartado de conclusiones y posibles líneas de trabajo de continuación del proyecto (capítulo 11).

3 Definición del TFC

En este punto se da una visión global al proyecto, su alcance, las tareas identificadas y la planificación que se ha seguido para la finalización de este proyecto.

3.1 Objetivos y alcance del proyecto

Del enunciado del proyecto extraemos los siguientes objetivos:

- Conocer los fundamentos básicos de la tecnología SIG y aplicarlos al desarrollo de un proyecto web.
- Introducirse en el desarrollo web para dispositivos móviles (teléfonos, tablets, etc.) enfocándose en algunas librerías/tecnologías ya existentes: OpenLayers, jQuery Mobile, etc.
- Conocer la problemática de la recogida e integración de cartografía (formato, proyección, escala...).
- Tomar contacto con software SIG libre y aprender la configuración básica de un entorno SIG en servidor para publicar datos (GeoServer y PostgreSQL + PostGIS) y el uso de un SIG de escritorio para alimentar los datos.
- Integrar en el visor los servicios de mapa de Google Maps y su servicio para la consulta de la altitud (Elevation Service).

Podemos identificar a modo de resumen que el alcance del proyecto comprende:

1. Conocer las bases teóricas que subyacen a la tecnología SIG y los problemas prácticos que se presentan al alimentar los sistemas SIG en lo que refiere al empleo de diferentes fuentes de información, diferentes formatos, etc.
2. Conocer algunas tecnologías SIG ya existentes, especialmente basadas en software libre.
3. Conocer Google Maps y sus servicios para construir aplicaciones de tipo mashup (aplicaciones generadas a partir de la integración de servicios proporcionados por otras) y otras tecnologías existentes que facilitan el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.
4. Integrar todo lo anterior en un proyecto práctico que responde a un mecanismo de consulta online, a través de dispositivos móviles, de la información de rutas de senderismo de un club.

3.2 Estimación del proyecto

La estimación del proyecto incluye el desglose de tareas del mismo y el tiempo que se estima necesario para la ejecución de cada una de ellas.

Las tareas principales identificadas en el proyecto son:

1. Tareas previas: tareas de acceso a la documentación y lectura inicial del enunciado.
2. Elaboración del plan de trabajo: realizar la lectura de material y elaborar el plan de trabajo identificando tareas, estimando el esfuerzo y estableciendo el calendario del proyecto.
3. Estudio de SIG: estudio de información de los SIG de acuerdo a la bibliografía recomendada. Elaboración del resumen que se incluirá en la memoria del proyecto.

4. Configuración del entorno de trabajo: instalación de los productos en el entorno de trabajo, estudio de la documentación asociada y, si es posible, de ejemplos sencillos que puedan servir de orientación en el posterior desarrollo. Elaboración del resumen que se incluirá en la memoria del proyecto.
5. Análisis del visor: analizar las funcionalidades que deberá implementar el visor y del modelo de datos que debe soportarlas, establecer las fuentes de información que alimentarán el sistema y los mecanismos de integración de estas fuentes. Hacer un borrador (estimación de los casos de prueba) del plan de pruebas de integración.
6. Diseño del visor: diseño detallado de las diferentes partes que completarán el visor.
7. Implementación del visor: construcción del visor y pruebas unitarias
8. Pruebas: pruebas de integración
9. Documentación: documentación adicional necesaria (manuales de usuario, etc.).
10. Memoria del TFC: elaboración de la memoria del TFC. Es una tarea progresiva (ver tareas de seguimiento y control asociadas a las PEC).
11. Presentación Virtual: elaboración de la presentación multimedia.
12. Debate Virtual: participación en el debate virtual.
13. Seguimiento y control: tareas de seguimiento del proyecto. Se incluye la consolidación de la documentación para la entrega de las PEC
14. Entrega del TFC.

TAREA	Esfuerzo (h)	Dep.
1. Tareas previas	2	
1.1 Descarga de documentación de la web	1	
1.2 Lectura del enunciado	1	1.1
2. Elaboración del plan de trabajo	10	1
2.1 Lectura del material asociado	2	
2.2 Elaboración del borrador del plan de trabajo	6	2.1
2.3 Entrega del borrador del plan de trabajo	-	2.2
2.4 Corrección del plan de trabajo	2	2.3
2.5 Entrega del plan de trabajo	-	2.4
3. Estudio de SIG	21	2
3.1 Recopilación de información	1	
3.2 Estudio de la información	17	3.1
3.3 Redacción del documento asociado	3	3.2
4. Configuración del entorno de trabajo	22	3
4.1 PostgreSQL + PostGIS	5	
4.2 GeoServer	5	4.1
4.3 OpenLayers	5	4.2
4.4 Google Maps	3	4.3
4.5 gvSIG	5	4.4

5. Análisis del Visor	16	4
5.1 Análisis del Visor Web	4	
5.2 Análisis del modelo de datos	4	5.1
5.3 Recopilación de fuentes de información	2	5.2
5.4 Integración de fuentes de información en el modelo	3	5.3
5.5 Borrador del plan de pruebas de integración	1	5.4
5.6 Elaboración del documento de análisis	2	5.5
6. Diseño del Visor	18	5
6.1 Diseño de la interfaz de usuario	8	
6.2 Diseño de de la capa de acceso a datos	8	6.1
6.3 Elaboración del documento de diseño	2	6.2
7. Implementación del visor	43	6
7.1 Carga de datos en el entorno de desarrollo	15	
7.2 Implementación de la capa de acceso a datos	6	7.1
7.3 Implementación de la interfaz de usuario	19	7.2
7.4 Pruebas unitarias	3	7.3
8. Pruebas	7	
8.1 Elaboración del plan de pruebas de integración	2	6
8.2 Pruebas de integración	5	8.1
9. Documentación	5	8
9.1 Manual de usuario / páginas de ayuda	3	
9.2 Manual de instalación	2	9.1
10. Memoria del TFC	25	9
10.1 Consolidación de la documentación ya desarrollada	5	
10.2 Redacción de la memoria	20	10.1
11. Presentación Virtual	8	10
11.1 Elaboración del índice de la presentación	1	
11.2 Elaboración de la presentación	7	11.1
12. Debate Virtual	5	Fijo en fechas
13. Seguimiento y control	6	
13.1 PEC 2	3	
13.2 PEC 3	3	
14. Entrega del TFC	-	11 Fijo en

		fechas
--	--	---------------

Tabla 1: Lista de tareas del proyecto

3.3 Planificación del proyecto

Dentro de la planificación del proyecto se incluye el calendario durante la ejecución del proyecto, los hitos del mismo y el diagrama de Gantt (cronograma) de planificación.

3.3.1 Hitos del proyecto

Los hitos del proyecto vienen marcados por las fechas de entrega de los diferentes productos (entregables), los borradores de las entregas y la realización del debate virtual.

HITO	FECHA
Inicio del proyecto	26/09/2011
Borrador Plan de Trabajo	30/09/2011
Entrega Plan de trabajo	04/10/2011
Borrador PEC 2	04/11/2011
Entrega PEC 2	08/11/2011
Borrador PEC 3	04/12/2011
Entrega PEC 3	13/12/2011
Borrador Memoria	02/01/2012
Entrega Memoria y Proyecto	09/01/2012
Inicio debate virtual	25/01/2012
Fin debate virtual	27/01/2012
Fin del proyecto	27/01/2012

Tabla 2: Hitos del proyecto

Teniendo en cuenta los hitos de entrega de las PEC y los esfuerzos estimados por tareas y el calendario del semestre se ajustan las entregas de modo que coincidan con hitos significativos finalizados:

- PEC 2: contempla las tareas Estudio de SIG, Configuración del entorno de trabajo y Análisis del visor.
- PEC 3: comprende las tareas de Diseño e Implementación del Visor.

3.3.2 Calendario del proyecto

TAREA	FECHA INICIO	FECHA FIN
Tareas previas	26/09/2011	28/09/2011
Elaboración del plan de trabajo	28/09/2011	04/10/2011

Entrega del plan de trabajo	04/10/2011	
Estudio de SIG	02/10/2011	14/10/2011
Configuración del entorno de trabajo	15/10/2011	26/10/2011
Análisis del Visor	28/10/2011	02/11/2011
Seguimiento y control : PEC 2	08/11/2011	
Diseño del Visor	05/11/2011	13/11/2011
Implementación del visor	13/11/2011	04/12/2011
Seguimiento y control : PEC 3	13/12/2011	
Pruebas	07/12/2011	16/12/2011
Documentación	16/12/2011	17/12/2011
Memoria del TFC	18/12/2011	06/01/2012
Presentación Virtual	07/01/2012	08/01/2012
Entrega del TFC	09/01/2012	
Debate Virtual	25/01/2012	27/01/2012

Tabla 3: Calendario del proyecto

3.3.3 Cronograma del proyecto

Al elaborar el diagrama de Gantt del proyecto se han añadido algunas restricciones entre tareas adicionales con el fin de evitar el solapamiento de los recursos; concretamente hay que asignar restricciones a las tareas asociadas a la elaboración y entrega de las PEC.

Se ha añadido a las imágenes la columna Costo que está marcada a 1€/hora para que refleje el esfuerzo en horas de las tareas.



Figura 1: Cronograma del TFC

3.4 Amenazas, riesgos y planes de contingencia

En este punto se pretenden reflejar qué problemas potenciales se pueden presentar a lo largo

de la realización del proyecto y cuál será la forma prevista de reacción para reducir el riesgo (plan de contingencia).

AMENAZA	RIESGO	PLAN DE CONTINGENCIA
Errores en la planificación	Alto SIG es un tema bastante desconocido para mi	Se han identificado periodos para la ampliación de esfuerzo si fuera necesario
Problemas tecnológicos	Alto La tecnología me es bastante desconocida	Se ha definido tiempo en la planificación para conocer las tecnologías involucradas y se va a tratar de acceder a ejemplos de uso de las mismas. Además, se han identificado periodos para la ampliación de esfuerzo si fuera necesario
Problemas con el equipo de trabajo (averías)	Medio Es un equipo bastante nuevo	Se harán copias de seguridad cada día que se trabaje en el proyecto en dispositivos de almacenamiento diferentes. Además se tratará de trabajar en un entorno de máquina virtual de modo que se pueda hacer copia de seguridad integra de la misma reduciendo el tiempo de restauración del entorno de trabajo
Solapamiento de esfuerzo con otras asignaturas (2 asignaturas adicionales equivalentes a 10 créditos)	Bajo Por la experiencia previa y por el calendario definido en las otras asignaturas no es probable que se produzca.	Se han identificado periodos para la ampliación de esfuerzo que pueden utilizarse para modificar el reparto de esfuerzo definido
Problemas laborales	Bajo No hay definidas entregas o puntos que puedan ocasionar picos de trabajo a lo largo de este semestre	Se han identificado periodos para la ampliación de esfuerzo si fuera necesario

Tabla 4: Amenazas, riesgos, planes de contingencia

4 Introducción a los sistemas de información geográfica

La **información geográfica** es la información que indica la posición de un elemento en la superficie de la Tierra; por tanto la información georreferenciada será aquella información que incluye entre otros datos el componente geográfico.

De ahí surge el concepto de **Sistema de Información Geográfica (SIG)** que es el sistema de información (por tanto incluye hardware, software, personas, datos y procedimientos, ver Figura 2) que permite recopilar, almacenar, gestionar y tratar información georreferenciada.

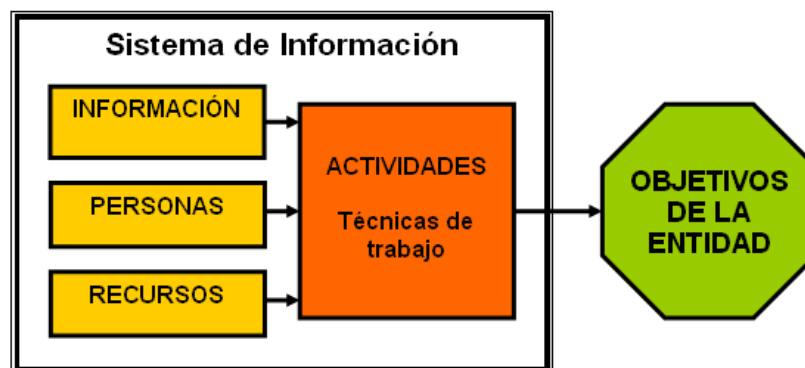


Figura 2: Esquema de un sistema de información

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n

Un SIG está compuesto de:

- Datos: son la materia básica y a la vez la razón de ser de los SIG; conforme aumenta el interés por los SIG aumenta el volumen de los datos y los posibles orígenes, lo que hace de la integración de estas fuentes uno de los aspectos más críticos.
- Procedimientos: son las formulas y métodos a aplicar sobre los datos.
- Software: son las aplicaciones informáticas que permiten trabajar sobre los datos. Incluyen sistemas gestores de base de datos para almacenar la información, herramientas para visualizar la información geográfica, etc. No debe pensarse sólo en las aplicaciones SIG propiamente dichas sino en todo el software necesario para realizar el trabajo, como sistemas operativos, software de red, servidores web, etc.
- Hardware: es el equipo necesario para ejecutar el software, para capturar la información (escáneres, tabletas digitalizadoras, etc.) y su presentación (impresoras, plotter, etc.) así como todo el hardware necesario para el trabajo en general (redes, etc.).
- Personas: son las que diseñan y utilizan el sistema.

Un SIG puede ser empleado para diferentes usos:

- Como un sistema de acceso a mapas, posicionamiento, cálculo de rutas, etc., que es lo más habitual para el público en general.
- Como un sistema para trabajar con datos geoespaciales que normalmente son costosos de procesar y para descubrir pautas que implican aspectos geográficos (ver Figura 3).
- Como un sistema para ayuda a la toma de decisiones en lo que refiere a la planificación, logística, etc. que involucren aspectos geográficos.
- Para la generación de modelos a partir de datos espaciales: por ejemplo, obtener datos espaciales periódicos de estructuras geológicas (laderas de montañas, por ejemplo) para

obtener un modelo de evolución del terreno o verificar los resultados de un modelo matemático previo. También integrando los datos espaciales con otros datos (pluviometría, estructura del terreno, etc.) para obtener previsiones de comportamiento (por ejemplo analizar posibles avenidas de agua en caso de grandes precipitaciones).



Figura 3: Ejemplo de SIG : VisorSigPac
Fuente: <http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>

Las operaciones que debe soportar un SIG son básicamente:

- Captura, almacenamiento y gestión de datos georreferenciados. Se deben incluir herramientas para trasladar los datos en formato analógico a formato digital (operación cada vez menos habitual) y para cambiar la estructura o formato de los datos digitales.
- Análisis de los datos georreferenciados: cálculo de rutas, cálculo de distancias, etc.
- Generación de información de salida: mapas, gráficos, etc.

4.1 Un poco de historia

Haciendo un poco de historia sobre la evolución de los SIG, nos podemos remontar a los años sesenta cuando se crea el **CGIS** (Canada Geographic Information System, sistema de información geográfica de Canadá) que se considera el primer SIG real. En esta misma década Howard Fisher estableció el Laboratorio de Gráficos Informatizados y Análisis Espacial en la Universidad de Harvard que dominaría a lo largo de los años setenta.

En los setenta se lanzan los primeros satélites, por ejemplo el Landsat 1, el primer satélite de teledetección de la superficie. También tiene lugar el lanzamiento del primer satélite GPS.

En los ochenta comienza el despegue de los SIG coincidiendo con el aumento de prestaciones y la disminución de precios de los equipos informáticos. Los primeros clientes eran empresas de recursos forestales y naturales. De esta década es el libro *“Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment”*, de Peter Burrough, considerado entonces como libro de referencia para los estudiantes de SIG.

En los años 90 se inicia el negocio de los SIG. De esta década es también la creación del **Open Geospatial Consortium** (OGC), que agrupa organizaciones públicas y privadas y que pretende la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG.

A partir del año 2000 se generaliza la explotación y uso de sistemas SIG, aprovechando los fuertes avances informáticos y la popularización de Internet y de los dispositivos móviles. Hay una fuerte repercusión de las tecnologías SIG en todos los datos de la sociedad.

Influye enormemente en la extensión de los sistemas SIG la popularización en el uso de los dispositivos **GPS**. El uso civil del GPS comienza en 1984, a raíz del derribo de un avión civil por la antigua Unión Soviética; esto lleva al gobierno de EE.UU. a permitir el uso civil del GPS, y por tanto aparecen los primeros equipos de uso civil desarrollados por Texas Instruments y Trimble. No obstante su popularización comienza con la Guerra del Golfo en 1991, cuando la fuerte dimensión mediática de este conflicto nos permitió ver en la televisión como las tropas de EE.UU. y sus aliados lograban, gracias a aparatos de bolsillo, precisiones de posicionamiento muy elevadas (gracias al GPS Diferencial). También influye notablemente la eliminación de los errores (disponibilidad selectiva) que incluía el gobierno norteamericano hasta el año 2000, lo que lleva a su uso masivo para, por ejemplo, posicionarse en las ciudades. Para ver su popularización baste decir que se estimaban en unos 8000 los dispositivos GPS en España en 1998, cuando ahora son millones, incluidos en coches, teléfonos móviles, dispositivos de localización de objetos robados y los receptores individuales para senderismo, prácticas deportivas como el esquí, etc.

Las tendencias actualmente van hacia la interoperabilidad entre plataformas SIG y la utilización de Internet para acceder a los datos geoespaciales a través de aplicaciones web dinámicas, compartición de datos, RSS, mashups, etc.

Sin duda dentro de estas líneas de desarrollo de los sistemas SIG, la filosofía a seguir la marca Google dado el impacto que ha tenido sobre los usuarios **Google Earth** y, más recientemente, **Google Maps**. La gratuidad de los programas y servicios, la posibilidad de compartir información y su interfaz de usuario sencilla y muy atractiva han llevado las herramientas SIG a millones de usuarios y esto ha supuesto un enorme empuje para su popularización. Aunque Google tiene competidores, como Bing Maps (anterior MSN Virtual Earth) de Microsoft, estos aún no alcanzan la capacidad tecnológica ni el favor del público como para hacer que Google deje ser el referente en esta materia, del mismo modo que lo fue su buscador.

Tal ha sido el impacto de Google sobre la accesibilidad a datos geoespaciales, en especial el acceso a las imágenes satélite, que muchos estados han solicitado que se restrinja el acceso a datos que consideran estratégicos y por tanto posibles objetivos terroristas.

4.2 Los datos geográficos

Los datos geográficos se caracterizan porque tienen 3 dimensiones: la espacial, la temporal y la temática.

La **componente temática** refiere a las características de estos datos que sirven para modelar el mundo real. De una manera sencilla podríamos decir que es la información específica con la que vamos a trabajar en nuestra aplicación SIG; por ejemplo, la población de una ciudad, el tipo de suelo, el nombre de un lugar de interés, etc. Dos características básicas de la dimensión temática son la *autocorrelación espacial* (los valores temáticos son más parecidos entre objetos cercanos que entre lejanos) y la *autocorrelación temporal* (los valores temáticos son más parecidos cuanto más próximos son en el tiempo).

Los valores temáticos pueden dividirse en discretos (si solo admiten un conjunto de valores, por ejemplo los tipos de suelo) o continuos (si admiten cualquier valor entre dos valores dados, por

ejemplo la cantidad de precipitaciones por metro cuadrado). También pueden dividirse en fundamentales (si son valores tomados directamente de la observación, como la cantidad de población o la superficie) o derivados (si son el resultado de aplicar una operación, como la densidad de población).

La **componente temporal** hace referencia a los valores dinámicos presentados a lo largo del tiempo, que pueden ser espaciales (por ejemplo, la variación del tamaño de una ciudad) o temáticos (por ejemplo, la variación del uso de un suelo o de las precipitaciones). La presentación de la información temporal suele hacerse mediante mapas animados o secuencias de mapas.

La **componente geográfica** hace referencia a la localización espacial del objeto.

En los SIG hay dos modelos de representación de la información geoespacial.

- Modelo vectorial: representa la información mediante puntos, líneas y polígonos.
- Modelo raster: mediante una malla regular de celdas.

A partir de los datos geográficos se pueden definir propiedades espaciales (longitud, área, forma, pendiente, etc.) y relaciones espaciales entre objetos que pueden ser topológicas (de tipo cualitativo, como *contigüidad*, *intersección*) o geométricas (de tipo cuantitativo, como *distancia*).

La información de los almacenamientos, tanto en formato raster como en formato vectorial, se agrupa en capas, que engloban elementos lógicos del mismo tipo (por ejemplo puntos de interés o rutas).

4.2.1 Datos vectoriales

El **modelo vectorial** se basa en el almacenamiento de (ver Figura 4):

- Puntos: objetos en una posición concreta
- Líneas: objetos de una dimensión que se distribuyen sobre el territorio, como carreteras, etc. Como las líneas curvas pueden ser muy complejas, lo normal es tratar de representarlas como conjuntos de líneas simples (multilíneas) seleccionando la precisión con la que línea acaba adaptándose a la curva.
- Polígonos: objetos de dos dimensiones que representan áreas del territorio. También pueden admitirse diferentes niveles de complejidad: polígonos de líneas curvas, con áreas internas excluidas o multipolígonos.

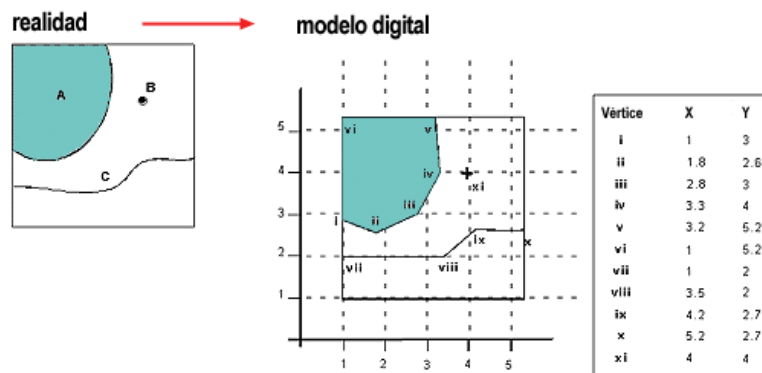


Figura 4: Ejemplo de datos vectoriales

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

Los modelos de datos vectoriales facilitan el trabajo en base a relaciones geométricas que se materializan en operadores y funciones que permiten conocer información sobre relaciones entre datos e incluso obtener nuevos datos resultado de la combinación de los anteriores.

Algunos ejemplos de operadores son *incluida* (indica si una geometría incluye a otra), *toca*, *disjuntas* (indica si una geometría no coincide en ningún punto con otra), etc. Algunos ejemplos de funciones son *caja contenedora* (nos da el rectángulo mínimo que incluye todas las geometrías), *distancia*, *unión*, etc.

Los modelos vectoriales se pueden mejorar con el empleo de **topologías**, lo que supone que no solo se van a almacenar las formas (puntos, líneas, polígonos) sino también las relaciones entre ellas. Un ejemplo muy popular es el modelo arco-nodo que almacena no solo los puntos sino también los nodos (que son los puntos de cruce de líneas), los arcos (que son las líneas entre dos nodos) y, para cada arco, cuales son los polígonos a la izquierda y a la derecha del arco.

Otra posibilidad dentro de los modelos vectoriales, especialmente en lo que refiere a sistemas de representación del terreno (y como alternativa a datos de representación del terreno en formato raster), es el empleo de **redes TIN** (redes irregulares de triángulos, ver Figura 5) que suponen una red formada por un conjunto de triángulos interconectados y homogéneos en lo que al elemento de estudio (por ejemplo, si se representa una ladera la variable será la pendiente). Si hay una gran variación en los datos serán necesarias redes con mayor número de triángulos y si los datos son menos variables, las redes tendrán un menor número de triángulos. En una red TIN para cada triángulo se conoce cuáles son los triángulos adyacentes a este y gran parte de los algoritmos empleados se basan en el análisis de esta información.

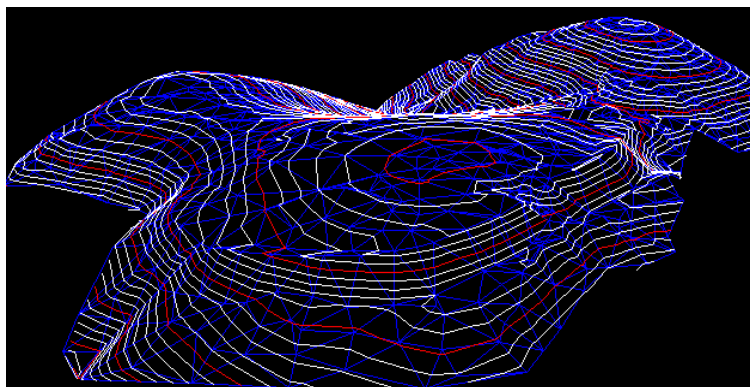


Figura 5: Ejemplo de red TIN

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica

4.2.2 Datos raster

El **modelo de raster** es una tabla o matriz (ver Figura 6) y normalmente se dividen en coberturas (las celdas pueden contener información temática general) o imágenes (las celdas contienen bytes de una imagen).

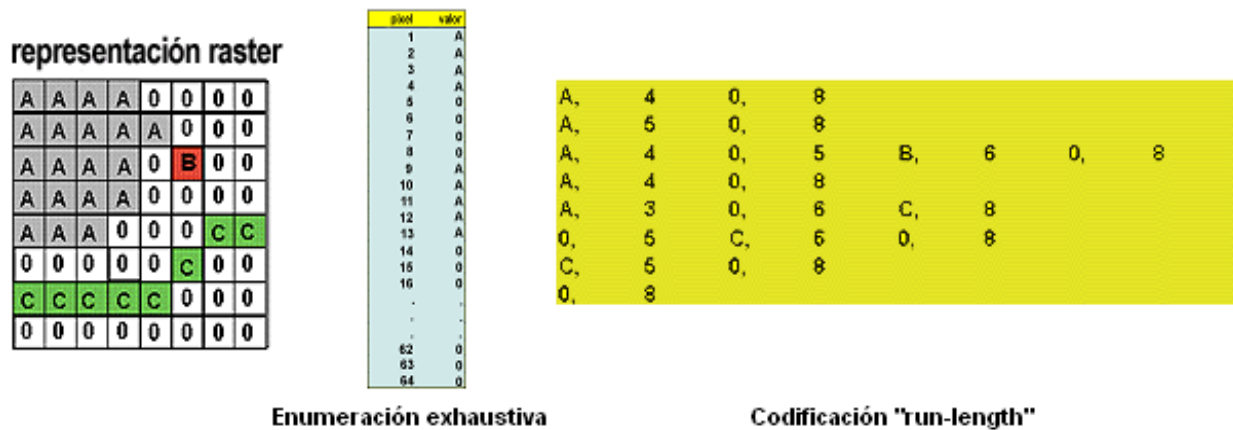


Figura 6: Ejemplo de representación raster

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

En los modelos de datos de raster los parámetros fundamentales son:

- El número de dimensiones de la tabla: normalmente son dos para representar un plano, aunque puede ser más para considerar otros aspectos como el tiempo.
- El número de celdas de la tabla y su tamaño.
- La profundidad de la celda que representa el número de datos que se almacenan en cada celda.

Para acelerar el acceso cuando los almacenamientos en raster tienen gran resolución se utilizan **pirámides** que son imágenes de menor resolución obtenidas en base al cálculo sobre los datos originales mediante algún tipo de aproximación.

4.2.3 Datos vectoriales vs. datos raster

Los modelos de datos en raster y vectorial deben entenderse como complementarios ya que las ventajas de cada uno de ellos son precisamente los inconvenientes fundamentales del otro.

- La estructura vectorial es muy compleja y costosa de mantener, pero la raster es muy sencilla (tablas con celdas).
- El volumen de datos raster es mucho mayor que en el vectorial, lo que hace que el modelo vectorial sea más sencillo de mantener actualizado.
- Las operaciones espaciales y topológicas, de re-escalado y proyección se realizan con mayor sencillez en el modelo vectorial. Por contra, el modelo raster facilita las operaciones de superposición o álgebra de mapas.
- Si hay alta variabilidad de los datos el formato óptimo es el raster.
- La salida gráfica es más vistosa en el modelo vectorial, en el raster depende de la resolución adoptada.

Los *datos digitales* se recogen de ambas maneras, vectorial y raster, por lo que un SIG debe soportar algoritmos de conversión de los datos geográficos de un modelo de almacenamiento al otro. La conversión de datos raster a vectorial se denomina **vectorización**. Puede hacerse de manera asistida (por ejemplo, generando líneas de contorno sobre imágenes raster) o no asistida, mediante algoritmos de mejora del contraste, imágenes en falso color o de filtros resultado de la implementación de transformadas de Fourier. El proceso de conversión de datos vectorial en raster se denomina **rasterización**.

4.3 Almacenamiento de los datos geográficos

El almacenamiento de los datos geográficos puede hacerse de modo general en fichero o en bases de datos relacionales.

La ventaja de emplear bases de datos son la seguridad, el permitir acceso concurrente, la mayor facilidad de acceso y gestión de grandes volúmenes de información y el rendimiento de acceso gracias al empleo de índices. Sin embargo, la complejidad de este tipo de soluciones y el coste de las licencias puede no hacerlas adecuadas a todos los problemas (aunque existen soluciones sin coste de licencia de uso como PostGIS que se publica bajo licencia GPL y que es una de las soluciones más extendidas).

Los **datos vectoriales**, debido a la complejidad de las formas geográficas, son costosos de almacenar en bases de datos relacionales puras; por eso se adoptan soluciones mixtas con campos específicamente diseñados para almacenar directamente este tipo de datos.

Existen múltiples formatos para el almacenamiento de datos vectoriales tanto en fichero como en BBDD adaptadas. Por mencionar algunos podemos citar:

- *GML* (Geography Markup Language) es un lenguaje basado en XML definido por el OGC para representar datos geográficos y que es el estándar para el intercambio en Internet. Admite tanto datos vectoriales como raster.
- *Shapefile* de ESRI que es uno de los formatos más populares, extendidos y soportados. ESRI lo sigue manteniendo en gran parte para el intercambio de información entre programas de ESRI y otras herramientas SIG.
- *PostGIS* es la extensión de la BBDD relacional PostgreSQL para datos geográficos.
- *Oracle Spatial* es la extensión de la BBDD relacional Oracle.
- *ArcSDE* de ESRI que es el software intermediario entre la familia de herramientas ArcGIS de esta compañía y la base de datos corporativa (PostgreSQL, etc.) donde los datos se almacenan usando su propio formato de geometría nativo.

Los modelos de datos vectoriales también facilitan el empleo de **índices** para acelerar las consultas. Las bases de datos normalmente almacenan sus índices en forma de árboles de diferente tipo (árboles B+, B*, quad-trees que son árboles cuaternarios) pero para datos espaciales se opta actualmente por **R-trees** que dividen el espacio en áreas contenedoras de geometrías o MBR, que a su vez se van agrupando en forma de árbol.

Además las BBDD espaciales proporcionan funciones para incluir las operaciones y funciones geográficas dentro del modelo SQL, permitiendo así la integración de los datos espaciales y los datos tradicionales (números, cadenas de caracteres, fechas) soportados por el estándar SQL. Si nos fijamos por ejemplo en PostGIS podemos encontrar las funciones *ST_Distance* para obtener la distancia entre dos geometrías o *ST_Union* para obtener la geometría resultante de la unión de otras. Estas y otras pueden incluirse dentro de consultas SQL.

Existen múltiples formatos para el almacenamiento de **datos raster** tanto en fichero como en BBDD relacionales adaptadas.

- *GeoTiff*: es un estándar de metadatos público que permite la georreferenciación de un archivo Tiff.
- *Georaster* de Oracle Spatial permite almacenar y consultar imágenes raster.
- *ECW* (Enhanced Compression Wavelet) es un formato de imágenes propietario con

compresión con olas de alta frecuencia, optimizado para imágenes aéreas o satélite.

- *JPEG2000* es un formato estándar de imágenes comprimidas mediante olas de alta frecuencia desarrollado para sustituir JPEG; aunque no supone mucha mayor compresión si que resulta un formato más flexible.

4.4 Origen de los datos geográficos

El origen de los datos geográficos es muy diverso.

La **teledetección** es uno de los más importantes, con sensores activos o pasivos montados sobre aviones o satélites. El satélite es más costoso y la visibilidad depende de muchos factores, mientras que el avión es más económico pero más inestable y dependiente de factores como el clima para poder realizar los vuelos.

En cuanto a los sensores podemos citar cámaras fotográficas, sensores que detectan la radiación reflejada, radares para medir la altitud y crear cartografía de elevaciones o el LiDAR, similar al radar pero utilizando un láser para mejorar la precisión de los datos obtenidos.

Ejemplos de programas basados en teledetección son:

- *LANDSAT*, programa estadounidense de adquisición de datos mediante satélites. El volumen de datos recogido es enorme y es una de las fuentes de datos más ricas.
- *ERS*, programa desarrollado por la Agencia Espacial Europea ESA, pensado para la observación medioambiental.
- *SRTM*, programa internacional destinado a crear una cartografía de elevaciones a nivel mundial, utilizando sensores radar montados sobre la lanzadera espacial norteamericana.

La **cartografía impresa** y la digitalización es otra de las fuentes fundamentales, en especial porque existen datos que sólo se encuentran en este tipo de formato.

Los **sistemas de posicionamiento global** GNSS son actualmente una fuente de datos fundamental a raíz de la popularización del sistema GPS norteamericano, aunque hay otros como el europeo Galileo que estará pronto operativo. El funcionamiento de estos sistemas se basa en la triangulación de la posición mediante las señales procedentes de al menos 3 satélites; si se dispone de la señal de un cuarto satélite se puede obtener también la elevación. Si se dispone de más satélites se pueden corregir las imprecisiones debidas obstáculos, la ionosfera, etc.

El sistema **GPS** lo constituye una constelación de 27 satélites (24 operativos y 3 de reserva). La disponibilidad selectiva es una opción militar incluida por el departamento de Defensa de EEUU, propietario del sistema GPS, que introduce errores aleatorios en las señales, de tal forma que los usuarios civiles no pueden obtener una precisión elevada. La disponibilidad selectiva fue eliminada en el año 2000.

5 Introducción a la geodesia y la cartografía

La geodesia y la cartografía son las disciplinas científicas que están detrás de los SIG, por lo que es necesario conocerlas, aunque sea de manera simplificada, para trabajar adecuadamente con estos sistemas.

5.1 Geodesia

La **geodesia** es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra y los fenómenos de cambio (mareas, movimientos de la corteza,) así como el campo magnético y la variación de este con el tiempo.

Un **sistema de coordenadas** nos permite representar la posición de un objeto mediante un modelo matemático. Existen múltiples sistemas de coordenadas y la elección de uno u otro es una cuestión puramente práctica. Uno de los más habituales es el sistema de coordenadas geográficas que representa un punto en la superficie mediante dos ángulos medidos desde el centro de la Tierra; la longitud, medida a lo largo del ecuador respecto de un meridiano (normalmente el de Greenwich) y la latitud medida hacia el norte desde el ecuador. Otro sistema de coordenadas es el cartesiano que define unos ejes de coordenadas con centro en el centro de la Tierra y representa un punto mediante sus coordenadas x,y,z .

El modo de trabajo habitual es a través de **mapas**, lo que implica representar la Tierra (cuasi-esférica) sobre un plano. Esto da lugar a las proyecciones cartográficas (ver Figura 7) que son los modelos para trasladar la Tierra al plano.

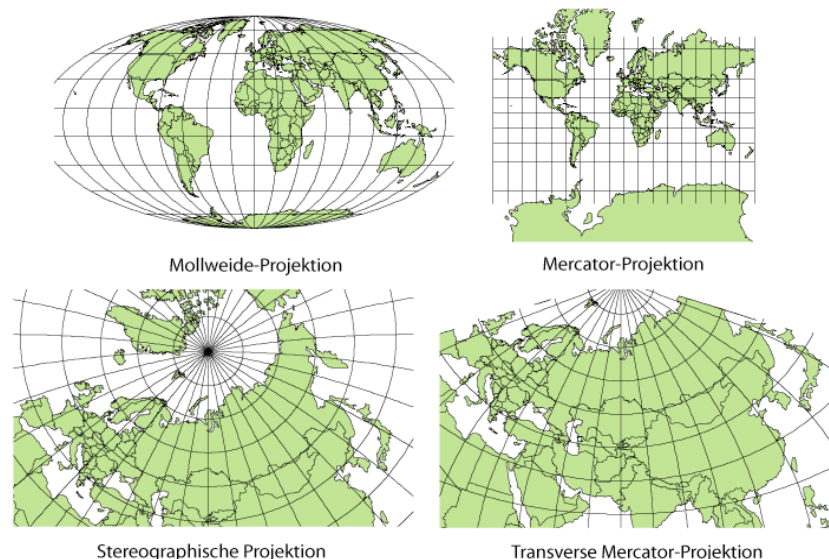


Figura 7: Ejemplos de proyecciones cartográficas

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica

Este traslado es imposible sin algún tipo de error o deformación, lo que da lugar a diferentes tipos de proyecciones en función del error que se pretenda minimizar: *conformes* (si respetan la forma), *equivalentes* (si respetan el área), *equidistantes* (si respetan la distancia), *azimutales* (si respetan la dirección) o *de compromiso* (si buscan minimizar la deformación de varios de estos factores a la vez).

Igualmente al no ser una esfera una superficie desplegable las proyecciones se clasifican según la figura desplegable que se utiliza (cónicas, cilíndricas o planas, ver Figura 8) y también en cómo se relacionan estas con la esfera a representar (tangentes o secantes).



Figura 8: Proyección cónica, cilíndrica y polar

Fuente: <http://www.juanjoromero.es/blog/2008/07/u1-la-tierra-y-su-representacion-geografica/>

La existencia de estos distintos tipos de proyecciones hace que haya que ser muy cuidadoso a la hora de fijar un rumbo (o *loxodromia*, línea de dirección constante) o de calcular una distancia (o *geodésica*, línea de menor distancia entre dos puntos) ya que pueden resultar contra-intuitivas en función del tipo de representación.

Una proyección bastante habitual es la UTM (Universal Transversal de Mercator, ver Figura 9) que es una proyección cilíndrica tangente a un meridiano.

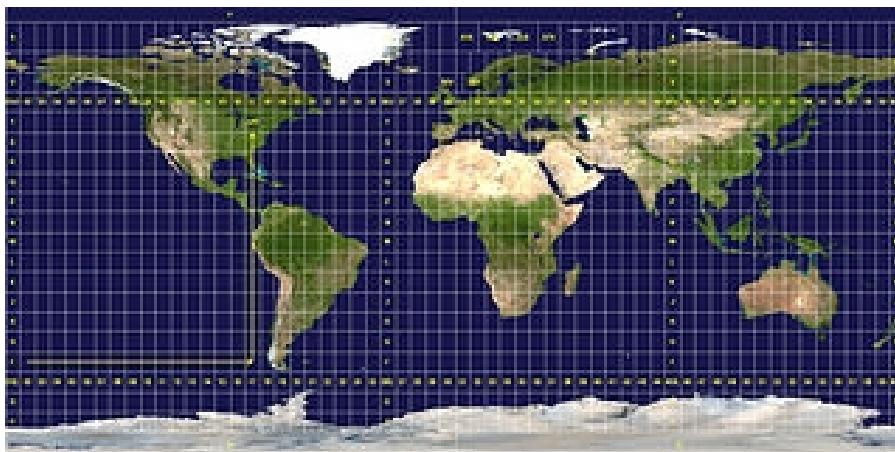


Figura 9: Husos y Zonas UTM.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Coordenadas_Universal_Transversal_de_Mercator

Con el fin de reducir la deformación divide la Tierra en husos de 6 grados de amplitud y para cada uso utiliza el meridiano central como referencia de la proyección; además cada uso se divide en 20 zonas representadas por letras (aunque su uso es menos habitual). Dado un uso se aplica un falso Este (sumando 500.000m a la distancia respecto del meridiano central) y un falso norte (solo en el hemisferio sur). Un punto se representa por su valor E (distancia del meridiano central) en la horizontal y su valor N (distancia del ecuador) en la vertical.

Pese a toda la complejidad, UTM no permite mezclar usos por lo que es adecuada cuando los objetos a representar están dentro de un uso concreto; además no permite representar las zonas polares (latitudes mayores de 80 grados) porque la distorsión es muy alta.

5.1.1 Georreferenciación

La **georreferenciación** es la técnica de relacionar información con una posición de la Tierra. La Tierra es irregular por lo que se utilizan aproximaciones con el fin de posibilitar un tratamiento matemático.

El primer concepto que hay que conocer es el de **geoide** (ver Figura 10) que es la superficie equipotencial que presenta igual gravedad en todos sus puntos. El geoide sigue siendo muy irregular y está afectado por diferentes fenómenos como la densidad de los materiales así que no posibilita un tratamiento matemático sencillo.

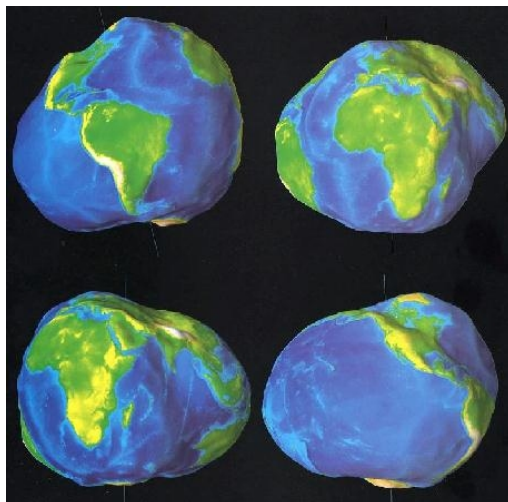


Figura 10: Imagen del geoide (exagerado)

Fuente: <http://geoide.es/>

El **elipsoide** es la figura elíptica tridimensional que mejor se aproxima al geoide en un lugar concreto. Esta figura sí está delimitada por valores matemáticos sencillos que son los semiejes mayor y menor de la elipse.

La diferencia entre la superficie real, el geoide y el elipsoide da lugar a la existencia de diferentes valores de altura: la **altura elipsoidal** que es la altura de un punto de la Tierra sobre el elipsoide, la **altura ortométrica** que es la altura de ese mismo punto sobre el geoide y la **ondulación** que es la diferencia para ese mismo punto ente el geoide y el elipsoide.

Al conjunto de valores básicos del elipsoide y del punto donde elipsoide y geoide coinciden (punto fundamental) se le denomina **datum geodésico** y define el origen y orientación del sistema de coordenadas que se va a emplear.

Los datum están catalogados. En España se utilizaba el *ED50* (European Datum 1950) que es diferente *WGS84* (basado en el elipsoide WGS84) utilizado por el GPS lo que obligaba a hacer transformaciones para posicionar el dato obtenido del GPS sobre los mapas existentes. Actualmente se está pasando a utilizar el *ETRS89* (European Terrestrial Reference System 1989, basado en el elipsoide SGR80), que es bastante similar al del GPS, lo que facilitará su empleo.

Las transformaciones de coordenadas no son sencillas y pasan por la transformación entre datum. Los modelos más habituales son el de **Molodenski** basado en una traslación geocéntrica y que presupone que los ejes de los elipsoides son paralelos (lo que le resta precisión) y el de **Bursa-Wolf** que se compone de una traslación, una rotación y un factor de escala.

Los códigos **EPSG** son un listado normalizado de la mayoría de los modelos de representación geográfica que permiten relacionar un código único con los datos del elipsoide y los datos para realizar diferentes tipos de transformaciones de coordenadas y de cambio de sistema de proyección. Estos datos están mantenidos por el *OGP* (una asociación internacional de productores de petróleo y gas) y adoptan su nombre de la organización inicial (European Petroleum Survey Group). Los códigos normalizados van del 0 al 32767 y se reserva el rango de 6000000 a 6999999 para compatibilidad con datos previos, por lo que si quisiéramos definir un código propio para uso local deberíamos darle un valor mayor a 32767 para evitar conflictos.

5.2 Cartografía

La **cartografía** es la ciencia de realizar las representaciones abstractas, mediante gráficos, de realidades espaciales. El máximo exponente es el mapa (que es una representación plana).

La cartografía se suele clasificar en:

- Básica (también conocida como fundamental o topográfica) que son mapas generales de la superficie de la Tierra lo más fieles posibles. Pueden ser topográficos, que dan información de los elementos del territorio y su situación y del relieve (se crean en base a ortofotos que son fotografías aéreas rectificadas para corregir la deformación introducida por la forma esférica de la superficie terrestre), de imagen (si muestran directamente las ortofotos recogidas) o cartas náuticas (centradas en las zonas costeras y las aguas navegables).
- Temática que sobre la base de la cartografía fundamental añade información de un tema concreto (por ejemplo un mapa de precipitaciones).
- Derivada que es la adición y procesamiento de cartografía básica (por ejemplo un atlas).

De un mapa nos interesa especialmente la **escala** que es la relación entre las dimensiones de los objetos reales y la dimensión de su representación. A mayor escala mayor es la precisión y por tanto menor el espacio que se puede representar en el mismo mapa. El uso que se vaya a dar al mapa determinará la escala a seleccionar.

Otros datos relacionados con el mapa son la **resolución** (que define el objeto más pequeño que se puede representar en el mapa y que está por tanto relacionado con la escala) y la **precisión** (que es la exactitud con la que los datos reales se han trasladado al mapa y que depende del origen de los datos).

Si en un mapa nos interesa conocer también la información de la altitud existen herramientas que nos permiten introducirla y que son las **curvas de nivel**. Las curvas de nivel muestran puntos que tienen la misma altura (por tanto no se cruzan entre sí). A mayor densidad de las curvas mayor es el crecimiento de la altitud y por tanto la pendiente del terreno. Otras maneras de presentar la altura son el sombreado del terreno, que da una sensación visual de volumen mediante la adición de un foco de luz, y las cotas que son puntos concretos del mapa de especial interés que incluyen su altura.

6 Herramientas

Dentro del apartado de herramientas se va a recoger aquellas herramientas software que van a dar soporte a la arquitectura del sistema en todos sus niveles.

- Base de datos: se usa PostgreSQL y su extensión para datos georreferenciados, PostGIS.
- Alimentación de datos al sistema: se usa gvSIG que es un software SIG de escritorio con capacidad para leer y actualizar datos en PostGIS.
- Servidor de datos: se utiliza GeoServer para servir los datos y los mapas creados en base a la información existente en PostGIS.
- Cliente web: dentro del navegador se va a utilizar OpenLayers como cliente capaz de acceder a GeoServer para obtener información y representarla en forma de mapas, además de permitir acceder a Google Maps para obtener los mapas básicos sobre los que se representa la información propia. También se van a utilizar librerías adicionales para facilitar la construcción de la interfaz de usuario.
- Servicios adicionales: se va a utilizar el servicio Elevation de Google Maps para proporcionar información adicional.

6.1 Base de datos: PostgreSQL – PostGIS

PostgreSQL es una base de datos relacional que hereda del proyecto POSTGRES de la universidad de Berkeley y que cumple con el estándar SQL e incluye algunas opciones avanzadas como integridad transaccional, control de versiones, etc. Es un proyecto de software libre cuya licencia permite que se use, copie, modifique o distribuya sin ningún permiso previo ni acuerdo y sin garantía por los autores originales.

La extensión **PostGIS** permite trabajar con datos geoespaciales a un SIG que quiera almacenar sus datos en base de datos en lugar de en un fichero, aprovechando así la mayor facilidad de manejo de grandes volúmenes de datos, la integridad transaccional y la rapidez de acceso gracias a los índices que ofrece una BBDD relacional. PostGIS incluye una extensión también del driver JDBC de PostgreSQL para dar soporte Java a los objetos geoespaciales.

PostGIS soporta almacenamiento de puntos, multipuntos, líneas, multilíneas, polígonos y multipolígonos, además de colecciones de estos.

PostGIS recoge los objetos básicos recogidos por el OGC en su especificación "*Simple Features for SQL*" (que solamente soporta 2 dimensiones) y extiende esta, proporcionando mecanismos para trabajar en 3 dimensiones. También recoge la especificación "*SQL Multimedia Applications Spatial*" que añade objetos de tipo curva a los objetos básicos.

Para trabajar con objetos geoespaciales se utiliza el formato definido por el OGC conocido como **WKT** (Well-Known Text) a través de la función *ST_GeomFromText*; la función *ST_AsText* permite consultar los datos geométricos en este mismo formato. También soporta el formato conocido como **WKB** (Well-Known Binary) que permite introducir los datos en formato binario.

Es importante reseñar la función *ST_IsValid* que permite conocer si una geometría es válida, condición para que el resto de funciones como las de distancia o intersección devuelvan resultados válidos.

La base de trabajo de PostGIS son **coordenadas sobre plano** pero incluye soporte nativo para trabajar con **coordenadas sobre esfera** de acuerdo al sistema de referencia WGS84 (SRID:4326). Es importante tenerlo en cuenta si queremos aprovechar esta capacidad de PostGIS

pero trabajamos con otro sistema de referencia, aunque también permite utilizar la librería Proj4 para realizar cambios de sistemas de referencia internamente indicando el SRID en la consultas/actualizaciones. Para diferenciar coordenadas sobre plano y sobre esfera, PostGIS incluye en la definición de los campos de las tablas indicar si es de tipo *"geometry"* (coordenadas sobre plano) o *"geography"* (coordenadas sobre esfera) además del tipo de dato (punto, etc.). No obstante hay que tener en cuenta que el soporte básico es el de coordenadas sobre plano, por lo que las funciones válidas para coordenadas geográficas son menos y tienen un mayor costo de computación.

Para acelerar los accesos a datos, PostGIS permite el empleo de índices. Las versiones iniciales de PostGIS utilizaban la implementación de R-Trees definida por PostgreSQL pero las versiones actuales utilizan una implementación sobre *GiST* (Generalized Search Trees) que mejora el rendimiento (la documentación indica que esta mejora se debe a las limitaciones de la implementación concreta de R-Trees de PostgreSQL, no al concepto de R-Trees como tal).

Por último, se puede señalar que PostGIS incluye la funcionalidad *shp2pgsql/pgsql2shp* que permite transformar ficheros *Shapefile* y cargarlos en PostGIS y viceversa, generar un fichero Shapefile a partir del contenido de una tabla.

6.2 Alimentación del sistema: gvSIG Desktop

El proyecto **gvSIG** se inicia en el año 2004 dentro de la migración a software libre de los sistemas informáticos de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Comunidad Valenciana.

gvSIG permite el manejo de información geográfica a través de una interfaz sencilla y con capacidad para acceder a los formatos de datos georreferenciados raster y vectoriales. Es un proyecto de código abierto con licencia GPL y gratuito. Por tanto admite la posibilidad de ampliar funcionalidades de la aplicación.

Está desarrollado en el lenguaje de programación Java, por lo que funciona en aquellos sistemas que tengan soporte para la máquina virtual java, entre otros Microsoft Windows o Linux.

Para el desarrollo de algunas de sus funcionalidades utiliza otras librerías ya existentes de Java como Geotools o Java Topology Suite .

El modelo de trabajo de gvSIG se basa en proyectos en los que se utilizan 3 tipos de documentos (ver Figura 11) :

- Vistas: donde se trabaja con datos gráficos.
- Tablas: donde se trabaja con datos alfanuméricos.
- Mapas: permite construir mapas e insertar los distintos elementos cartográficos (leyenda, escala...).

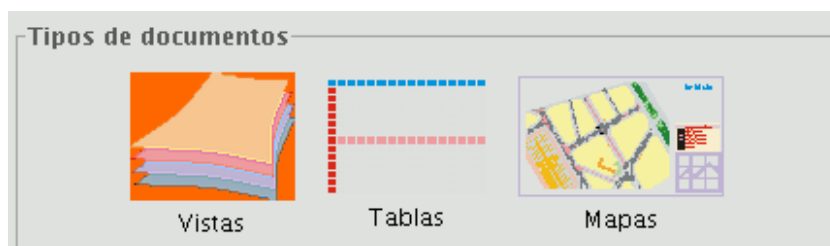


Figura 11: Tipos de documentos de gvSIG.

Fuente: www.gvsig.org

Los proyectos son archivos que tienen la extensión ".gvp". Estos ficheros no contienen datos espaciales, sino que almacenan referencias al lugar donde se conservan los datos originales.

gvSIG soporta múltiples orígenes de datos SIG

- Shapefiles, que en realidad consta de tres o más archivos con el mismo nombre y diferentes extensiones (los obligatorios son .shp que almacena las entidades geométricas, .shx que almacena el índice de las entidades geométricas y .dbf que es la base de datos), aunque gvSIG trabaja con ellos de manera conjunta.
- BBDD relacionales con extensión para datos georreferenciados como PostGIS y MySQL Spatial, a través de un driver JDBC. También es posible acceder a bases de datos ArcSDE si se instala la extensión correspondiente, y a bases de datos Oracle con su driver específico.
- Datos CAD: pueden contener información de puntos, líneas, polígonos y textos.
- Servicios de datos WMS (Web Map Service): se pueden consultar datos WMS (imágenes de mapas) disponibles vía web.
- Servicios de datos WFS (Web Feature Service): se pueden descargar capas de datos vectoriales WFS desde servidores que cumplan el estándar del OGC.
- Servicios de datos WCS (Web Coverage Service): se puede acceder a información remota (coberturas raster) según el protocolo WCS del OGC.
- Datos ArcIMS: es posible la conexión a servidores ESRI ArcIMS.
- GML: se permite visualizar y exportar documentos GML, que es un formato XML para representar información geográfica del OGC.
- KML (Keyhole Markup Language): lenguaje estándar del OGC basado en XML para representar datos geográficos, con posibilidad de representar datos en tres dimensiones.
- Imágenes: gvSIG permite visualizar archivos de diferentes formatos (tiff, jpg, ecw, mrsid, etc.).

Sextante es un conjunto de algoritmos de análisis geográfico de código libre desarrollado para la Junta de Extremadura. Dada su importancia, Sextante (<http://sextante.forge.osor.eu/>) ha sido integrado por defecto dentro de gvSIG.

6.3 Servidor de datos: GeoServer

GeoServer es un servidor de datos geoespaciales programado en Java y que permite a los usuarios consultar y editar datos.

GeoServer es la implementación de referencia de los estándares WFS, WCS y WMS del OGC y es el núcleo del proyecto GeospatialWeb. Además ofrece alto rendimiento lo que permite considerarlo una solución válida en entornos de producción.

GeoServer se puede conectar a BBDD relacionales y generar datos para utilizar OpenLayers como librería de visualización de mapas en el navegador web. También puede generar datos en formatos soportados por los visualizadores de mapas más populares como Google Earth (ver Figura 12).

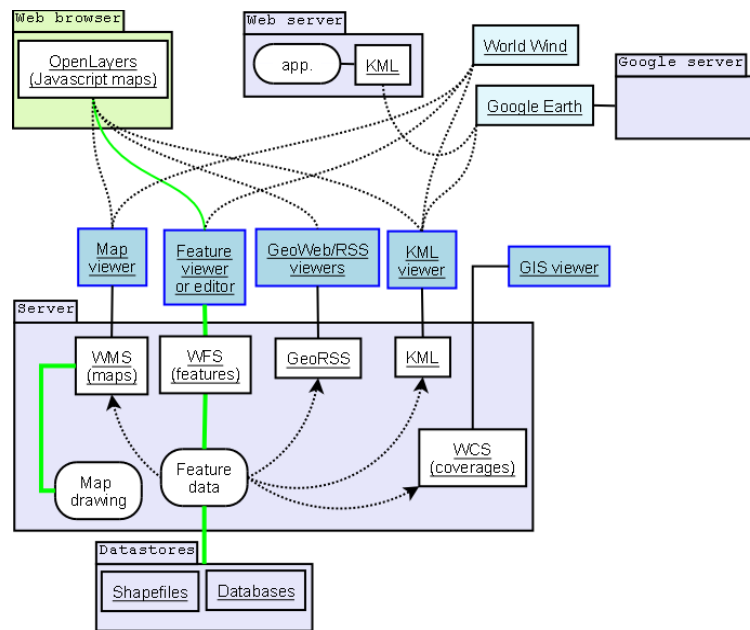


Figura 12: Arquitectura basada en GeoServer.

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium

GeoServer permite utilizar datos o generar datos en los siguientes formatos:

- Vectoriales: Shapefiles, PostGIS, WFS y ficheros de propiedades Java (ficheros de texto plano con extensión .properties que lee la maquina virtual Java y que tienen formato nombre=valor).
- Raster: ArcGrid, GeoTIFF, WorldImage, etc.
- Otros: WMS

En lo que refiere a la interacción con PostGIS, se puede acceder definiendo una conexión específica o utilizando las funcionalidades de Java JNDI (Java Naming and Directory Interface) que permite definir la referencia a la BBDD a nivel del servidor.

Todas las tablas de la BBDD PostGIS a la que nos hemos conectado son visibles, así como las vistas (siguiendo el mismo procedimiento de configuración a nivel de GeoServer). Para que los datos sean servidos es necesario configurar la tabla o la vista como una capa o layer de GeoServer.

GeoServer soporta filtrado de acuerdo al “*Standard Filter Encoding*” definido por el OGC.

Para visualizar los datos accedidos a través de GeoServer se deben definir estilos de visualización (color, grosor, etc.); GeoServer utiliza **SLD** (Styled Layer Descriptor) que es un lenguaje basado en XML.

A la hora de visualizar componentes, GeoServer considera puntos, líneas y polígonos y se pueden definir múltiples estilos de formato visual: color, grosor, forma de los puntos (círculos, cuadrados, imágenes predefinidas), rellenos de los polígonos, etc. Los estilos pueden ser determinados o depender de los datos recuperados para construir mapas temáticos (por ejemplo, diferente tamaño de un punto que representa una ciudad según la población de la misma) y se pueden asociar a los elementos visualizados textos recuperados de los datos (por ejemplo, el nombre de la ciudad) que a su vez pueden tener diferentes estilos de formato. Las posibilidades que ofrece GeoServer con SLD son bastante amplias.

Así mismo, GeoServer permite la integración con Google Earth puesto que soporta KML como formato de salida, que es un formato aceptado por la plataforma de Google y de otras como OpenLayers.

6.4 Cliente: OpenLayers

OpenLayers es una librería javascript open source bajo licencia BSD (*Berkeley Software Distribution*, es una licencia de software libre "débil", que permite el uso del código fuente en software no libre, al contrario que la GPL) que permite la visualización de mapas en navegadores web a través de un API similar a la que proporciona Google Maps.

OpenLayers trabaja en base a dos conceptos fundamentales:

- Mapa, que es el recipiente general de la información
- Capa o *layer*, que se muestra dentro del mapa y que incluye la información obtenida a través de alguna fuente de datos.

Las **capas** pueden ser básicas o adicionales.

En cuanto a la **capa básica**, sólo puede haber una activa, está pensada generalmente para datos raster y determina el comportamiento del mapa en general (por ejemplo el control del zoom o el sistema de coordenadas por defecto).

Las capas adicionales u **overlays** son las capas de datos, puede haber varias activas simultáneamente y se puede decidir que sean visibles o no en función de factores de visualización como el zoom.

Para las capas raster OpenLayers admite múltiples orígenes de datos como Google Maps, Yahoo Maps, imágenes, WMS, etc.

Para las capas adicionales OpenLayers admite orígenes de datos basados en GML, WMS y también permite la construcción a través del API de datos vectoriales.

OpenLayers también incluye soporte para los navegadores de dispositivos móviles modernos, con eventos basados en tocar la pantalla (touchstart/touchmove/touchend), como por ejemplo los navegadores de iPhone o los de Android.

6.5 Otros

6.5.1 Mapas base: Google Maps

Google Maps es un servicio de Google que permite acceder a mapas en diferentes formatos (carreteras, satélite, etc.) tanto desde el sitio web de Google Maps como desde páginas de usuarios.

Google Maps proporciona también un API con utilidades para manipular mapas y para añadir contenido al mapa mediante diversos servicios. No está permitido acceder a los mapas y a las imágenes satélite a través de otro mecanismo distinto del API (por ejemplo, a través de la creación de un API propio). Tampoco se pueden utilizar copias de imágenes generadas mediante el API sino que Google ofrece un API específico, **Google Static Maps**, para facilitar acceso a imágenes de mapas.

Las condiciones de servicio permiten utilizar Google Maps en sitios web que sean accesible de forma gratuita (también si el sitio recibe ingresos de publicidad si se cobra a terceros por incluir información en el mapa pero se muestra esa información en una sección de acceso gratuito).

Las versiones previas del API exigían una clave generada en base a una cuenta de Google; con la versión actual (V3) no es necesaria. Esta versión incluye un parámetro *sensor* que permite indicar si se utiliza un dispositivo con GPS interno para que el API obtenga de este la posición actual del usuario y la refleje en el mapa.

Internamente Google Maps utiliza como sistema de proyección el **Mercator-Esférico**, que

es el termino usual para referirse al sistema de proyección *EPSG:3857* (aunque comúnmente se emplea como código *EPSG:900913* en OpenLayers) que utiliza coordenadas en metros, que es usado también por Bing Maps de Microsoft, OpenStreet Maps y Yahoo Map. Sin embargo, si se utiliza el API de Google directamente, se pueden utilizar coordenadas de latitud/longitud (para representar elementos, obtener las coordenadas de un punto en la pantalla, etc.) de acuerdo al sistema de proyección WGS84, aunque la cartografía básica esté en otro formato.

6.5.2 Información adicional: Google Elevation Service

Dentro del API de Google Maps, se proporciona una interfaz de acceso al servicio **Elevation** que permite devolver la elevación de puntos en la superficie terrestre (incluidos puntos en el mar con valores negativos) y que se invoca de forma asíncrona porque Google a su vez utiliza un servicio externo para obtener la respuesta.

Si el punto del que se quiere obtener la información tiene un dato concreto se devuelve este dato, si no se devuelve el resultado de interpolar entre varias localizaciones próximas con elevaciones conocidas.

El servicio se puede invocar de dos maneras:

- Elevación para un **punto** o conjunto de puntos aislados, de los que se pasa las coordenadas.
- Elevación de una **ruta** de la que se pasan los vértices que definen la ruta y el número de muestras que se quieren obtener que corresponde a puntos equidistantes a lo largo de la ruta. La respuesta del servicio es la elevación de las coordenadas pasadas en metros.

La información de Google Elevation se proporciona en **metros sobre el nivel del mar**. Para comprobarlo podemos seleccionar un punto de altura bien conocida (un vértice geodésico por ejemplo) e invocar el servicio de Google a través de una URL.

<http://maps.google.com/maps/api/elevation/json?locations=<latitud>,<longitud>&sensor=false>

Por ejemplo si seleccionamos un vértice geodésico de la provincia de Cuenca y consultamos su información ftp://ftp.geodesia.ign.es/Red_Geodesica/Hoja0587/058731.pdf vemos que sus coordenadas son longitud - 2° 03' 50,19864" y latitud 40° 11' 01,53045' respecto del sistema ETRS89 (como es similar a WGS84 no vamos a considerar traslados de coordenadas).

Invocando la URL anterior con las coordenadas en formato decimal tenemos

<http://maps.google.com/maps/api/elevation/json?locations=40.1837584583,-2.0639440556&sensor=false> obtenemos una elevación de 1355.17 m. que, si la comparamos con la información del vértice, es aproximadamente la altitud sobre el nivel del mar 1361,43 m. y no se parece a la altura sobre el geoide 1415,18 m.

6.5.3 Interfaz de usuario: jQuery Mobile

Es una librería para facilitar la creación de interfaces de usuario en dispositivos móviles, construida sobre jQuery y que permite trabajar con la mayoría de los navegadores de dispositivos móviles actuales.

Para asegurar la compatibilidad utiliza HTML estándar y va añadiendo estilos a través de CSS y técnicas de mejora de la interfaz para el usuario en función de las posibilidades del navegador.

7 Formatos y estándares

Este apartado pretende hacer una breve descripción de los formatos y estándares más representativos en el desarrollo del proyecto.

7.1.1 WFS (Web Feature Service)

WFS es un estándar del OGC que pretende definir una serie de operaciones de acceso a datos, tanto geospaciales como tradicionales, de manera granular (acceder a los datos necesarios y no realizar descargas masivas de datos para posteriormente localizarlos) independiente del fabricante (la interfaz es fija con independencia de cómo el fabricante implemente el servicio).

WFS está orientado a obtener datos en bruto, dejando a las aplicaciones que lo invoquen definir el uso de los mismos, pudiendo ser diferente del previsto por los creadores del modelo.

Las operaciones básicas que ofrece WFS son:

- **GetCapabilities**: permite obtener la lista de funcionalidades que ofrece el vendedor. El formato de salida es KVP (pares clave=valor) y opcionalmente XML.
- **DescribeFeatureType**: permite obtener el esquema de datos utilizado en el modelo e indica cómo WFS espera recibir los datos de entrada o cómo va a devolver los datos de salida.
- **GetFeature**: permite acceder a unos datos concretos del origen de datos que satisfacen la consulta indicada. El formato de salida es GML aunque se pueden admitir otros en función del vendedor.

Otras operaciones que incluye WFS que puede soportar opcionalmente el fabricante son:

- **LockFeature**: permite bloquear un dato que va a ser actualizado desde el cliente WFS.
- **GetFeatureWithLock**: combina las operaciones **GetFeature** y **LockFeature**.
- **Gestión de consultas almacenadas** en el servidor través de las operación **ListStoredQueries**, **DescribeStoredQueries**, **CreateStoredQuery** y **DropStoredQuery**.
- **Transaction**: permite al cliente crear, actualizar y eliminar datos del origen de datos a través de WFS. Los datos se intercambian en formato GML y el servidor devuelve una respuesta con el estado de la operación realizada.

7.1.2 WMS (Web Map Service)

WMS es un estándar del OGC que permite acceder a imágenes de mapas que genera un servidor de mapas accediendo a datos georreferenciados. Los formatos habituales de las imágenes son PNG, GIF o JPEG, aunque también pueden encontrarse gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o gráficos en formato WebCGM (Web Computer Graphics Metafile).

WMS es accesible vía HTTP a través de una URL que devolverá el mapa solicitado, permitiendo crear mapas compuestos combinando imágenes de diferentes peticiones (aprovechando las posibilidades de los formatos como PNG o GIF de tener fondos transparentes).

Las operaciones básicas que ofrece WMS son:

- **GetCapabilities**: permite obtener la lista de funcionalidades que ofrece el vendedor. El formato se indica a modo de MIME-TYPE y debe soportarse al menos el formato xml “text/xml” que es el formato por defecto.
- **GetMap**: obtiene un mapa del servidor de acuerdo a los parámetros indicados: estilos, layers que los forman, sistema de referencia, alto y ancho de la imagen (en pixels) y bbox

(esquinas del mapa en las coordenadas del sistema de referencia elegido).

- GetFeatureInfo: es opcional y permite obtener la información de un elemento representado en el mapa a través de las coordenadas en pixel sobre el mapa; puesto que es una operación sin estado deben incluirse en la invocación todos los parámetros utilizados para crear el mapa (sistema de referencia, bbox, etc.).

7.1.3 GML (Geography Markup Language)

GML es un estándar del OGC (aceptado por el ISO como **ISO 19136:2007**) cuyo objetivo es proporcionar una sintaxis independiente del proveedor para la descripción, almacenamiento y transferencia de datos geospaciales en formato XML, aumentando la capacidad de las organizaciones para compartir datos georreferenciados.

GML es genérico y permite incluir tanto datos tradicionales como espaciales (líneas, puntos, etc.), datos de coberturas (imágenes) y otros.

Las primitivas básicas de GML son:

- Features: datos generales de la aplicación, que pueden tener 0, 1, o varios datos espaciales asociados.
- Geometrías: representan los datos espaciales. Los elementos básicos son punto, línea y polígono, definidos a través de sus coordenadas y del sistema de referencia utilizado (ya que GML no especifica uno por defecto).

7.1.4 GPX (GPS eXchange Format)

GPX es un formato de representación de datos obtenidos de un GPS desarrollado por TopoGrafix, abierto (sin pago por licencia) y basado en XML que se ha convertido en un estándar de-facto para intercambio de datos GPS (ver Figura 13).

GPX se basa en la representación de *waypoints* (puntos de paso del usuario), *tracks* (colección de waypoints que representa la ruta seguida por el usuario) y *routes* (rutas sugeridas para futuras ocasiones).

Los datos GPX se presentan en formato latitud-longitud referidos al sistema WGS84. Los datos adicionales que incluye GPX son la fecha (en formato ISO 8601) convertida a UTC (Coordinated Universal Time) y la altura en metros.



Figura 13: Conceptos GPX y ejemplo de datos

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/GPX_eXchange_Format

8 Análisis del visor

En este apartado se recoge el análisis del sistema, que pretende recoger la definición del modelo de datos, la arquitectura del sistema y la descripción de las funcionalidades del mismo de modo que sirva para su posterior diseño.

8.1.1 Casos de uso

Los casos de uso del sistema definen las funcionalidades del mismo y los actores (elementos externos) implicados.

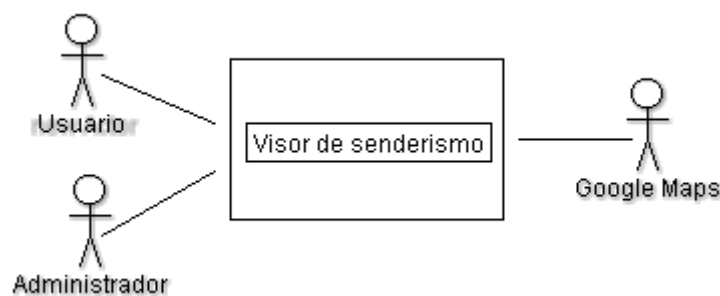


Figura 14: Diagrama de contexto del Visor

Actores:

- Usuario: accede al sistema y consulta los datos
- Administrador: alimenta el sistema con los datos
- Google Maps: proporciona información no presente en el sistema.

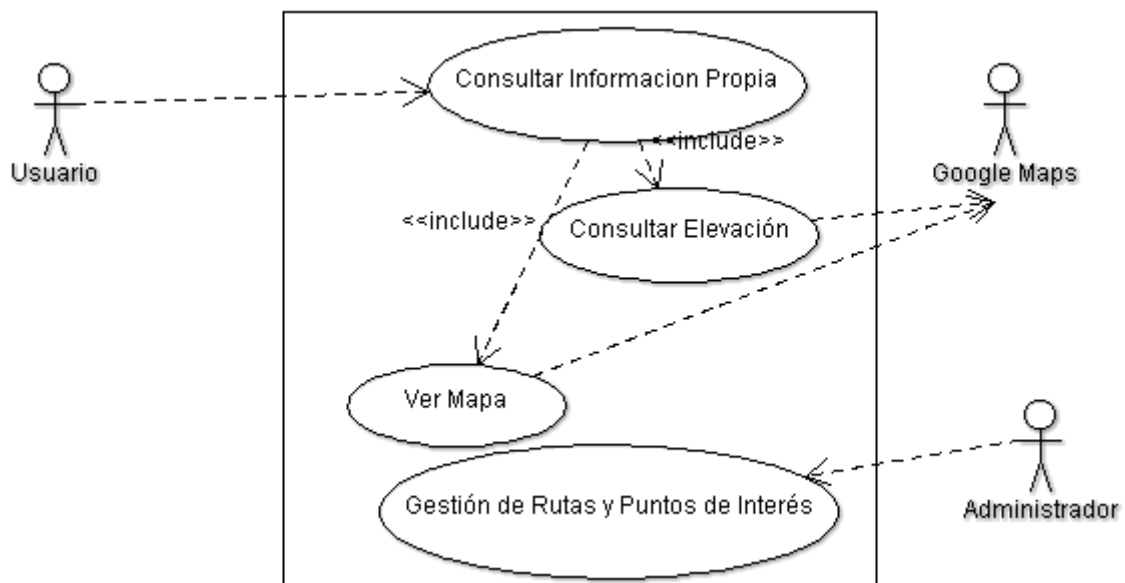


Figura 15: Diagrama de casos de uso del Visor

Casos de uso:– *Consultar información*

Código	CU01
Nombre	Consultar Información Propia
Descripción	El usuario accede al sistema y consulta información del mismo en forma de mapa con la información geográfica y textual solicitada.
Secuencia de acciones	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario accede al sistema - El sistema muestra la información de consulta posible {Flujo alternativo de error} - El usuario introduce los datos de consulta - El sistema recupera la información asociada: mapa de Google Maps {Ver caso de uso CU02.1} capa con la ruta seleccionada capa con los puntos de interés información textual (descripciones, etc.) {Flujo alternativo de error} - El usuario selecciona un punto para ver su elevación {Ver caso de uso CU02.2}
Flujos alternativos	{Flujo alternativo de error} El sistema muestra un mensaje de error

Tabla 5: Caso de uso Consultar Información Propia– *Ver Mapa*

Código	CU02.1
Nombre	Ver Mapa
Descripción	El sistema accede a Google Maps para descargar el mapa base (de acuerdo a los diferentes formatos que permite Google Maps: carreteras, satélite, etc.).
Secuencia de acciones	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema calcula los límites del mapa en base a las coordenadas de la ruta. - El sistema accede a Google Maps con los datos en las coordenadas del sistema origen transformados al sistema de referencia usado por Google Maps

Tabla 6: Caso de uso Ver Mapa– *Consultar Elevación*

Código	CU02.2
Nombre	Consultar Elevación
Descripción	El usuario selecciona un punto y el sistema le muestra la elevación del mismo o un par de puntos y obtiene el perfil topográfico entre ambos.

Secuencia de acciones	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario selecciona un punto del mapa - El sistema consulta a Google Maps para obtener la elevación del punto {Flujo alternativo de error} - El sistema muestra la información de elevación sobre el mapa - El sistema consulta a Google Maps para obtener la elevaciones entre dos puntos dados {Flujo alternativo de error} - El sistema muestra la información del perfil topográfico.
Flujos alternativos	<ul style="list-style-type: none"> {Flujo alternativo de error} <p>El sistema no muestra información de la elevación del punto seleccionado</p>

Tabla 7: Caso de uso Consultar Elevación

– *Alimentar el sistema*

Código	CU03
Nombre	Gestión de Rutas y Puntos de Interés
Descripción	El usuario administrador introduce la información de consulta en el sistema, que se graba en la BBDD.
Secuencia de acciones	Las acciones están determinadas por el uso del producto seleccionado para la introducción de los datos.

Tabla 8: Caso de uso Gestión de Rutas y Puntos de Interés

8.1.2 Modelo de datos

El modelo de datos representa la información almacenada en el sistema.

Se identifican 2 entidades principales: rutas y puntos de interés

- **Rutas:** es la entidad fundamental del sistema de cara a los usuarios. Los atributos que podemos identificar son:
 - Identificador: interno del sistema
 - Nombre: de la ruta
 - Descripción: para mostrar al usuario
 - Longitud: (dato derivado de la información geográfica).
 - Grado de desnivel: diferencia de alturas máxima entre dos puntos de la ruta.
 - Grado de dificultad (fácil, intermedio, experto)
 - Camino: información geográfica (polilínea)
- **Puntos de interés:** lugares de interés para el usuario. Los atributos que podemos identificar son:
 - Identificador: interno del sistema
 - Nombre: de la ruta
 - Descripción: para mostrar al usuario
 - Tipo: de punto de interés
 - Ubicación: información geográfica (punto)

Asociadas a estas, podemos establecer como entidades maestras:

- **Grado de dificultad** (fácil, medio, experto).
- **Tipo de punto de interés** (fuente, paisaje, ruinas, ermita/iglesia, etc.).

En un sistema tradicional la relación ruta-punto de interés sería una relación “fuerte”, entendida como tal una relación entre entidades de modo que para una ruta haya que especificar qué puntos de interés están relacionados con ella y viceversa (que en el diseño posterior se transformará en una tabla de relación). Puesto que vamos a trabajar sobre un soporte de datos espaciales (en nuestro caso BBDD relacional con soporte para datos y funciones propios de sistemas SIG) vamos a establecer una relación “débil” desde el punto de vista de los datos pero más útil desde un punto de vista geográfico.

Una alternativa puede ser definir una vista en el modelo de datos que relacione ambas tablas, por ejemplo en función de la distancia entre el punto de interés y la ruta, marcando una distancia máxima. Otra será mostrar los puntos de interés que “quepan” en el área de visualización de la ruta. Se opta por esta última porque aporta mayor información al usuario y es de más sencilla implementación.

Con cualquiera de estas dos alternativas modelaremos una aproximación próxima a la visión del usuario. También se facilita la labor del administrador que no tiene por qué mantener una relación adicional sino sólo las entidades principales.

Otras funcionalidades adicionales que puedan definirse (ver las rutas más próximas a una ruta dada, ver rutas que inician o finalizan en el mismo punto, etc.) se modelarán como vistas de consultas que incluyen relaciones espaciales soportadas por la BBDD.

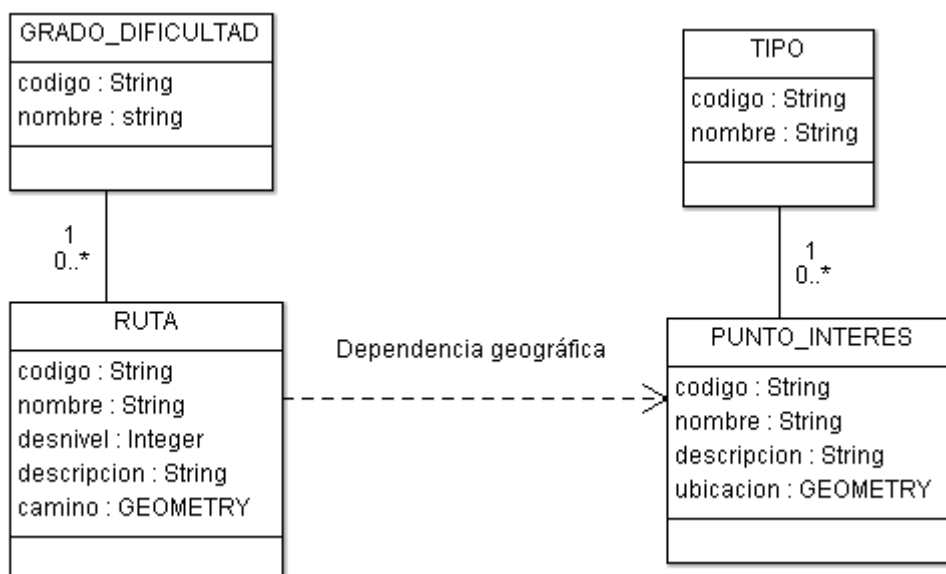


Figura 16: Diagrama de clases del Visor

8.1.3 Pantallas

En este apartado se indica una descripción básica de las pantallas del sistema, los flujos de navegación, perfiles de usuario y permisos de acceso (que no aplica a nuestro sistema ya que no se ha definido una restricción de acceso, por ejemplo los usuarios dados de alta el club, sino que es de acceso libre) y la información básica contenida en cada pantalla.

- Pantalla inicial: pantalla de bienvenida y descripción del sistema.
- Pantalla de consulta: pantalla con los datos de consulta (filtro por los campos textuales de

las rutas y por el nivel de dificultad).

- Pantalla de resultados: lista de rutas localizadas con el enlace de acceso para cada una de ellas a la siguiente pantalla.
- Pantalla de mapa: mapa resultado (mapa base, ruta y puntos de interés), descripción de la ruta y otros atributos de la misma. Seleccionado un punto se muestra la elevación del mismo; si además el punto coincide con un punto de interés, se muestra la información detallada del mismo. El usuario también puede seleccionar dos puntos y el sistema le muestra el perfil topográfico entre ambos.

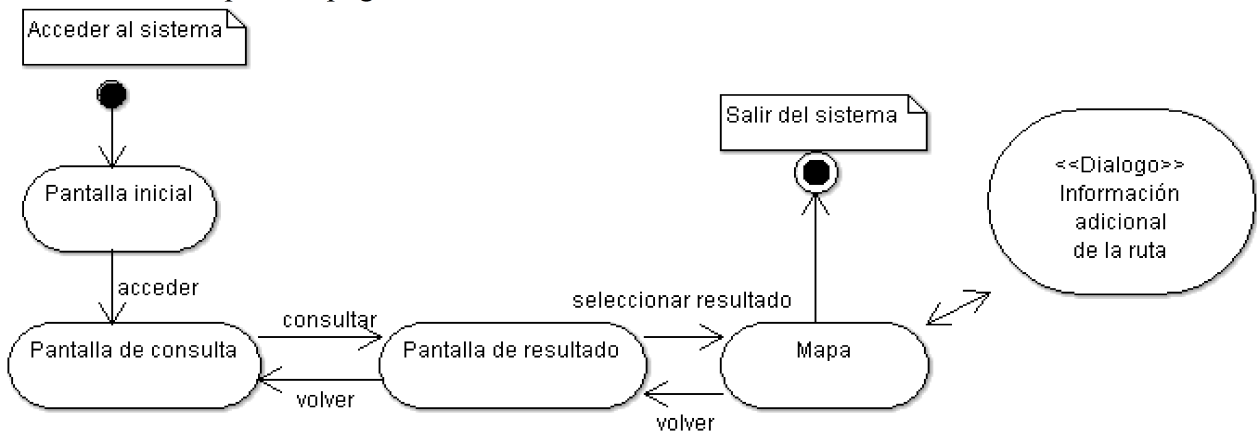


Figura 17: Flujo de pantallas del Visor

8.1.4 Arquitectura

El diagrama de despliegue muestra la arquitectura del sistema y los tipos de conexiones que se van a realizar.

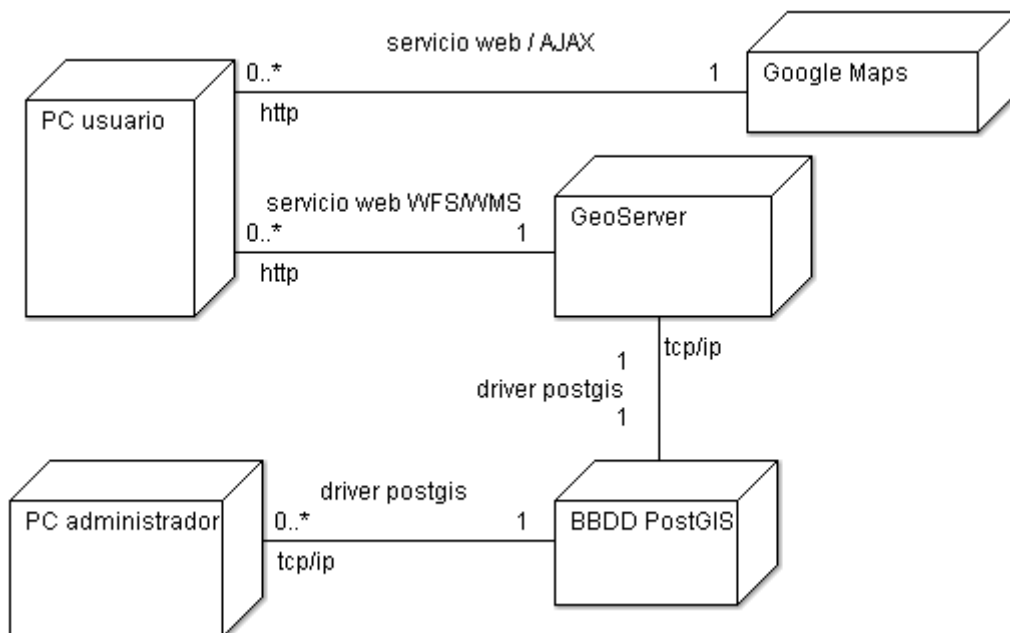


Figura 18: Diagrama de despliegue del Visor

8.1.5 Fuentes de información

Podemos identificar dos tipos de fuentes de información:

- **Información externa:** obtenida de instituciones, páginas de usuarios, proyectos de compartición de información de rutas de senderismo, dispositivos propios del usuario como receptores GPS, etc. A su vez estas fuentes las podemos dividir según la información que proporcionan:
 - Información básica (descripción, ubicación, etc.) no resulta útil para el proyecto ya que no proporcionan información geográfica.
 - Mapas: es útil pero exige un trabajo del administrador de trasladar el mapa a información geográfica útil, por lo que entraría en el apartado de fuentes internas.
 - Información geográfica digital: según el formato puede ser kml, gml, gpx, etc.
 - Acceso a servidores WFS: acceso a un servidor WFS público del que se pueda descargar información de rutas.
- **Información interna:** información creada por el administrador utilizando la herramienta de alimentación del sistema seleccionada. Supone localizar los puntos de la ruta sobre una imagen estática (mapa digitalizado) o proporcionada por un servidor de mapas WMS.

Como ejemplo de fuentes institucionales que proporcionan información en formato geográfico (kml) podemos citar <http://www.senderosdecuenca.org>

Como ejemplo de proyectos de compartición de información, un referente básico es wikiloc <http://es.wikiloc.com/wikiloc/home.do> que permite descargar la información geográfica (gpx) una vez registrado.

Como ejemplo de servidor WFS público podemos citar el servidor de la consejería de medio ambiente de la Junta de Andalucía que contiene información de senderos, cuya URL de acceso es http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_WFS_Patrimonio_Natural. Con consultando WFS con GetCapabilities podemos ver que la capa de senderos (en el momento de redactar esta memoria la consulta con parámetros request=GetFeature, typeName=senderos y outputFormat=GML2 da un error de Oracle).

8.1.6 Plan de pruebas

En este apartado se establecen las directrices generales del plan de pruebas; es decir, los casos de prueba que deben incluirse y que se deducen del análisis (sin perjuicio de que el diseño/implementación del mismo pueda aconsejar otras pruebas adicionales).

- Visión del mapa: el usuario selecciona unos datos de consulta y el sistema muestra la información asociada fundamental: mapa básico en las coordenadas establecidas y ruta sobre el mismo. Con este caso se prueba el funcionamiento general del sistema (acceso a Google Maps. que los resultados mostrados coinciden con los criterios de búsqueda y que el sistema muestra los puntos de interés asociados a la ruta).
- Consulta de elevación: el usuario selecciona un punto del mapa y se muestra la elevación del mismo. Con este caso se prueba la integración con el servicio Elevation de Google Maps para puntos.
- Perfil Topográfico: el usuario selecciona dos puntos del mapa y se muestra el perfil topográfico entre ambos. Con este caso se prueba la integración con el servicio Elevation de Google Maps para rutas y el uso de Google Chart.

9 Diseño del visor

El diseño del sistema describe el modelo de datos desde el punto de vista del almacén de datos a utilizar, y las funcionalidades del mismo con el suficiente nivel de detalle como para realizar su implementación posterior.

9.1.1 Decisiones de diseño

La decisión de diseño fundamental es el **modelo de referencia geográfica** que vamos a utilizar. Partiendo de que la BBDD que vamos a utilizar y sus características (soporta tanto coordenadas “sobre plano” *geometry*, donde la distancia mínima entre dos puntos es una línea recta, como “sobre esfera” *geography*, donde la distancia mínima entre dos puntos es un arco) podemos ver que:

1. PostGIS trabaja más eficientemente con coordenadas sobre plano, posee más funciones de cálculo asociadas y estas consumen menos tiempo de proceso.
2. La documentación de PostGIS propone trabajar con coordenadas sobre plano si nos circunscribimos a zonas pequeñas (regionales, como en nuestro caso) y todas nuestras coordenadas utilizan el mismo sistema de referencia, y con coordenadas sobre esfera para trabajar en zonas amplias (continentales).

Por tanto vamos a trabajar con **coordenadas sobre plano** en PostGIS para simplificar el sistema, suponiendo como sistema de referencia para las coordenadas el **WGS84** con datos de longitud/latitud (SRID:4326).

La elección del sistema de referencia viene dado por ser uno de los más habituales y por ser el utilizado por el GPS (cuyos ficheros GPX van a ser una fuente de datos básica).

9.1.2 Modelo de tablas en PostGIS

El traslado a tablas del modelo de datos definido en el diseño, junto con las decisiones de diseño establecidas, nos da el siguiente modelo de tablas en PostGIS.

```
CREATE TABLE TGRADO_DIFICULTAD (
  codigo CHAR(1) PRIMARY KEY,
  nombre VARCHAR(50) NOT NULL);
CREATE TABLE TTIPO (
  codigo CHAR(2) PRIMARY KEY,
  nombre VARCHAR(50) NOT NULL);
CREATE TABLE TRUTA (
  codigo SERIAL PRIMARY KEY,
  nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
  descripcion TEXT,
  desnivel SMALLINT,
  dificultad CHAR(1) REFERENCES TGRADO_DIFICULTAD(codigo));
SELECT AddGeometryColumn( 'truta', 'camino', 4326, 'LINESTRING', 2);
CREATE TABLE TPUNTO_INTERES (
  codigo SERIAL PRIMARY KEY,
  nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
  descripcion TEXT,
  tipo CHAR(2) REFERENCES TTIPO(codigo));
```

```
SELECT AddGeometryColumn( 'tpunto_interes', 'ubicacion', 4326, 'POINT', 2);
```

A estas habrá que añadir las vistas: en el caso de las rutas la vista debe incluir la descripción del nivel de dificultad y la distancia obtenida a través de las funciones de la BBDD; en el caso de los puntos de interés, debe incluir la descripción del tipo de punto de interés. En ambos casos exigimos que los datos geográficos sean válidos a través de la función *ST_IsValid*.

Si utilizamos el sistema de referencia que hemos definido en el modelo, la distancia será devuelta en **grados**, que es la unidad de referencia de la proyección WGS84; por tanto en la vista haremos una transformación previa a un sistema de referencia cuya unidad sea metros, por ejemplo ED50 (SRID:23030) y dividiremos por 1000 para obtener la longitud en Km.

```
CREATE VIEW VRUTA AS
  SELECT R.codigo, R.nombre, R.descripcion,
         ST_Length(ST_Transform(R.camino,23030))/1000 as longitud,
         R.desnivel, R.dificultad, R.camino, G.nombre as grado_dificultad
  FROM TRUTA R, TGRADO_DIFICULTAD G
  WHERE R.dificultad=G.codigo and ST_IsValid(R.camino);
CREATE VIEW VPUNTO_INTERES AS
  SELECT P.codigo, P.nombre, P.descripcion, P.tipo, P.ubicacion, T.nombre as tipo_pi
  FROM TTIPO T, TPUNTO_INTERES P
  WHERE P.tipo=T.codigo and ST_IsValid(P.ubicacion);
```

9.1.3 [Consulta de datos a través de GeoServer](#)

Las consultas las realizamos a través del servidor GeoServer. Utilizamos WMS para obtener los datos en forma de mapa y consultar datos de las entidades representadas en el mapa y WFS para obtener datos textuales.

Acceso a través de WFS

Los datos para realizar una consulta a través de WFS son:

- URL: *http://<servidor>/geoserver/<proyecto>/wfs*
- Parámetros:
 - REQUEST (tipo de petición): GetFeature
 - SERVICE (servicio): WFS
 - VERSION (versión del servicio): 1.1.0
 - outputFormat (formato de salida): GML2
 - propertyName (propiedades que vamos a recuperar separadas por ,)
 - typeName (capa de la que vamos a obtener los datos en formato proyecto:capa)
 - featureId (ID de los datos que queremos recuperar que es capa:<ID de BBDD>)
 - filter (filtro de datos utilizando la sintaxis FES Filter Encoding Specification)
 - cql_filter (filtro de datos utilizando CQL Common Query Language)

El formato de salida puede ser CSV, GML2 y GML3 (que son archivos xml) y otros; optamos por **GML2** puesto que OpenLayers incluye soporte para leer información en este formato.

Las propiedades dependerán de la capa a la que vamos a consultar, pero evitaremos incluir los datos geográficos si no información útil en ese punto (suponen mayor cantidad de texto); una excepción es la consulta inicial donde obtenemos los geográficos de la ruta para establecer los límites (BBOX) del mapa a mostrar asociado a la ruta.

La opción de filtro **CQL** es muy potente y a la vez muy sencilla de utilizar porque no requiere construir un XML (frente al filtro FES que si lo exige) y porque permite una sintaxis muy similar a la usada en lenguajes de programación o bases de datos, por lo que es la opción que vamos a utilizar. Ejemplos de filtros CQL pueden ser "descripcion LIKE '%xxx'", "desnivel < xx" y "grado_dificultad IN ('X','Y') and desnivel < xx".

El acceso al servidor lo hacemos utilizando la funcionalidad *OpenLayers.loadURL* que nos proporciona la librería OpenLayers.

Acceso a través de WMS

Los datos para realizar una consulta a través de WMS para mapas son:

- URL: *http://<servidor>/geoserver/<proyecto>/wms*
- Parámetros:
 - REQUEST (tipo de petición): GetMap
 - SERVICE (servicio): WMS
 - VERSION (versión del servicio): 1.1.1
 - TRANSPARENT: true
 - FORMAT: image/png
 - BBOX (límites del mapa)
 - SRS (sistema de coordenadas del mapa base)
 - layers (capas que se van a consultar para el mapa en formato proyecto:capa)
 - featureId (ID de los datos que queremos recuperar que es capa:<ID de BBDD>)
 - STYLES (estilo definido que se va a utilizar para la visualización)

El acceso al servidor lo hacemos utilizando la funcionalidad *OpenLayers.Layer.WMS* que nos proporciona la librería OpenLayers. Algunos de estos parámetros los proporciona por defecto esta funcionalidad de capa WMS de OpenLayers y no es necesario explicitarlos; por ejemplo, se asignará a cada capa un estilo por defecto de modo que este parámetro no será necesario.

Los datos para realizar una consulta a través de WMS para datos de los mapas son:

- URL: *http://<servidor>/geoserver/<proyecto>/wms*
- Parámetros:
 - REQUEST (tipo de petición): GetFeatureInfo
 - SERVICE (servicio): WMS
 - VERSION (versión del servicio): 1.1.1
 - FORMAT: image/png
 - INFO_FORMAT: text/plain
 - BBOX (límites del mapa base)
 - SRS (sistema de coordenadas del mapa base)
 - layers (capas que forman el mapa en formato proyecto:capa)
 - query_layers (capas sobre las que se consulta en formato proyecto:capa)
 - HEIGHT, WIDTH (tamaño de la imagen en el mapa)
 - X,Y (coordenadas de búsqueda de información en el mapa)

Los formatos soportados son pocos (html, texto plano,...) y se selecciona texto plano por simplicidad de lectura de los datos y la posibilidad de adaptarlos a la presentación de la aplicación.

Las coordenadas X,Y en el mapa se obtienen del evento de pulsar sobre el mapa. Las capas de consulta es sólo la capa de puntos de interés puesto que la restante información ya se ha obtenido previamente.

El acceso al servidor lo hacemos utilizando la funcionalidad *OpenLayers.loadURL* que nos proporciona la librería OpenLayers.

9.1.4 Maqueta del visor

La maqueta pretende mostrar las pantallas del sistema con la información a mostrar y el estilo definido, así como las acciones del usuario. También pretende ser un ejemplo de la integración de las diferentes herramientas utilizadas en la parte de presentación (jQuery Mobile, OpenLayers y Google Maps).

No obstante el detalle de la presentación final (colores, iconos, etc.) puede variar respecto de la maqueta inicial.

Pantalla inicial

Como puede verse en la imagen (ver Figura 19) la pantalla inicial es una pantalla de presentación del proyecto.

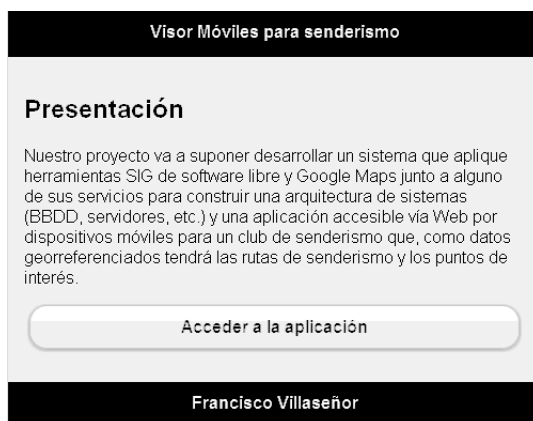


Figura 19: Maqueta pantalla inicial.

Buscador

Como puede verse en la imagen (ver Figura 20) la pantalla del buscador permite buscar por texto libre y/o por nivel de dificultad.

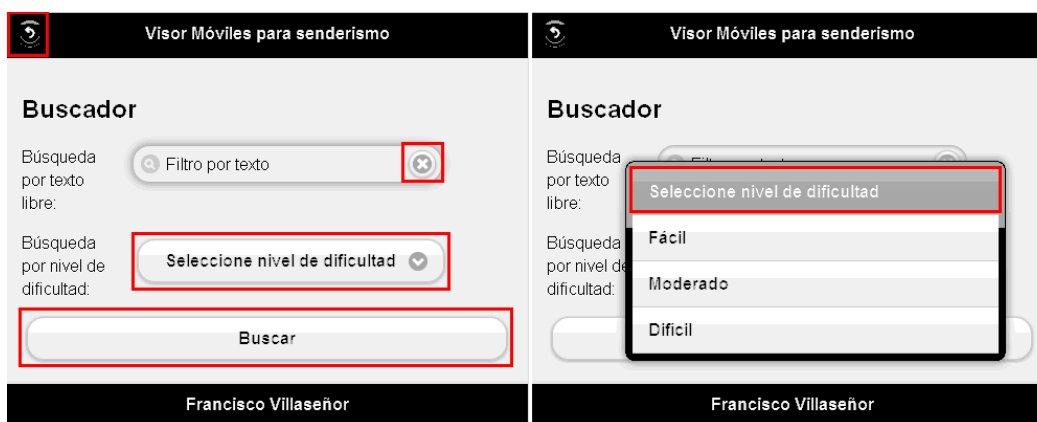


Figura 20: Maqueta pantalla del buscador

Resultados

Como puede verse en la imagen (ver Figura 21) la pantalla de resultados muestra las rutas

que coinciden con los parámetros seleccionados con un icono que indica la dificultad.

Cada elemento de la lista es un enlace a la siguiente pantalla.

Mapa

Como puede verse en la imagen (ver Figura 21) la pantalla muestra el mapa con los iconos de los puntos de interés y la ruta seleccionada, con un botón en la esquina superior derecha para ver la información detallada de la ruta y cambiar la funcionalidad.



Figura 21: Maqueta resultados y visualización del mapa

En el modo de funcionamiento por defecto el pulsar sobre el mapa permite ver la altura del punto seleccionado y, si es un punto de interés, su información detallada (ver Figura 22). La información se muestra en un pop-up sobre el mapa (funcionalidad provista por *OpenLayers.Popup*).

La pantalla de información que se muestra con el botón de la esquina superior derecha permite ver la información detallada de la ruta seleccionada y cambiar el modo de operación del mapa; si se selecciona Altura funciona el modo por defecto y si se selecciona Perfil topográfico permite al usuario ver perfiles que el mismo selecciona.

Una vez cambiado el modo de operación el mapa permite seleccionar al usuario dos puntos y automáticamente muestra el perfil topográfico de la ruta entre ambos puntos (ver Figura 22). La imagen el gráfico la genera Google Chart y se muestra en un pop-up sobre el mapa (funcionalidad provista por *OpenLayers.Popup*).



Figura 22: Maqueta alturas y perfil topográfico

9.1.5 Integración con Google Maps

El mapa base de la visualización se va a obtener a partir de Google Maps aunque se visualice mediante OpenLayers.

El sistema de referencia de Google Maps es **EPSG:900913**; puesto que la información en la BBDD está definida en WGS84 (latitud/longitud) debemos fijar la proyección del mapa general al de Google y transformar previamente los resultados de la consulta a la BBDD mediante la funcionalidad *SphericalMercator* que proporciona OpenLayers.

Para cargar la capa del mapa base de Google se utiliza la funcionalidad *OpenLayers.Layer.Google* que proporciona OpenLayers.

Para la integración con **Elevation Service** para obtener la altura de un punto debemos conocer las coordenadas de latitud/longitud del punto en cuestión desde el mapa (la posición donde pulse el usuario). Para ello utilizamos la función *getMapObjectLonLatFromMapObjectPixel* de la capa base de OpenLayers (que representa el mapa base de Google).

Para la generación del perfil topográfico de la línea seleccionada por el usuario, se invoca al servicio para rutas, con las coordenadas de latitud/longitud de los puntos seleccionados por el usuario, igualmente con la conversión de coordenadas dada por *getMapObjectLonLatFromMapObjectPixel*.

Para dibujar el perfil topográfico haremos uso de la herramienta **Google Chart** que permite dibujar gráficos online. En nuestro caso lo invocaremos como una URL que sea el atributo origen (src) de una imagen, pasando como datos las elevaciones obtenidas de la invocación a Elevation para la ruta y el número de puntos de muestra dados (100 para evitar que la URL sea demasiado larga y Google rechace procesarla).

10 Implementación del visor

En este apartado se detallan los aspectos fundamentales de la implementación del proyecto, la configuración del servidor y la alimentación del sistema.

10.1.1 Creación del modelo de datos

La instalación de la BBDD PostgreSQL y su extensión PostGIS queda fuera de la cobertura de esta memoria y se detalla en el manual del producto.

Una vez instalado y creada la base de datos (la instalación de PostGIS en Windows crea una base de datos por defecto) basta con ejecutar los archivos *tfc-sig-uoc-fvillasenor-modelo_datos.sql* y *tfc-sig-uoc-fvillasenor-datos_maestros.sql* que contienen el modelo de datos y los datos maestros respectivamente.

10.1.2 Configuración de GeoServer

La instalación de GeoServer queda fuera de la cobertura de esta memoria y se detalla en el manual del producto.

Una vez instalado se accede a la página de administración con el usuario/contraseña definido y se procede a crear un espacio de trabajo en el menú *Espacios de trabajo* (ver Figura 23).

La creación de estos elementos no se explica de manera detallada en esta memoria puesto que se encuentra en el manual de usuario de GeoServer, pero si se indican los parámetros básicos escogidos.

Espacio de nombres: *tfc-sig-uoc-fvillasenor*

URI: www.uoc.es/tfc/sig/2011-12/fvillasenor

Nombre del origen de datos: *tfc-sig-uoc-fvillasenor-postgis*



Figura 23: Creación de un espacio de trabajo en GeoServer

Después se asocia a este espacio de trabajo un origen de datos PostGIS no JNDI en el menú *Almacenes de datos*. El resto de datos (host, puerto, usuario, etc.) dependen de la instalación de la BBDD realizada.

Publicación de las capas

Las capas permiten el acceso a los datos incluidos en el almacén. Todas las tablas y vistas del almacén se muestran como posibles capas accediendo al menú **Capas** (ver Figura 24).

A nosotros nos interesan las vistas definidas para las consultas.

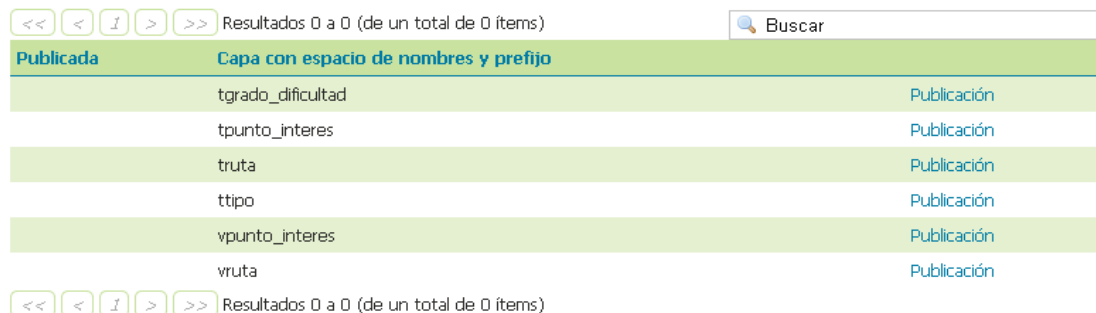


Figura 24: posibles capas del origen de datos

Seleccionamos la capa *vruta* y pulsamos publicación. Vemos que el sistema de referencia SRS se detecta automáticamente del propio almacén (EPSG:4326, WGS84) Para finalizar el proceso basta con añadir el encuadre (no se puede dejar vacío) permitiendo que GeoServer lo calcule a partir de los datos (ver Figura 25). El resto de datos se pueden dejar por defecto, aunque se puede completar la descripción. El procedimiento es el mismo con *vpunto interes*.

Encuadres

Encuadre nativo

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
-2,135	40,061	-2,126	40,078

Calcular desde los datos

Encuadre Lat/Lon

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
-2,135	40,061	-2,126	40,078

Calcular desde el encuadre nativo

Figura 25: Encuadre en la definición de una capa

Para que el servidor acceda a una vista correctamente debe incluirse una sentencia de inserción en la tabla *geometry_columns* indicando la vista y la columna con datos espaciales; estas sentencias se incluyen en el fichero del modelo de datos *tfc-sig-uoc-fvillasenor-modelo_datos.sql*.

Aunque no es el caso de este proyecto, se podría definir una capa de una tabla sin datos espaciales para acceder a través de WFS (datos de tablas maestras para el buscador, por ejemplo). El procedimiento es el mismo pero hay que seleccionar un SRS para que se permita publicar la capa.

ATENCIÓN: al trabajar con vistas la búsqueda por *featureId* no funciona correctamente por lo que se busca directamente por código de la tabla en la BBDD.

Definir estilos de presentación

Los estilos se definen en formato SLD y son incluidos en GeoServer a través del menú **Estilos**. El manual de GeoServer incluye un apartado (se puede encontrar por separado como SLD Cookbook) con ejemplos de estilos.

Basados en estos se definen 2 estilos:

- Ruta: estilo simple de una línea de color amarillo *tfc-sig-uoc-fvillasenor-estilo_vruta.sld*.
- Punto de interés: estilo basado en iconos con un icono por defecto *tfc-sig-uoc-fvillasenor-estilo_vpuntointeres.sld*.

Por último se asocia cada estilo a la capa ya creada en el menú **Capas**, seleccionando la capa en cuestión y dentro en la pestaña **Publicación** se establece el estilo creado como estilo por defecto (ver Figura 26), lo que permitirá no tener que incluirlo en los accesos por WMS.

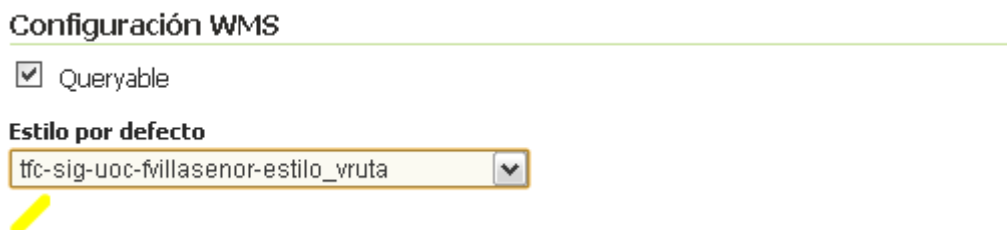


Figura 26: Asociar estilo por defecto a una capa

IMPORTANTE: al crear el estilo basados en iconos, las imágenes no se suben. Es necesario descomprimir el fichero con los iconos *tfc-sig-uoc-fvillasenor-iconosWMS.zip* en el directorio de datos de GeoServer (si no se cambia por defecto es <directororio de instalación>/data_dir) dentro de la carpeta styles

10.1.3 Entorno de desarrollo e implementación

El entorno de desarrollo ha sido un equipo con S.O. Windows XP, instalándose las versiones correspondientes de los productos: GeoServer 2.1.2, PostgreSQL 9.1.1 y PostGIS 1.5.3-2.

Para el desarrollo de la interfaz de usuario se ha utilizado jQuery Mobile 1.0 que se apoya en jQuery 1.6.4. Se ha seguido la recomendación de desarrollo de jQuery Mobile integrando todas las pantallas en un único html, definiendo secciones de tipo *data-role="page"* que representan las diferentes páginas. También se ha seguido la recomendación de utilizar el evento *pageinit* para registrar los eventos asociados a una página, recalando que este evento solo se dispara una vez (la primera carga de la página).

Para acciones que requieren más de una ejecución se captura el evento *pagebeforechange* que se dispara en las transiciones de páginas. Es necesario en primer lugar detectar si es la página que se quiere monitorizar antes de ejecutar cualquier código.

Para el acceso a los datos se ha utilizado OpenLayers 2.11 y las funcionalidades que esta proporciona. Recalcar la necesidad de transformaciones de coordenadas entre los datos definidos y el SRS de Google Maps para la correcta visualización de los mapas (por ejemplo al definir los límites del mapa) utilizando *OpenLayers.Layer.SphericalMercator.forwardMercator*.

Para mostrar la información de altura y puntos de interés se registra sobre el mapa el evento que responde a la acción del usuario y que permite ejecutar la invocación a GeoServer y a Google Elevation. Para la invocación a *Elevation* debemos obtener las coordenadas del punto seleccionado por el usuario, que nos lo proporciona OpenLayers a través de la función *map.layers[0].getMapObjectLonLatFromMapObjectPixel*.

ATENCIÓN: puede haber problemas en pruebas en local al acceder a los datos del servidor

de mapas porque el navegador no permite cruces de dominios. Para pruebas en local se puede utilizar *IExplorer* (permitiendo que ejecute *ActiveX* cuando lo solicite) o *Chrome* (deshabilitando la seguridad con la opción *-disable-web-security* en el icono de inicio).

10.1.4 Integración de fuentes de información

Para alimentar el sistema se plantean varios escenarios en función del origen de la información. La herramienta básica será el software gvSIG Desktop aunque se complementará con otras aplicaciones o páginas web de acceso libre en algunos casos.

Crear el proyecto base en gvSIG

La creación del proyecto en gvSIG se realiza con la opción de *Archivo/Nuevo Proyecto*. Para guardarlo la opción es *Archivo/Guardar Proyecto*.

Una vez hecho esto creamos un tipo de documento “Vista” sobre el que vamos a trabajar. Además es conveniente crear 2 documentos de tipo tabla, para acceder a los datos de las tablas maestras.

La “Vista” la vamos a cargar con una capa base mediante el menú *Vista/Añadir Capa*; el primer paso es seleccionar el sistema de referencia (seleccionando la vista creada y pulsando el botón *Propiedades*), que haremos coincidir con el de la base de datos (EPSG:4326). gvSIG ofrece diferentes opciones para obtener los datos de la capa en las pestañas de la pantalla (archivos gml, kml, shapefiles, servicios de mapas WMS, servicios de datos WFS, bases de datos, etc.). Como lo que interesa de la capa base es un mapa de referencia de fondo durante el trabajo, lo habitual será optar por imágenes raster o fuentes WMS.

En nuestro caso optamos por una fuente WMS y debemos seleccionar el origen; la instalación de gvSIG propone como servidor WMS el servicio de mapas del IDEE Infraestructura de Datos Espaciales de España) que ofrece entre otros el servicio IDEE_Base que permite ver la cartografía del IGN (Instituto Geográfico Nacional). Otra opción es el proyecto PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del IGN, <http://www.ign.es/PNOA/index.html>) que ofrece mapas basados en ortofotos a través de 2 servicios, uno de máxima resolución (PNOA-MR) y otro de máxima actualidad (PNOA). Aún otra alternativa es utilizar servidores WMS que recuperen los datos de Open Street Maps (OSM), como el proporcionado por WhereGroup http://osm.wherogroup.com/cgi-bin/osm_basic.xml o por el Departamento de Geografía de la Universidad de Heidelberg <http://129.206.229.158/cached/osm> (éste no ha funcionado adecuadamente al integrarlo en las capas de gvSIG) o LatLon <http://wms.latlon.org>. En función de nuestras necesidades o gustos podemos trabajar con varias de estas capas simultáneamente (ver Figura 27).

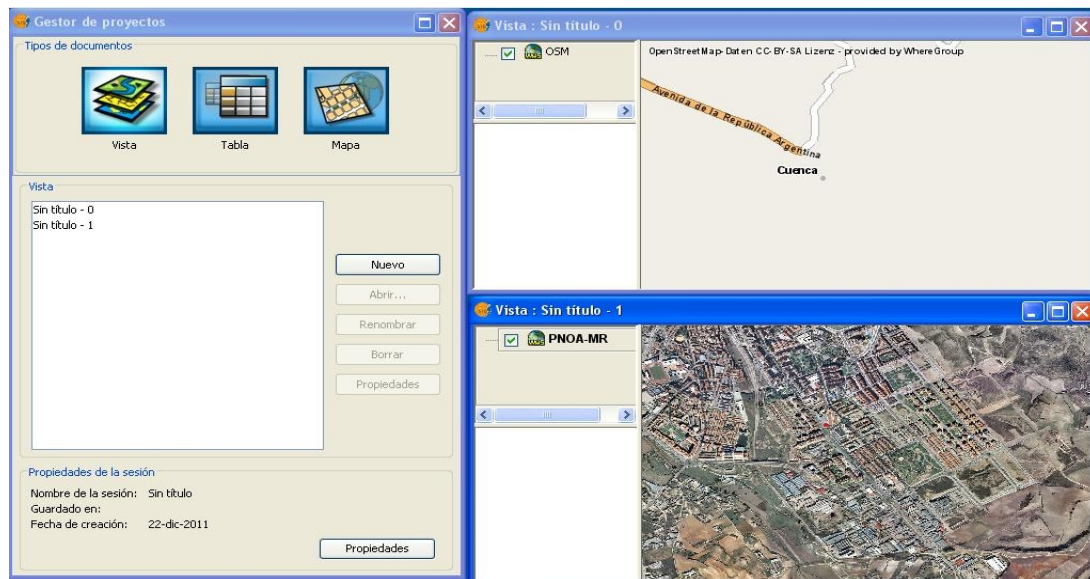






Figura 27: Posibles capas WMS en vistas de gvSIG

Para crear la capa base seleccionamos la opción Vista/Añadir Capa, seleccionamos la pestaña del tipo WMS y rellenamos los parámetros del servicio de PNOA que hemos seleccionado. El asistente va pasando por diferentes pestañas (información, capas (PNOA), estilos y formatos), en la última es importante seleccionar el sistema de referencia con el que estamos trabajando.

Podemos posicionarnos en un punto del mapa con el botón  o podemos acercar/alejar con las opciones de zoom , desplazarnos con el botón  o guardar opciones de zoom previas con .

Las tablas las creamos seleccionando el tipo de documento Tabla, como tipo la pestaña *Base de datos* e incluimos los datos del servidor PostgreSQL-PostGIS, las tablas **ttipo** y **tgrado_dificultad** y el tipo de driver *postgresql*. De esta manera el administrador puede visualizar y mantener estos datos mediante las opciones del menú *Tabla*.

Crear rutas y puntos de interés

De esta manera el administrador crea las rutas y los puntos de interés directamente en el sistema a través de gvSIG.

Sobre el proyecto base con la vista ya creada añadimos dos nuevas capas de tipo PostGIS mediante la pestaña *GeoDB* de la opción de menú *Vista/Añadir Capa* (la primera vez debemos crear la conexión a la BBDD) y para cada vista seleccionamos la tabla correspondiente *truta* y *tpunto_interes*.

Si seleccionamos en la parte derecha la capa y pulsamos el botón derecho y seleccionamos *Zoom a la capa* veremos los datos que ya existen en ese momento.

Un aspecto importante detectado durante la realización del TFC ha sido que gvSIG parece que no trabaja bien con tablas de PostGIS a la hora de grabar los datos o de exportar capas a PostGIS (ver Anexo 1). Por tanto la operativa va a suponer (este procedimiento es complejo y hay que tener cuidado con los datos ya que al guardarlos es probable tener un *MULTILINESTRING* y nuestra tabla trabaja con *LINestring*):

- Crear una capa SHP (Shapefile) desde gvSIG con los mismos campos que la tabla





correspondiente de BBDD y el mismo tipo de geometría (polilíneas para *truta* o puntos para *tpunto_interes*).

- Realizar la tarea de edición sobre la capa SHP.
- Importar la capa a PostGIS usando la herramienta **shp2pgsql** que incorpora PostGIS.
- Trasladar los datos a la tabla de trabajo (*truta* o *tpunto_interes*) mediante sentencias SQL del tipo

```
insert into truta (nombre,descripcion,desnivel,dificultad,camino)
select nombre,ejemplo.desc,desnivel,dificultad,
(ST_Dump(ST_LineMerge(camino))).geom from ejemplo
```

Se indica como operar con otro SIG de escritorio, QSIG (ver Anexo 2.)

Para editar la capa seleccionamos sobre la el nombre de la capa con el botón derecho del ratón la opción *Comenzar Edición*.

En la capa de rutas usaremos el icono de polilíneas  para dibujar una nueva ruta (ver Figura 28); en la capa de puntos de interés usaremos un punto . Si al dibujar una ruta tenemos que desplazarnos en la pantalla podemos dibujar la ruta por tramos (comenzando un tramo donde termina el anterior) y posteriormente utilizar el botón unir  para crear una sola geometría, mediante el botón de seleccionar  y manteniendo pulsada la tecla **CTRL** para seleccionar múltiples líneas.

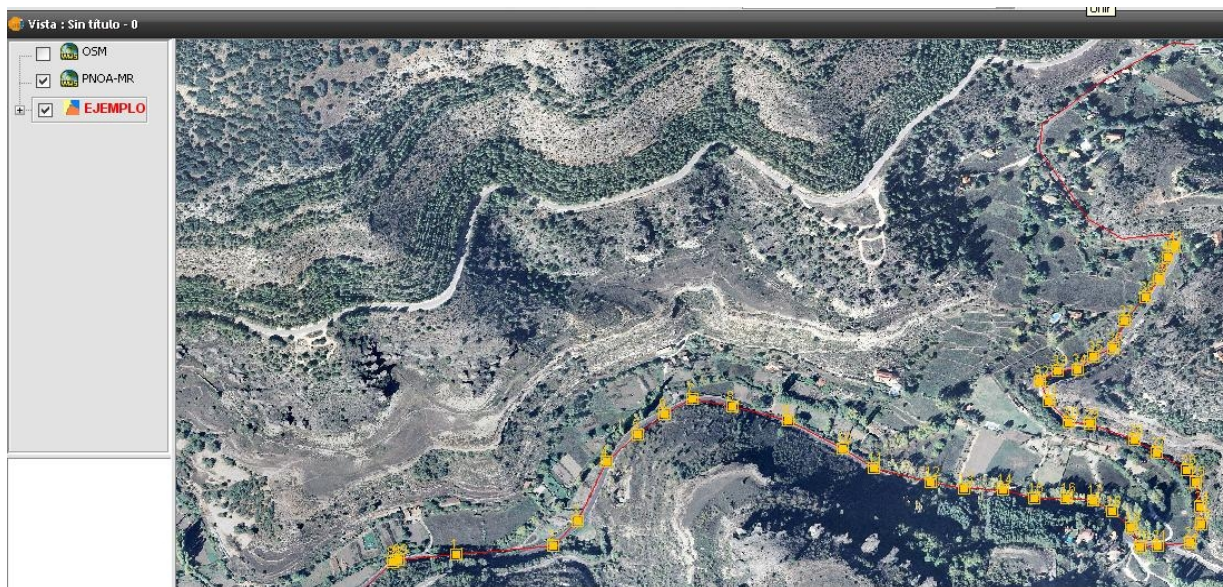



Figura 28: Crear una ruta con gvSIG

Una vez creado el dato gráficamente seleccionamos la opción de menú *Capa/Ver Tabla de atributos* o el botón Como podemos  ver, se muestra a modo de tabla los datos completos. Seleccionando una fila vemos que se resalta sobre gvSIG y sabemos a qué elemento gráfico estamos asignando y/o modificando los datos.



Hay que tener cuidado con los datos de *grado_dificultad* de la tabla de rutas o *tipo* de la de puntos de interés, que son referencias a otras tablas (las tablas maestras) y que que incluir un dato presente en estas; podemos ver los datos en los documentos de tabla de datos que hemos incluido en el proyecto.

El paso final es seleccionar sobre la el nombre de la capa con el botón derecho del ratón la

opción *Terminar Edición*, que salva los datos.

Cargar datos de un fichero GPX

gvSIG Desktop 1.11 no incluye de manera nativa la opción de trabajo sobre GPX. Para poder usarlos debemos utilizar una herramienta intermedia y salvar a un formato reconocido (como Shapefiles). Podemos usar otras herramientas como gvSIG Mobile o gpx2shp para ello; puesto que gvSIG Mobile tiene una interfaz gráfica de fácil uso, optamos por esta herramienta.

Para realizar la transformación basta con seleccionar el icono de añadir una capa vectorial  que nos pedirá el fichero gpx y posteriormente el icono de exportar  que nos pedirá el formato y el fichero que se va a crear.

Una vez en un formato de trabajo reconocido procedemos a crear la capa correspondiente. Esta capa sólo tiene información geográfica y nosotros en nuestra tabla tenemos otra información obligatoria (nombre, dificultad, etc.) por lo que utilizamos la opción del menú *Capa/Copiar Features* para copiar las rutas de la capa nueva y, en la capa SHP que nos hemos creado con los mismos atributos de la BBDD, utilizamos la opción *Capa/Pegar Features*. En esta capa ya podemos editar los campos textuales (ver apartado anterior).

Por último pasamos a importarla en PostGIS mediante la herramienta **shp2pgsql** y trasladamos los datos a la tabla de trabajo (truta) mediante sentencias SQL del tipo definido anteriormente.

Cargar datos de un fichero KLM o GML

Lo operativa es la misma que con un fichero GPX, con la salvedad de que este formato si está reconocido de manera nativa por gvSIG, por lo que nos ahorramos la transformación inicial.

10.1.5 Instalación de la aplicación

La entrega de la aplicación se compone de una página web ***tfc-sig-uoc-fvillasenor.html*** y una serie de archivos javascript ***tfc-sig-uoc-fvillasenor.js*** (que contiene las funcionalidades fundamentales), ***tfc-sig-uoc-fvillasenor-util.js*** (funciones de utilidad general) y ***tfc-sig-uoc-fvillasenor-ctes.js*** (contantes y urls). Además se incluyen los componentes de OpenLayers y jQuery Mobile que se han utilizado en el desarrollo.

Para instalar la aplicación basta con desplegarla en el servidor web correspondiente y modificar en el javascript de constantes la url del servidor GeoServer (valor URL_GEOSERVER) si se han mantenido los nombres definidos en esta memoria o que se han asignado por defecto.

11 Conclusiones

Este proyecto ha permitido ver las posibilidades de los sistemas SIG, en concreto en lo referente a proporcionar información georreferenciada al público en general.

Este tipo de información puede ser no sólo una cuestión de comodidad o facilidad de acceso (que es en gran medida el origen del supuesto que da lugar al TFC) sino puede ser información fundamental para una empresa o una administración, incluso ser esta información y su componente geográfica el objeto mismo del negocio.

La aparición de Google Maps, tanto por la calidad y la facilidad de las herramientas que proporciona como por el volumen ingente de información que pone al alcance de los usuarios de manera libre y gratuita, ha supuesto un importante impulso a este tipo de sistemas de acceso general. Tal ha sido el impacto que manejamos actualmente esta información georreferenciada de manera natural en muchos aspectos; es habitual que una página incluya junto a una dirección un mapa (que no es una imagen estática sino que la sirve algún servicio de mapas, habitualmente Google). La popularización del uso del GPS que nos permite conocer nuestra posición actual con mucha aproximación y es una nueva fuente de datos tanto para los sistemas SIG como para el propio usuario, que puede marcar su posición en un entorno de información georreferenciada.

El desarrollo de este proyecto también ha permitido ver las posibilidades del software libre a la hora de crear soluciones para este tipo de problemas, lo que permite abordar proyectos con un reducido coste inicial, de manera que este tipo de sistemas estén al alcance no solo de grandes empresas, sino de pequeñas empresas e incluso del usuario individual

Respecto a la posible evolución del sistema, además de la inclusión de nuevas funcionalidades, dos aspectos marcan la tendencia actual de los sistemas web y que por tanto deben ser la referencia a seguir: personalización e interactividad.

Respecto a nuevas funcionalidades, podemos incluir nuevos tipos de rutas (bicicleta, etc.), opciones más detalladas en el buscador, etc.

En lo que se refiere a personalización, podemos plantearnos que el usuario, mediante cookies, almacene datos que permitan almacenar datos que se muestren, como últimas rutas accedidas. También podríamos incluir en cada capa diferentes estilos y permitir al usuario seleccionar el que sea más de su agrado y que se conserve esa selección por defecto.

Para aumentar la interactividad, son múltiples las opciones posibles. Las más inmediatas son permitir a los usuarios que pongan comentarios sobre la ruta (por ejemplo vinculando cada ruta a una entrada de un blog público), permitir a los usuarios que suban sus propias rutas en formato GPX (apoyándonos en la funcionalidad que ofrece OpenLayers para leer ficheros GPX y en la transaccionalidad de la implementación de WFS que ofrece GeoServer).

En resumen, es la imaginación casi el único límite de las funcionalidades que se pueden ir añadiendo para aumentar la satisfacción del usuario y los servicios que se le ofrecen.

12 Glosario

API (Application Programming Interface): conjunto de puntos de entrada que sirven para acceder a unos servicios y/o funciones ya desarrollados.

BBDD: Base de datos, sistema que almacena la información de una organización. Aunque hay diferentes tipos, a lo largo del documento nos referiremos a bases de datos relacionales.

CAD (Computer-Aided Design): diseño asistido por computador, familia de herramientas de dibujo y modelado en 2D y 3D utilizadas principalmente en arquitectura e ingeniería.

ED50 (European Datum 1950): antiguo sistema de referencia geodésico empleado en Europa con origen en el final de la 2ª Guerra Mundial. Utiliza el elipsoide Internacional de 1924.

ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989): sistema de referencia geodésico ligado a la parte estable de la placa continental europea. Es consistente con los sistemas de navegación por satélite GPS y GALILEO. Utiliza el elipsoide SGR80.

Galileo: sistema global de navegación por satélite desarrollado por la Unión Europea, de uso civil, competencia de GPS y GLONASS.

GML (Geography Markup Language): lenguaje de marcado basado en XML para la representación e intercambio de datos geográficos, desarrollado por el OGC. No contiene información específica sobre cómo se debe hacer la visualización de los datos representados.

GNSS (Global Navigation Satellite System): Sistema Global de Navegación por Satélite, sistema que consta de una constelación de satélites que transmite señales utilizadas para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre.

GPL (General Public License): Licencia Pública General de GNU, licencia creada por la Free Software Foundation orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software.

GPS (Global Positioning System): sistema de posicionamiento global, es un GNSS que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto. El sistema fue desarrollado, instalado y actualmente está operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

JDBC (Java Database Connectivity): API para realizar operaciones (consultas, inserciones, etc.) sobre bases de datos desde el lenguaje de programación Java.

KML (Keyhole Markup Language): lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado para Keyhole LT, precursor de Google Earth. Actualmente es un estándar del OGC.

LiDAR (Light Detection and Ranging): detección y localización por luz, tecnología de uso similar al RADAR pero de mayor precisión que permite conocer la distancia a un objeto gracias a un haz de láser pulsado.

Mashup: aplicación híbrida que usa y combina datos, presentaciones y funcionalidad proporcionados por otras aplicaciones, gracias a un modelo de integración sencillo, para producir resultados no proporcionados por las aplicaciones originales.

MBR (Minimum Bounding Rectangle): rectángulo mínimo capaz de contener un conjunto de geometrías.

Meridiano de Greenwich: meridiano cero, meridiano base o primer meridiano. Es el meridiano a partir del cual se miden habitualmente las longitudes. Recibe su nombre por pasar por la localidad

inglesa de Greenwich, en España pasa por Denia (Alicante).

OGC (Open Geospatial Consortium): agrupación de organizaciones públicas y privadas, con origen en el OGF (Open GIS Foundation), cuyo fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG.

SIG (Sistema de Información Geográfica): también conocido por sus siglas en inglés GIS, es un sistema informático que permite trabajar con datos que contienen una referencia espacial.

SLD (Styled Layer Descriptor): esquema XML propuesto por OGC como lenguaje estándar para describir el conjunto de capas que dan apariencia a un mapa.

SRID (Spatial Reference System Identifier): valor único que identifica un sistema de coordenadas.

TIN (Triangulated Irregular Network): Red Irregular de Triángulos, representación de superficies continuas generada a partir de procesos de triangulación.

Transformación Bursa-Wolf: transformación de coordenadas geográficas de alta precisión que utiliza 7 parámetros para igualar los centros de los ejes de los elipsoides, rotarlos y aplicar un factor de escala.

Transformación Molodenski: transformación de coordenadas geográficas de baja precisión que utiliza como parámetros las diferencias entre los centros de los elipsoides.

WCS (Web Coverage Service): Servicio de Cobertura Web, estándar del OGC que proporciona una interfaz para realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la web.

WFS (Web Feature Service): estándar del OGC que proporciona una interfaz de comunicación para interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS.

WGS84 (World Geodetic System 84): Sistema Geodésico Mundial 1984, estándar en geodesia, cartografía, y navegación. Es en el que se basa el GPS. Utiliza el elipsoide del mismo nombre.

WMS (Web Map Service): estándar del OGC que permite generar mapas (archivos de imagen digital) de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica.

13 Bibliografía

[1] **Pérez Navarro, Antoni** (coordinador). Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática. [pdf] [1er semestre curso 2011-2012]

<Disponible en los recursos del aula de la UOC>

[2] **Olaya, Víctor** (2011, 24 de marzo). Sistemas de Información Geográfica. [pdf] [1er semestre curso 2011-2012]

<Disponible en los recursos del aula de la UOC>

[3] **Wikipedia** (2011, 25 de octubre). Sistema de Información Geográfica. [artículo online] [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2011]

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica>

[4] **PostgreSQL**. Documentación PostgreSQL 9.1.1 [pdf] [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2011]

<<http://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/9.1/postgresql-9.1-A4.pdf>>

[5] **PostGIS**. Documentación PostGIS 1.5 [pdf] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://postgis.refractor.net/download/postgis-1.5.3.pdf>>

[6] **GeoServer** (2011, 7 de octubre). Manual de usuario de GeoServer 2.1.2. [pdf] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://sourceforge.net/projects/geoserver/files/GeoServer/2.1.2/geoserver-2.1.2-pdfdoc.zip/download>>

[7] **gvSIG** (2011, julio). gvSIG Desktop 1.11 Manual de usuario [pdf] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<http://forge.osor.eu/docman/view.php/89/705/gvSIG-1_11-man-v1-es.pdf>

[8] **OpenLayers**. Documentación de OpenLayers [manual online] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://docs.openlayers.org/>>

[9] **OpenLayers**. Ejemplos de uso de OpenLayers [ejemplos online] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://openlayers.org/dev/examples/>>

[10] **Google Maps**. Servicios de la versión 3 de Google Maps JavaScript API [artículo online] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/documentation/javascript/services.html>>

[11] **jQuery Mobile**. Documentación de jQuery Mobile [artículos y tutoriales online] [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2011]

<<http://jquerymobile.com/demos/1.0rc2/>>

[12] **Geosemántica y Google Earth** Impacto de Google Earth y geosemántica en sistemas SIG [artículo online] [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2011]

<<https://sites.google.com/site/geosemanticagearth/>>

14 Anexos

14.1 Anexo 1: problemas detectados al trabajar con gvSIG 1.11

Se han detectado errores al trabajar con gvSIG 1.11 con orígenes de datos PostGIS.

El primero ha sido que al cargar una capa con origen de datos PostGIS y tratar de grabar, se ha mostrado una traza de error (ver Figura 29).

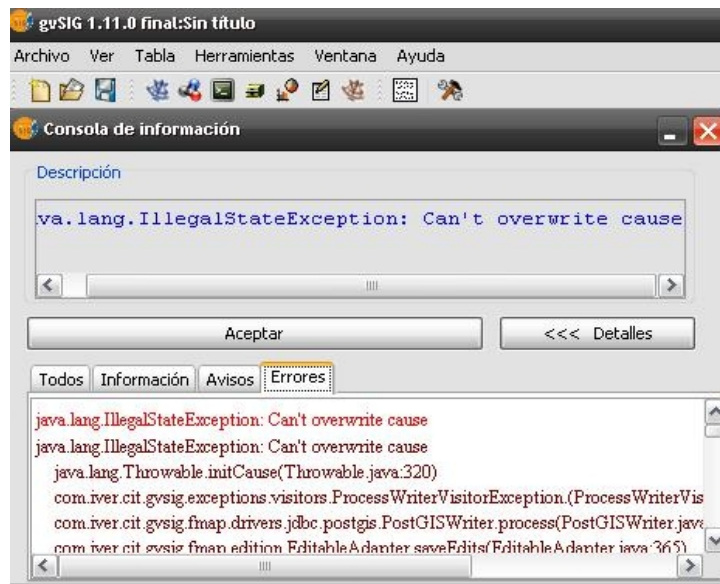


Figura 29: Error al trabajar en gvSIG con PostGIS

Se ha detectado otro error al tratar de definir una operativa alternativa transformando la capa PostGIS en una capa alternativa (shapefile) y trabajar sobre esta (ver Figura 30): al crear una ruta y tratar de guardarla, la figura desaparece de la pantalla y no se almacena en BBDD, parece que porque la exportación hace que se identifique la capa como raster en lugar de como vectorial.




Figura 30: Exportar una capa PostGIS a shp con gvSIG

14.2 Anexo 2: administración del sistema con QGIS

QGIS (*Quantum GIS*) es un SIG de escritorio desarrollado por la fundación OSGeo bajo licencia GPL cuya última versión es la 1.7.3. Está desarrollado en C++, incluye soporte para PostGIS y permite ser utilizado como la interfaz de usuario de GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), un SIG desarrollado inicialmente por el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL) y actualmente mantenido por la fundación OSGeo también bajo licencia GPL.

Crear el proyecto base en QGIS

El proyecto se gestiona mediante las opciones de menú *Archivo*.

Una vez creado el proyecto pasamos a añadirle las capas mediante el menú Capas donde se muestran las diferentes opciones o el botón . Para la capa base elegiremos un servidor de mapas WMS (al igual que con gvSIG) y seleccionamos el origen de datos (ver Figura 31); es importante seleccionar el sistema de referencia con el que estamos trabajando.

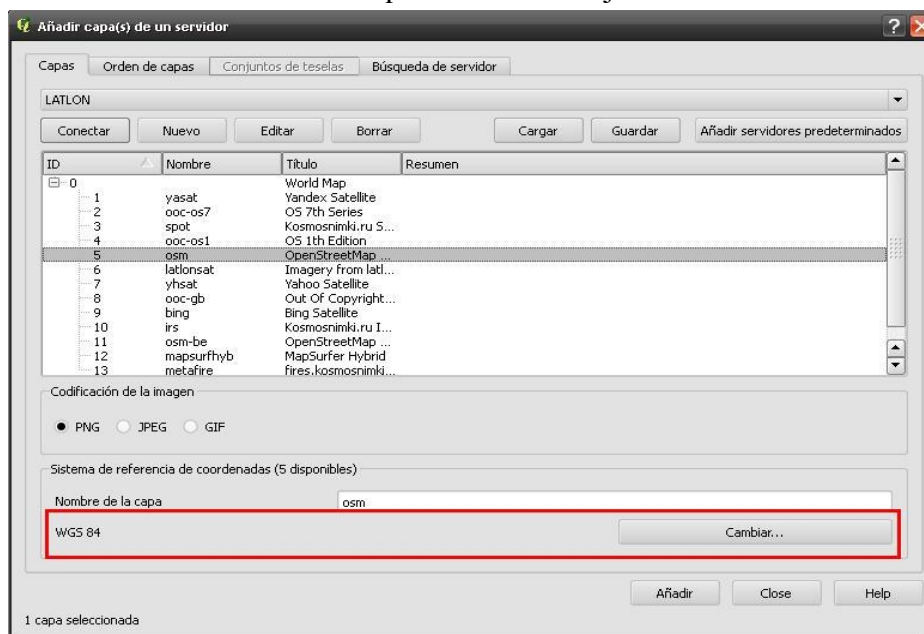


Figura 31: Añadir capa WMS en QGIS







Podemos acercar/alejar con las opciones de zoom      y desplazarnos con el botón  (ver Figura 32).




Figura 32: Visualización de capa WMS Open Street Maps en QGIS

Aunque QGIS permite cargar datos de tablas PostGIS para mantenerlas, actualmente solo admite tablas con clave primaria que reconozca (por ejemplo auto-generada) que no es nuestro caso por lo que deberemos buscar otras alternativas para mantener los datos maestros.

Crear rutas y puntos de interés

De esta manera el administrador crea las rutas y los puntos de interés directamente en el sistema a través de QGIS sobre la base de datos PostGIS.

Sobre el proyecto base añadimos dos nuevas capas de tipo PostGIS mediante el menú de *Capa* correspondiente o el botón  (la primera vez debemos crear la conexión a la BBDD) y para cada capa seleccionamos la tabla correspondiente *truta* y *tpunto_interes* (ver Figura 33).

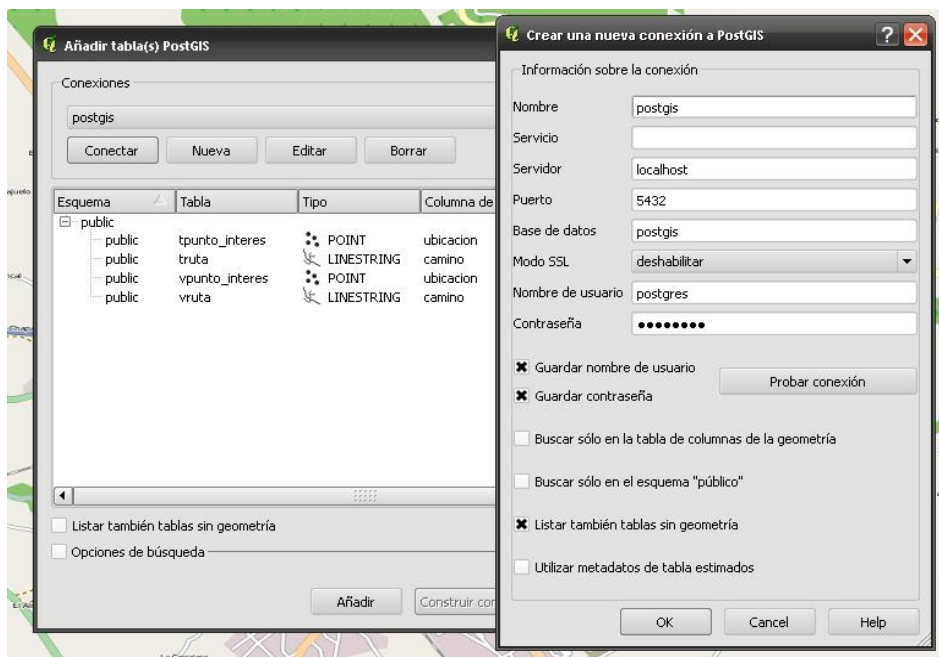







Figura 33: Añadir una capa PostGIS con QGIS

Para editar la capa seleccionamos sobre la el nombre de la capa con el botón derecho de ratón la opción *Commutar Edición* o el botón  y para finalizar el procedimiento es el mismo.

En la capa de rutas usaremos el icono de líneas  para dibujar una nueva ruta (ver Figura 34); en la capa de puntos de interés usaremos un punto . Si al dibujar una ruta tenemos que desplazarnos en la pantalla podemos dibujar la ruta por tramos (comenzando un tramo donde termina el anterior) y posteriormente utilizar el botón unir  para crear una sola geometría, mediante el botón de seleccionar  y manteniendo pulsada la tecla CTRL para seleccionar múltiples líneas.

Al terminar la geometría nos pide los restantes datos de la tabla de BBDD. Al unir líneas de la misma ruta se nos pide que introduzcamos los datos de la nueva geometría; no obstante la opción de unión es delicada y puede suponer como resultado una geometría inválida para la tabla.

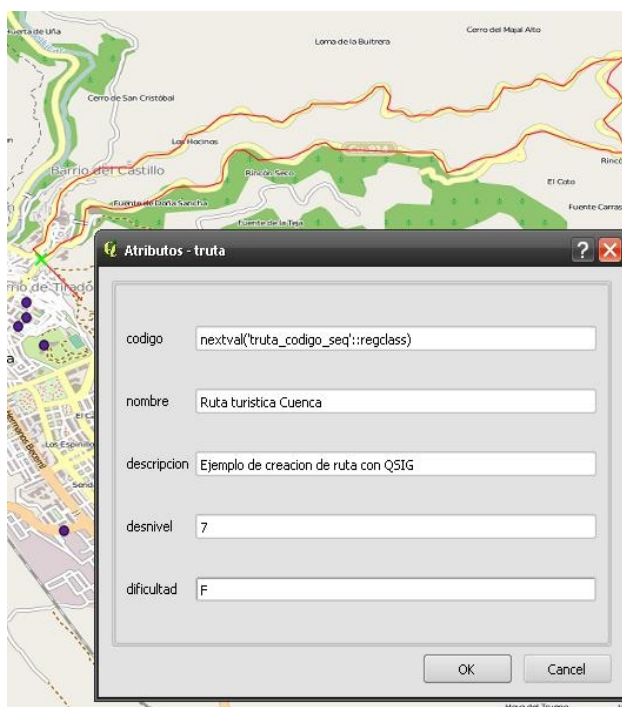




Figura 34: Crear una ruta con QGIS

Cargar datos de un fichero GPX

QGIS permite cargar datos de ficheros GPX mediante una capa GPS en el menú *Capa* correspondiente o mediante el botón  QGIS crear capas para las rutas, los waypoints y los tracks.

Una vez cargado el fichero en una nueva capa se utiliza opción del menú *Edición / Copiar objetos espaciales* para copiar la ruta y la opción de menú *Edición / Pegar objetos espaciales* para incluirlo en nuestra capa de rutas.

Mediante el botón de atributos  podemos completar el resto de los campos de la capa antes de salvar.

Cargar datos de un fichero KLM o GML

QGIS permite cargar datos de ficheros KLM o GML mediante una capa vectorial en el menú *Capa* correspondiente o mediante el botón .

El procedimiento es el mismo que con ficheros GPX.

14.3 Anexo 3: integración con servicios de fotografías

Se ha incluido en el proyecto la integración del Visor con los servicios de fotografías de Google Panoramio y Flickr.

En ambos casos el procedimiento de integración ha sido el mismo: invocar una URL que identifica un servicio web REST (Transferencia de Estado Representacional) mediante una petición HTTP GET y obtener la información formateada de acuerdo a JSON (JavaScript Object Notation) lo que permite que se use de manera inmediata dentro de Javascript gracias al parser de OpenLayers `OpenLayers.Format.JSON`.

Una vez obtenida esta información se crea la capa correspondiente con los puntos marcados por la posición de las fotos y se incluye un control para que cuando se pulse sobre uno de estos puntos se levante un pop-up con la foto en pequeño tamaño y el enlace para verla de mayor tamaño dentro del servidor de fotos correspondiente.

La integración con Panoramio http://www.panoramio.com/map/get_panoramas.php de acuerdo a estos principios ha sido muy sencilla pasando los límites del mapa, ya que toda la información necesaria estaba incluida en la respuesta.

La integración con Flickr <http://api.flickr.com/services/rest/> ha sido más compleja porque tiene algunas características específicas. Por un lado hay que tener una cuenta de Yahoo-Flickr para poder consultar el servidor de fotos e incluir la clave en la petición. Además la respuesta no es inicialmente en formato JSON sino que es en XML y hay que indicar específicamente que se desea este formato.

También hay que tener en cuenta que las consultas a Flickr a través del servicio `flickr.photos.search` no admiten como únicos parámetros los límites geográficos para evitar el colapso de la base de datos, por lo que se ha de añadir algún parámetro de consulta adicional que limita la generalidad de la solución (en este caso se ha filtrado incluyendo el **tag Cuenca**).

Por último la respuesta inicial no incluye toda la información por lo que hay que hacer una petición posterior por cada fotografía a un nuevo servicio `flickr.photos.getInfo` donde ya está la información de la fotografía. Además esta información no proporciona urls de manera sencilla sino que hay que construirlas siguiendo las indicaciones del API de Flickr.