

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS ESPACIAL MEDIANTE OPENSTREETMAP. EDICIÓN Y DIFUSIÓN WEB DE CARTOGRAFÍA.

César Vicente Cabanas

Directora: Dra. María Zúñiga Antón

Máster Universitario en

Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del territorio: sistemas de información geográfica y teledetección

Noviembre de 2012



Universidad
Zaragoza

**Departamento de Geografía
y Ordenación del Territorio**



Resumen

En las últimas décadas, la revolución tecnológica ha tenido una gran expansión, afectando al mundo de la cartografía y a los estudios del territorio (neogeografía). OpenLayers es una plataforma de código abierto que permite la publicación de información geográfica en páginas web sin depender de otros servidores y de un modo gratuito. OpenLayers puede ser una alternativa a visores cartográficos privados. Además, la plataforma GeoServer actúa como nexo de unión entre la cartografía generada en software privados y OpenLayers generando una cartografía de calidad. De igual modo, OpenStreetMap ha ganado protagonismo en los últimos años como una fuente de información con gran detalle y competitiva con otros servidores públicos o privados. La combinación de OpenStreetMap, ArcGIS, GeoServer y las oportunidades que ofrece OpenLayers será el guión de este trabajo con contenido teórico y técnico.

Palabras Clave: Cartografía, OpenStreetMap, ArcGIS, GeoServer, OpenLayers, estilos cartográficos.

Abstract

In last decades, technological revolution has had a big increase and it affected cartography and studies of territory (neogeography). OpenLayers is an open code platform that allows publishing geographic information in web pages without depends of other servers and free. OpenLayers could be a different alternative to private servers. In addition, GeoServer platform acts as nexus between cartography made with private software and OpenLayers. GeoServer generates first-class cartography too. On the other hand, OpenStreetMap has won significance en last years because it is a detailed information source and competitive with other servers. The union between OpenStreetMap, ArcGIS, Geoserver and OpenLayers will be the sketch of this work that has theoretic and technical information.

Key Words: Cartography, OpenStreetMap, ArcGIS, GeoServer, OpenLayers, cartography style.

Índice

I.	Introducción	pág. 1
1.	Justificación del trabajo	pág. 1
2.	Estado de la cuestión	pág. 1
3.	Objetivos	pág. 2
4.	Metodología aplicada	pág. 3
II.	Desarrollo analítico	pág. 5
5.	OpenStreetMap	pág. 5
5.1.	El proyecto OSM	pág. 5
5.2.	Herramientas de edición de datos OSM	pág. 8
5.2.1.	Elementos a representar en OSM	pág. 10
5.2.2.	Editores: POTLACH	pág. 15
5.2.3.	Editores: JOSM	pág. 18
5.2.4.	Otros editores	pág. 22
6.	Compatibilidad entre OpenStreetMap y ArcGIS	pág. 24
7.	Publicación de cartografía ArcGIS en Internet: OpenLayers	pág. 27
7.1.	MapServer	pág. 27
7.2.	GeoServer	pág. 31
7.2.1.	OSGeo	pág. 31
7.2.2.	Generación automática de ficheros de estilo	pág. 32
7.2.3.	Geoserver	pág. 34
7.2.4.	Atlas Styler	pág. 40
7.2.5.	Creación de Modelos Digitales de Elevaciones mediante el uso de ArcMap y Adobe Photoshop	pág. 41
7.2.6.	Generación de estilos complejos en GeoServer	pág. 45
8.	Desarrollo de un caso práctico: creación de un visor cartográfico implementado en una página web con objeto de emplear una base cartográfica para la ciudad de Santiago de Compostela (Galicia, España) a partir de datos obtenidos en OpenStreetMap	pág. 48
III.	Conclusiones	pág. 50
9.	Diario de prácticas	pág. 50
10.	Conclusiones	pág. 52
10.1.	Conocimientos obtenidos	pág. 52
10.2.	Posibilidades de desarrollo futuro	pág. 53
IV.	Bibliografía	pág. 54
V.	Enlaces de interés	pág. 55
VI.	Índice de figuras y tablas	pág. 58
VII.	Código HTML de una página web empleando OpenLayers	pág. 60

I. INTRODUCCIÓN

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Este trabajo es una explicación de las tareas realizadas en la empresa consultora “SIGNO S.L., ingeniería del territorio”, en calidad de prácticas de empresa, como tarea complementaria a la asignatura *8.1. Trabajo Fin de Máster* integrada en el *Máster Universitario en Tecnologías de la Información Geográfica para la Ordenación del Territorio: SIG y Teledetección*, impartido en la Universidad de Zaragoza (Aragón, España). Estas prácticas han sido realizadas entre el 2 de julio y el 14 de septiembre del año 2012 en las dependencias que la empresa SIGNO posee en Rúa do Hórreo 22, 3º Piso, Santiago de Compostela (Galicia, España).

“SIGNO ofrece una combinación de amplios conocimientos y experiencia a través de equipos interdisciplinares de alto nivel para plantear soluciones flexibles, creativas e innovadoras a las necesidades que los nuevos retos globales plantean sobre el territorio y la información inteligente” (<http://signo-geo.com/web/>), así es como se define la propia empresa. SIGNO tiene competencia en temas varios, como “paisaje y territorio, estrategias y planificación, sostenibilidad, tecnologías de la información geográfica y geodatos, gestión de la información, soluciones SMART (ciudades, territorios, organizaciones,...), sistemas de indicadores y seguimiento, o servicios y contenidos sobre dispositivos móviles” (<http://signo-geo.com/web/>). El estudio del territorio, las tecnologías de la información geográfica y geodatos, o los servicios web son algunos de los pilares en los que se apoya el Máster citado anteriormente, de modo que las prácticas en la empresa SIGNO son íntimamente ligadas al contenido teórico-práctico del Máster.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Tal y como reza el título de este trabajo, la edición y la publicación de cartografía en soporte digital han sido los fundamentos de las prácticas laborales. SIGNO, como empresa especializada a temas cartográficos, plantea la necesidad de incorporar su propia cartografía a páginas web sin necesidad de depender de segundos o terceros servidores de mapas (Google Maps, por ejemplo). Los condicionantes para la consecución de estas tareas planteaban: la necesidad de trabajar con *software* comercial en la realización de la cartografía (ArcGIS); tomar OpenStreetMap como base o fuente de datos gracias a su potente base de datos y la libertad de uso de la misma; el trasvase de información desde ArcGIS a la página web requiere de una plataforma de difusión de aquélla como paso intermedio y esta plataforma debería ser gratuita o plantear un coste mínimo.

“Los mapas siempre han sido una fuente de poder” (Bennett, 2010) y de conocimiento del territorio. De este modo, los mapas y la cartografía en general han sido guardados fielmente por ejércitos y estamentos gubernamentales y comerciales hasta nuestros días con objeto de gozar de mayor capacidad de gestión.

OpenStreetMap nace con el objetivo de erradicar ese paradigma. Es más, OpenStreetMap inserta una nueva filosofía en la era de la cartografía digital: cada usuario puede convertirse en el creador de su propia cartografía, en el creador de una única base cartográfica a nivel mundial apoyada en unas normas y bases comunes para todo el público usuario. Internet y el desarrollo de la cartografía digital en las últimas décadas han permitido que este proyecto haya ganado un número creciente de adeptos hasta la actualidad. Tal y como OpenStreetMap (a partir de ahora lo denominaremos “OSM”) define en su página web: “OpenStreetMap es un mapamundi libre, creado por gente como tú” (<http://www.openstreetmap.es/>).

SIGNO, al igual que OSM, también se plantea la imperiosa necesidad de no depender de otras empresas o plataformas a la hora de publicar cartografía, al mismo tiempo que impulsa el uso de fuentes alternativas de cartografía base para su empleo en páginas web para romper con la privacidad y con la compra-venta de cartografía.

3. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de SIGNO es, mediante la realización de este trabajo, “mejorar la cartografía que utilizan en sus aplicaciones, empleando la base cartográfica de OpenStreetMap adaptada a sus necesidades en lo referente a la apariencia gráfica y a la información existente en las capas”. Todo ello se ha distribuido en la realización de 5 tareas básicas:

- Conocer la estructura de capas de OSM. Saber si se pueden añadir nuevas capas que no están contempladas en el modelo original.
- Utilizar herramientas de edición existentes. ArcGIS, JOSM, u otras.
- Modificar el aspecto visual de los mapas. Adaptar colores y simbología a las necesidades de la empresa.
- Buscar todo tipo de herramientas para manipular la cartografía con objeto de desarrollar aplicaciones que puedan ser de utilidad a la empresa.
- Realizar una buena documentación de las tareas realizadas.

Por tanto, este trabajo consiste en una explicación completa del período de prácticas, una presentación y estudio del proyecto OSM, una descripción de todas sus posibilidades de trabajo y aprovechamiento, un enlace de esta fuente de información al mundo GIS (Sistemas de Información Geográfica), así como la posibilidad de publicar esta información en una página web. Las siguientes páginas introducirán información de carácter informativo, técnico y visual con un único fin: mostrar al público una serie de herramientas de gran potencial y con oportunidad de negocio.

La realización de todas estas tareas encaja perfectamente con los objetivos y los fundamentos teóricos y prácticos del Máster: formación en el campo de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) y posible resolución de problemas ligados a la ordenación del territorio; formación práctica y teórica, en el contexto de la empresa privada, en el campo de los Sistemas de Información Geográfica y herramientas asociadas; utilización de programas y entornos informáticos tanto en *software* propietario como en *open source*; o la producción y publicación de cartografía en un entorno digital. En definitiva, una tarea idónea para desarrollar los conocimientos adquiridos a lo largo del período lectivo del Máster.

Todo este trabajo está enmarcado dentro del campo de la neogeografía y las tecnologías geoespaciales. Hasta hace pocos años, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) únicamente tenían cabida en proyectos o trabajos con importantes presupuestos y encasillados en ramas científicas muy concretas (inventariados de recursos naturales, el Catastro, diseño y mantenimiento de redes eléctricas...). En la actualidad, cualquier usuario puede tener instalado un SIG en su propio ordenador y planificar sus tareas con éste, siendo un gran pilar de apoyo a la hora de tomar decisiones. Además, también se ha producido una espectacular transformación en lo referido a las herramientas, el perfil de los usuarios, el *hardware*... y los usuarios pueden publicar su propia información sirviéndose de las aplicaciones cartográficas existentes en la Red.

Esta revolución en el tratamiento de la información geográfica ha llevado a algunos expertos a sugerir el concepto de **neogeografía** entendiéndolo como “el conjunto de herramientas y técnicas geográficas empleadas para actividades personales o por un grupo de usuarios no expertos, para uso informal no analítico” (Turner, 2007). Un ejemplo, al margen de contenidos plenamente geográficos es la Wikipedia, una enciclopedia creada por una mayor interacción entre el “navegante” y los contenidos de internet gracias a una participación colaborativa, voluntaria y coordinada de los usuarios. Otros ejemplos de carácter más geográfico son: Tagzania (www.tagzania.com), Wikimapia (www.wikimapia.org), Wikiloc (es.wikiloc.com), Open Aerial Map (www.openaerialmap.org), Geonames (www.geonames.org), o OpenStreetMap por supuesto.

Podemos citar tres factores fundamentales que han facilitado esta revolución geográfica (Rodríguez *et al.*, 2009):

- **La nueva cartografía.** Google ha revolucionado el panorama internacional en este campo con la aparición de Google Maps (2005) y, posteriormente GoogleEarth, todo ello de manera gratuita hasta recientemente y que han convertido la cartografía y el deseo de conocer el territorio en algo cotidiano para la inmensa mayoría de la población. Paralelamente, organismos nacionales han ido

- liberando sus propios datos geográficos a través de servicios OGC (WMS, WFS...) y de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE's).
- **La expansión de los GPS**, gracias al abaratamiento de esta tecnología, lo que ha permitido su integración en GPS simples, teléfonos móviles, navegadores, cámaras fotográficas... Esto ha posibilitado un gran incremento de la captura de información georreferenciada (posicionamiento de elementos, trazado de rutas...).
 - **El avance de internet y la web 2.0.** El acceso a internet es creciente en la sociedad actual, las conexiones son más rápidas, y la tecnología de navegación cada día es mucho más potente. Por otra parte, la web 2.0, mucho menos estática y más interactiva que en sus orígenes, permite publicar cartografía dinámica de mayor calidad que en la década pasada y es mucho más sencillo a la hora de publicar contenidos. Por otra parte, las redes sociales también tienen presente un claro componente geográfico, como es el caso de Twiter, FourSquares, Facebook Places...

Es decir, se ha producido una “democratización de la cartografía que consiste en el hecho de hacer llegar la cartografía a todo tipo de usuarios, mediante aplicaciones fáciles de usar y de interfaz sencilla y amigable, hasta convertir los mapas en algo familiar y cotidiano para la mayoría de la población del mundo desarrollado” (Rodríguez *et al.*, 2009).

Analizado el contexto en el que se centra este trabajo, se analizará el mundo de OSM y las posibilidades que ofrece la publicación de cartografía en internet, todo ello enlazado siempre con el mundo de los Sistemas de Información Geográfica y los objetivos del Máster.

4. METODOLOGÍA APLICADA

La metodología aplicada ha consistido en un proceso de búsqueda de información continua en internet y el manejo de todo tipo de programas y aplicaciones informáticas que se han ido aplicando hasta conseguir unos resultados satisfactorios que den respuesta a los objetivos expuestos anteriormente. Se partía de una línea de trabajo: emplear información procedente de OSM y sabiendo que MapServer era la plataforma intermedia entre ArcGIS y la publicación de la cartografía en internet (aplicada en trabajos anteriores de la empresa, aunque trabajando de un modo no automatizado). Por tanto, el método de trabajo no descartaba el uso de diferentes programas hasta lograr una automatización del trabajo de publicación de cartografía ArcGIS en una página web, de ahí el gran número de programas informáticos con los que se ha tenido que trabajar hasta lograr los resultados que serán expuestos a lo largo de este trabajo.

A continuación se expone un esquema de todo el proceso para clarificar las líneas maestras de este trabajo técnico:

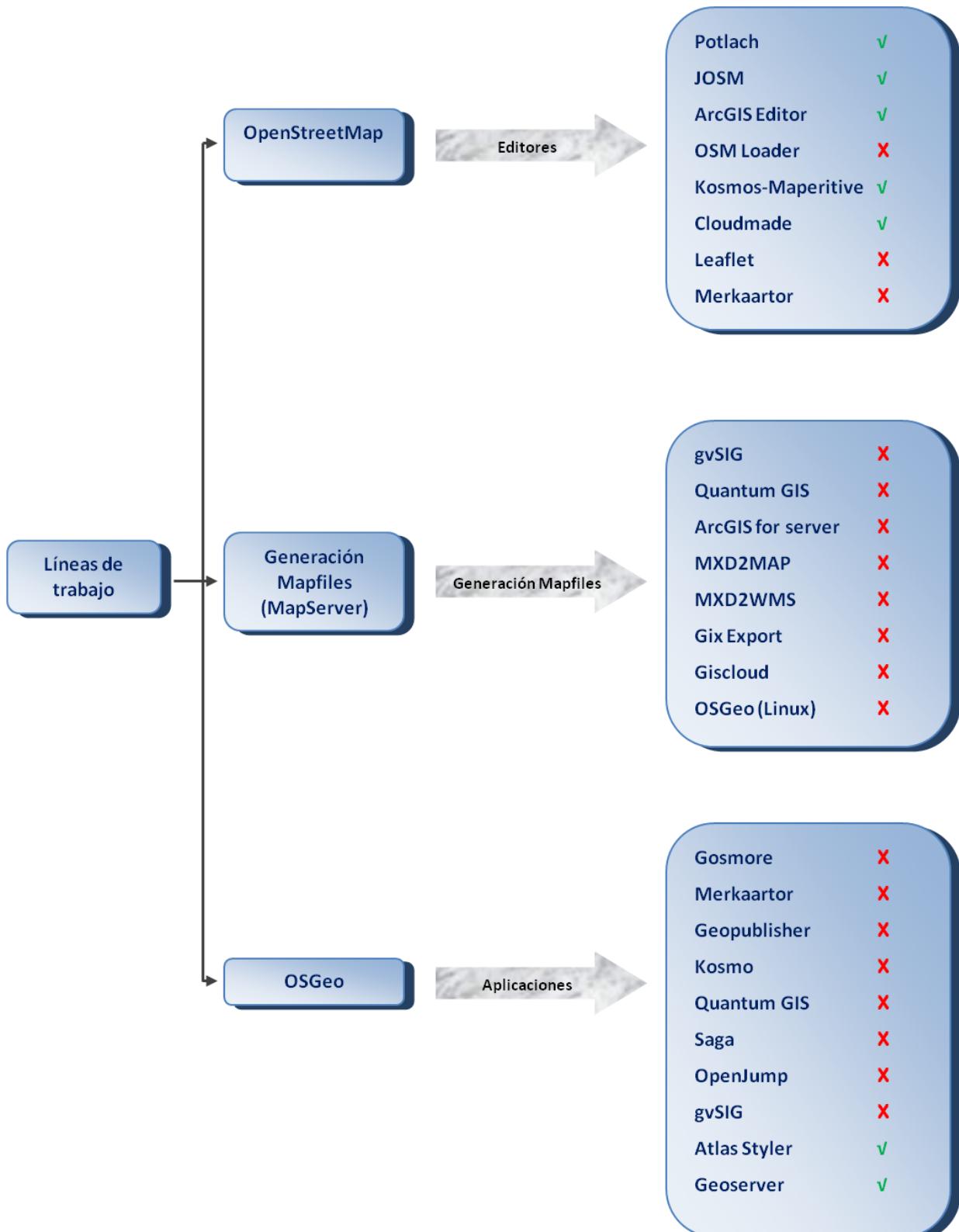


Figura 1. Esquema y líneas de trabajo.

Publicación de cartografía en un visor cartográfico implementado en una página web:

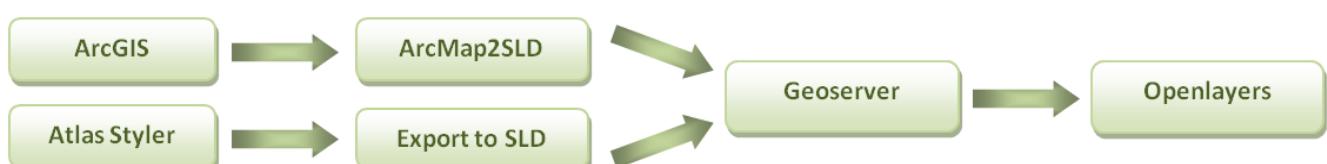


Figura 2. Proceso de publicación de cartografía en GeoServer.

II. DESARROLLO ANALÍTICO

5. OPENSTREETMAP

5.1. El proyecto OSM.

El proyecto OpenStreetMap nace en el mes de agosto del año 2004 a raíz de un experimento realizado con un receptor GPS por el programador británico Steve Coast. Coast empleó un dispositivo denominado *GPSDrive* que tomaba mapas de *Microsoft MapPoint*, pero éste rompía las condiciones legales de la licencia de uso, así que decidió buscar una alternativa que no violase los derechos de autor ni el *copyright*. Esta alternativa no existía hasta ese momento, por lo que podemos considerar a Coast como un innovador en su campo.

Coast pensó que él y cualquier usuario de la red podrían dibujar su propio mapa. Este es el nacimiento del proyecto OpenStreetMap. Tras presentar sus ideas en un evento abierto al público en Londres, Coast observó que otros investigadores presentaban idean similares, pero la mayoría no contaban con proyectos concretados.

La idea de unos cartógrafos sin experiencia, haciendo mapas con equipos al alcance de cualquier consumidor sin necesidad de potentes computadoras, fue recibida con mucho escepticismo en un primer momento. Un simple receptor GPS generaría multitud de errores si pretendían lograr una localización precisa de las carreteras, o que una infraestructura tan compleja necesitaría un gran período de tiempo para completarse, o que una base de datos tan grande sería imposible de manejar, eran algunas de las críticas que recibió OpenStreetMap en sus comienzos.

El modelo de datos inicial era muy rudimentario. Consistía en un conjunto de líneas dibujadas sobre imágenes de satélite Landsat. Con el paso del tiempo, la creación de datos evolucionó a un modelo más accesible, al mismo tiempo que se impusieron una serie de mejoras: el *software* inicial fue escrito en Java, posteriormente en Ruby, y finalmente en RoR (*Ruby on Rails*) que todavía es la plataforma empleada en la actualidad. En marzo del año 2006 nace la primera aplicación de escritorio para editar datos de OpenStreetMap: JOSM, escrito en Java, permite por vez primera la edición *offline*. Posteriormente, fue creado el primer mapa a color usando un modo de renderizar (generar una imagen a partir de un modelo) diseñado específicamente para OpenStreetMap: Osmarender. Estos programas se detallarán a lo largo de este trabajo. En mayo del mismo año tuvo lugar la primera “fiesta del mapa” en la Isla de Wight (Reino Unido), un pequeño territorio que fue cartografiado con todo lujo de detalles por multitud de personas. Este evento fue todo un éxito y no tardarían en repetirse los siguientes.

La Fundación OpenStreetMap (OSMF) nace en agosto del año 2006 para proveer la infraestructura necesaria que permitiese hacer funcionar el proyecto y conformar la estructura legal para poder aceptar cualquier tipo de donación económica por parte de los usuarios.

En mayo del año 2007 ya se habían registrado 10.000 usuarios en la web de OpenStreetMap. Los últimos datos revelan la existencia de aproximadamente 300.000 usuarios registrados, de los cuales en torno a 12.000 realizan alguna edición en la base de datos cada mes. El número de usuarios crece un 10% cada mes, siendo Alemania y Reino Unido los países que más participantes aportan. El número de puntos registrados ya supera los 650.000.

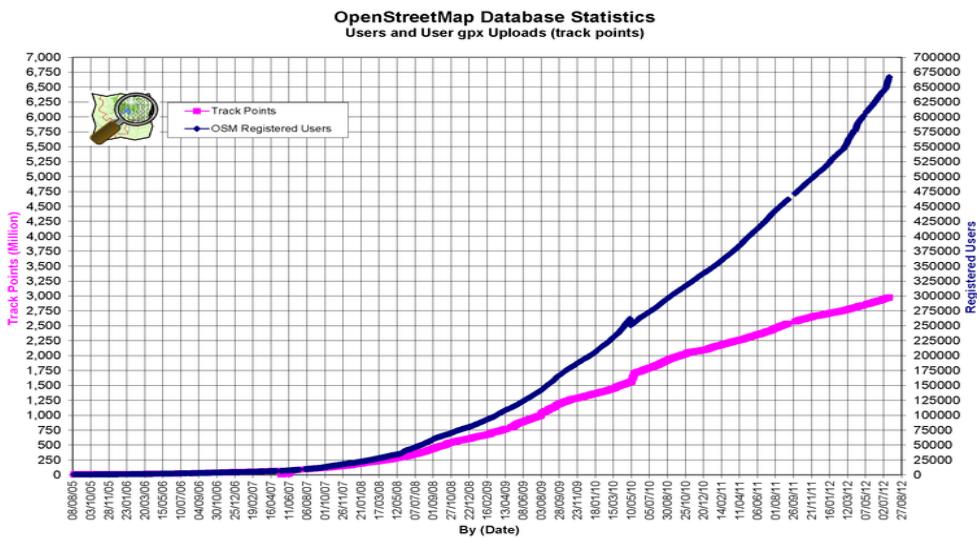


Figura 3. Evolución del número de usuarios registrados y número de puntos tomados por los mismos (<http://wiki.openstreetmap.org>)

OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org/>) “es un proyecto que tiene por objetivo construir una base de datos geográfica libre del mundo” (Bennett, 2010). Lo que comenzó con un simple mapeado de calles y elementos singulares de todo el mundo se ha desarrollado hasta lograr un nivel de definición que distingue un amplio abanico de tipologías de vías de comunicación (autopistas, carreteras secundarias, calles residenciales, senderos, telesillas...) y elementos singulares del territorio (negocios, cultura, turismo, paisaje, usos del suelo...). De igual modo, este proyecto también cataloga límites administrativos y todo tipo de elementos abstractos del territorio que son fundamentales en la organización del mundo en el que vivimos.

Esta base de datos ha sido construida, es construida, paulatinamente por la aportación personal de los usuarios que reúnen información digitalizando fotografías aéreas o capturan datos a partir de dispositivos de posicionamiento como GPS’s móviles (*Global Positioning System*), por ejemplo. Esta información será transformada posteriormente en mapas mediante el único uso de líneas y puntos. Por último, decir que los usuarios realizan esta labor de un modo altruista, sin recibir compensación a cambio, de un modo individual o en las convenciones que la Fundación OpenStreetMap realiza periódicamente por todo el mundo (*mapping parties* o fiestas del mapa), poniendo de manifiesto un “Conocimiento Espacial Local” (la población desea acceder a un conocimiento de interés para la ciudadanía que no pueden ofrecer las administraciones debido a su alto nivel de detalle); en otras ocasiones, los datos son obtenidos de bases de datos de dominio público. Algunos autores han realizado sugerencias, tales como “una cierta necesidad de sentirse autorepresentados en el proyecto, o una falta de interés por la terminología de carácter técnico” (Neis *et al.*, 2012), para explicar el creciente apoyo de los internautas a OSM. Sin embargo, este aumento del número de usuario presenta un matiz: el fenómeno del 90-9-1, es decir, el 90% de los usuarios emplea OSM consume o curiosea el proyecto, el 9% contribuye con aportaciones propias, y tan solo el 1% de los usuarios participa activamente en OSM. Poniendo un caso concreto, en el año 2010, tan solo el 5% de los miembros de OSM eran participantes activos, y el 98% de la información la habían proveído en torno al 3,5% de los miembros.

Por otra parte, la inmensa mayoría de los participantes de OSM no tienen una cualificación profesional en el ramo de la información geoespacial. Además, contribuir al proyecto depende enormemente de aspectos técnicos, tales como una buena conexión a internet, receptores GPS o *Smartphones*. La densidad de población de áreas específicas también juega un papel importante en el sentido de que cuanta más población exista en un territorio, éste estará mejor detallado cartográficamente. No obstante, el conocimiento local de la mayoría de los participantes debería ser idóneo para cartografía detalladamente territorios, pero esto obliga a plantearse algunas preguntas: “¿Cómo pueden competir estos datos con los proporcionados por proveedores de datos espaciales? ¿Cómo se ha desarrollado OSM en los últimos años? ¿Existe una proyección a largo plazo que muestre el desarrollo futuro de los datos?” (Neis *et al.*, 2012).

La Fundación OpenStreetMap “gestiona y apoya, pero no controla ni dirige OSM. OSMF es una organización internacional sin ánimo de lucro dedicada al crecimiento, desarrollo y distribución de datos geoespaciales libres y su distribución a quienquiera para usar y compartir” (<http://www.openstreetmap.es/>). La libre distribución de toda la información de OSM y la posibilidad de hacer un uso comercial de la misma es posible gracias al cambio de la licencia *Creative* a la licencia ODbL (*Open Database Licence*, con fecha de cambio el 1 de abril de 2012). Ambas “permiten un uso y distribución de los datos similar. Ambas requieren la atribución de la fuente del conjunto de datos” (<http://www.openstreetmap.es/>). La nueva licencia ha sido redactada para casos específicos en los que se emplean bases de datos, de modo que los datos cartografiados y asociados pertenecen a la misma licencia (aunque los datos hayan sido tomados o cedidos de terceras personas o instituciones). El objetivo es que cada vez más gente emplee OSM sin ningún requerimiento de derechos de autor como reclaman otros *software*.

En resumen, a diferencia de otras fuentes de datos geográficos, OSM no ofrece ningún tipo de restricciones acerca del uso que el usuario puede realizar con su información. El usuario puede hacer uso de OSM con fines comerciales sin tener que pagar ningún tipo de licencia, puede editar la información y publicarla, puede ceder la información a terceras personas sin necesidad de solicitar ningún tipo de permiso. La única condición cuando el usuario trabaja con OSM es que comparte la información de un modo altruista y la pone a disposición de cualquier usuario del mundo para su uso particular.

Además, la reciente decisión de que Google comenzará a cobrar a aquellos usuarios que realizan un uso intensivo de Google Maps ha arrastrado a numerosos desarrolladores, empresas y sociedades a cambiar sus aplicaciones para usar datos OSM y hacer un mayor uso de OpenStreetMap. Podemos citar como ejemplos de este cambio a Foursquare (cambio del navegador web), Apple (para su *iPhoto*), o Geocaching.com. SIGNO podría ser otro ejemplo de empresa que persigue una menor dependencia de servidores que en algún momento podrían ser de pago.

Por otra parte, existen abundantes ejemplos de “proveedores de mapas que permiten usar algunos de sus servicios gratuitamente, pero imponen excesivas restricciones a la manera en que se usan, como la prohibición de imprimir, sacar capturas de pantalla, redistribuir los mapas si no es a través de sus portales web, etc.” (<http://www.openstreetmap.es/>). De igual modo, se trata de proveedores que ofrecen servicios que generalmente no son gratuitos para empresas o autónomos lo cual “no favorece la creación de más y mejor *open data* y no favorecen la generación de industria local, como el ejemplo de las decenas de aplicaciones para *smartphones* que utilizan datos abiertos” (<http://www.openstreetmap.es/>).

Otros motivos que empujan a pensar en OpenStreetMap a la hora de trabajar con mapas es que otros proveedores no permiten la modificación o mejora de sus mapas (tan solo permiten situar nuevos elementos sobre el mapa base), ni permiten el acceso a la base de datos de los mismos. OpenStreetMap ofrece, como ventaja sobre aquéllos, la posibilidad de una actualización de los datos casi instantánea y exacta al ser datos ofrecidos por los propios usuarios que poseen un conocimiento mayor del territorio que los rodea. El acceso de los usuarios a la base de datos de OpenStreetMap permite que si éstos encuentren un algoritmo que agilice la visualización de las teselas de los mapas podrían aplicarlo en sus respectivas páginas web o aplicaciones.

Por último, OpenStreetMap “integra en una única base de datos los datos que terceros han liberado, combinado en un único lugar y con un único formato para datos de todo tipo y de todos los países del mundo: desde calles y carreteras, hasta edificios y parques, comercios, lugares naturales, rutas de transporte público, tendido eléctrico, y todo lo que uno pueda imaginar” (<http://www.openstreetmap.es/>). Estas últimas indicaciones dejan patente el gran potencial que ofrece este proyecto global y libre y, si lo unimos a lo descrito anteriormente, “OpenStreetMap permite a sus colaboradores crear y compartir datos geográficos abiertos y libres” al mismo tiempo que “presiona a instituciones y administraciones para que liberen sus datos” (<http://www.openstreetmap.es/>).

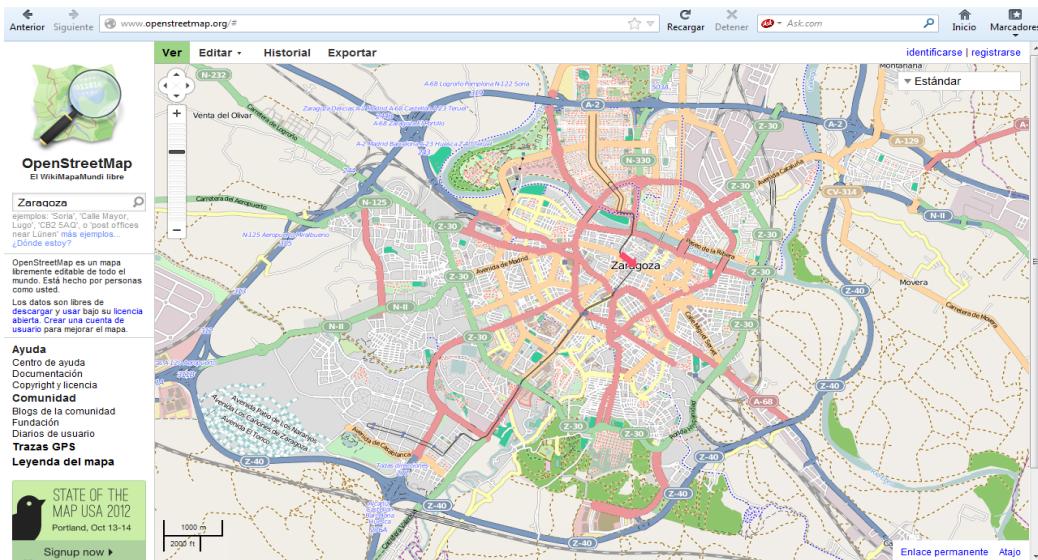


Figura 4. Página principal de OpenStreetMap enfocando la ciudad de Zaragoza: www.openstreetmap.org.

5.2. Herramientas de edición de datos OSM.

En este apartado del trabajo se hablará por vez primera de la adquisición de datos en OSM y su posterior edición. En primer lugar, se procede a explicar la página web principal de OSM. La primera impresión que experimenta el usuario al verla es la sencillez del visor cartográfico a pesar de la gran cantidad de información que alberga. Este visor incluye los controles básicos de *zoom*, desplazamiento, una barra de escala, y una pestaña en la parte superior derecha que permite al usuario seleccionar diferentes mapas base:

- **Mapa estándar.** Mapa general que no se centra en ningún aspecto concreto del territorio, aunque sí otorga un mayor énfasis a las vías de comunicación debido a que su elaboración juega con las variables tamaño y color. Las zonas edificadas se representan con tonos grises jugando con la variable valor (valores intermedios). Las zonas naturales o zonas verdes se representan con tonos verdes intensos.
- **Mapa ciclista.** Mapa con predominio de tonos verdes para representar cualquier elemento del territorio, excepto los elementos lineales como vías de comunicación y ríos que son representados con tonos grises. Las ciudades presentan colores con escaso valor para facilitar la apreciación de las vías y rutas ciclistas que discurren por ellas representadas con líneas discontinuas en un tono azul intenso. Este es el principal objetivo de esta base de datos: mostrar al usuario las rutas y vías ciclables.
- **Mapa de transporte.** Su principal finalidad es indicar líneas de transporte público (autobuses urbanos, ferrocarril), aunque está incompleto por el momento.
- **MapQuest Open.** Se trata de un mapa base con una información similar a la que proporciona el mapa estándar, con la diferencia de que MapQuest otorga un mayor peso visual a diferentes estilos de líneas, puntos y polígonos.

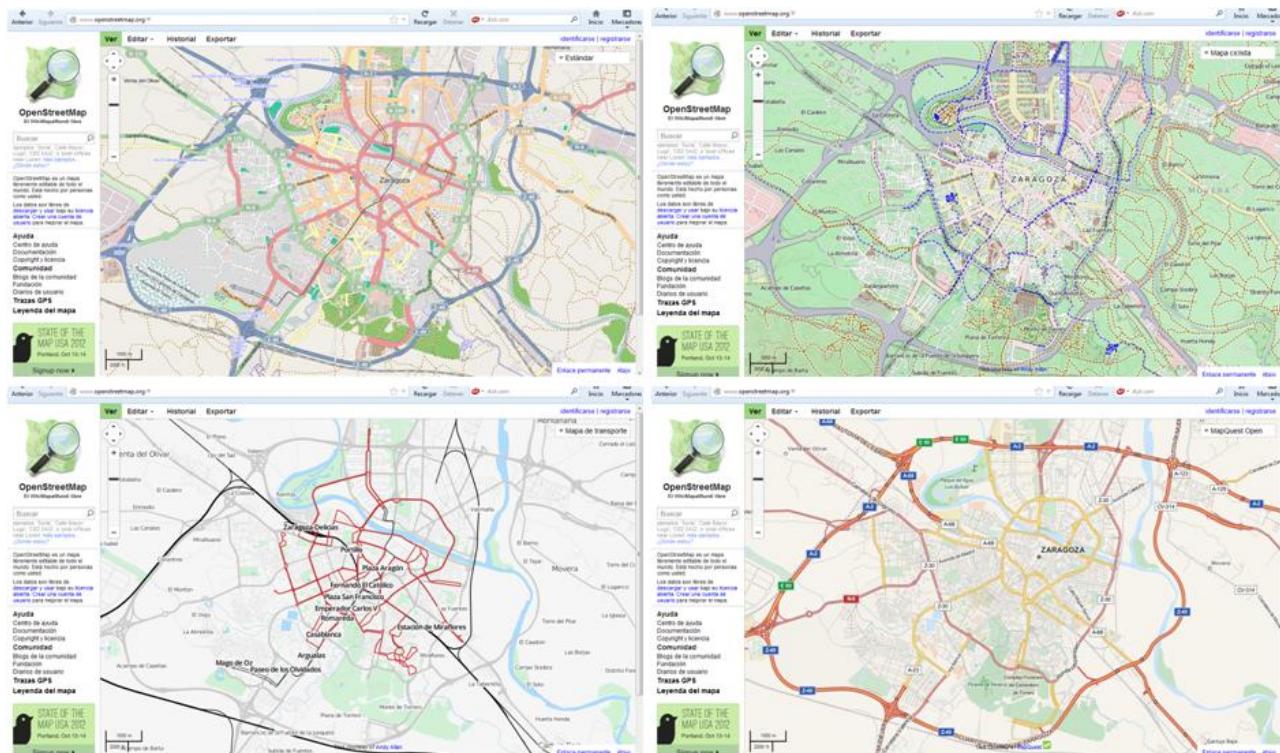


Figura 5. Composición de los diferentes mapas base que ofrece OSM para la ciudad de Zaragoza: de arriba a abajo y de izquierda a derecha, mapa estándar, mapa ciclista, mapa de transporte, MapQuest Open.

El usuario debe seleccionar el tipo de mapa base en función de la información que desee obtener para sus propios proyectos.

En la parte izquierda del visor se visualiza un buscador-localizador de topónimia o nombres de elementos singulares (calles, empresas... que hayan sido mapeados en OSM), así como enlaces a diferentes apartados que pueden ser de utilidad: condiciones legales de OSM, centro de ayuda, documentación, blogs, leyenda... Respecto a este último elemento se debe decir que la leyenda es dinámica y cambiará en función del nivel de zoom y del mapa base con el que se está visualizando OSM.

En la parte superior del visor se encuentran 4 botones clave en lo referido al transcurso de mis prácticas en la empresa SIGNO:

- **Ver.** Se comporta como el botón que devuelve al visor cartográfico como se ha presentado en párrafos anteriores después de realizar otro tipo de operaciones.
- **Editar.** Este botón se subdivide en 3 herramientas de edición de datos OSM (Potlatch1, Potlatch2, y JOSM) que serán explicadas a lo largo de este apartado, y en una función denominada “Examinar datos del mapa” que proporciona información acerca de cualquier elemento digitalizado en OSM (información que está almacenada en la base de datos OSM).
- **Historial.** Muestra el conjunto de cambios o ediciones que se están realizando en OSM en tiempo real en todo el mundo. Es posible consultar el usuario que los realiza, la localización y momento temporal de la edición, así como su estado (si está implementada en el visor cartográfico, o si está en proceso de incorporación a la base de datos de OSM).
- **Exportar.** Esta función es fundamental a la hora de descargar datos de la base de datos de OSM. Ofrece las siguientes opciones: seleccionar elementos de un área cuyo tamaño define el usuario en función de sus coordenadas geográficas UTM (seleccionando un valor máximo y mínimo para los ejes de abscisas y ordenadas); seleccionar datos de un área cuyo tamaño definimos manualmente mediante la creación de un cuadrilátero que englobe los elementos deseados por el usuario. Una vez definido el área que se desea exportar, el usuario debe elegir el formato en que desea obtener estos datos. Para ello se ofrecen tres posibilidades: formato OpenStreetMap XML (ficheros de extensión *.osm y sintaxis XML) que guarda información de las coordenadas, el creador, el elemento identificador, y otro tipo de información de cada uno de los elementos que en su día fueron incorporados a OSM; imagen de mapa (PNG, JPEG, SVG, PDF, pudiendo seleccionar la escala del

mapa resultante hasta un máximo de 1:6050); y un código HTML para poder plasmar en nuestra página web si así lo deseásemos.

El primer paso para añadir u obtener información de OSM es registrarse como usuario de OpenStreetMap en <http://www.openstreetmap.org/>. En la actualidad tan solo es necesaria esta acción para añadir datos a OSM, descargar información, exportar mapas, o suscribirse a foros de OSM. El usuario también podrá añadir otro tipo de información acerca de si mismo al margen del nombre de usuario y su contraseña de acceso a OSM.

Cualquier información relacionada con OpenStreetMap puede ser consultada en su *wiki*: <http://wiki.openstreetmap.org>.

La cartografía OSM, en SIGNO, se consideró una muy buena opción desde el punto de vista estético y de calidad para determinados proyectos cartográficos. La opción de exportar la cartografía de OSM a una página web incorporando el código HTML es una opción rápida y directa. La empresa SIGNO ha desechado este tipo de opción y similares. El motivo es que trabajando de este modo sería dependiente de la información y existencia de una empresa ajena a SIGNO sobre la que no se tendría control, en este caso OSM. El objetivo principal de mis prácticas laborales era conseguir la publicación de cartografía en internet siendo independientes de segundas entidades, de modo que la mejor opción que se ha presentado ha sido exportar en bruto los datos de OSM, como si hubiesen sido elaborados por la propia empresa o usuario (la licencia de OSM permite este tipo de descargas y su posterior uso como se había comentado en páginas anteriores), de modo que se podrían editar con independencia de tener conexión a internet, transformarlos, darle estilos personalizados, o eliminar toda aquella información que hubiese sido considerada de poco interés. Así, llegado el momento de publicar cartografía en un visor cartográfico en una página web nunca existiría el riesgo de quedar sin base cartográfica por desaparición o cierre de esa segunda entidad (OSM, Google Maps...).

Una vez definidas y explicadas las líneas maestras y los objetivos de estas prácticas, se procede a explicar herramientas de edición de datos que se han empleado a lo largo del período de prácticas.

5.2.1. Elementos a representar en OSM.

OSM permite digitalizar o registrar en su base de datos cualquier elemento físico que se pueda imaginar y que esté situado en el territorio. Esto es posible gracias a la existencia de un modelo de datos y una API tan simple que permite editar datos de un modo sencillo, aunque existan varios usuarios editando al mismo tiempo, y manteniendo las propiedades topológicas entre los objetos.

El modelo de datos de OSM está construido sobre 3 elementos y principios básicos: **nodos**, **vías**, y **relaciones**. Cualquier elemento geográfico puede ser descrito etiquetándolo con un par de valores clave. Es decir, “desde un punto de vista matemático, el modelo de datos de OSM es una especie de grafo consistente en un conjunto de vértices y bordes; diferentes partes del grafo pueden estar conectados, o pueden estar aislados, dependiendo del elemento del mundo real estamos modelizando” (Bennet, 2010).

El formato por excelencia para describir estas relaciones o elementos es el lenguaje XML (*eXtensible Markup Language*, o Lenguaje de Marcas eXtensible) que, al mismo tiempo, es el único formato con el que se pueden exportar los datos de OSM como expusimos anteriormente.

Los **nodos** son puntos en el espacio que contienen información acerca de su posición. El resto de elementos (vías, superficies) también contienen nodos que les otorgarán información acerca de su localización en el espacio. Un nodo puede ser usado en OSM como un punto de interés, como un cruce o conexión entre dos vías, o como un cambio de dirección de una vía o línea. En lenguaje XML, un nodo se justificaría del siguiente modo (secuencia generada directamente por la aplicación de edición de OSM):

```

<osm version="0.6" generator="OpenStreetMap server">
  <node id="483034256" lat="55.9458449" lon="-3.2035477" version="1"
    changeset="2369219" user="spytfyre" uid="166957" visible="true" timestamp="2009-09-
    04T13:35:42Z">
    <tag k="name" v="The Blue Blazer"/>
    <tag k="amenity" v="pub"/>
  </node>
</osm>

```

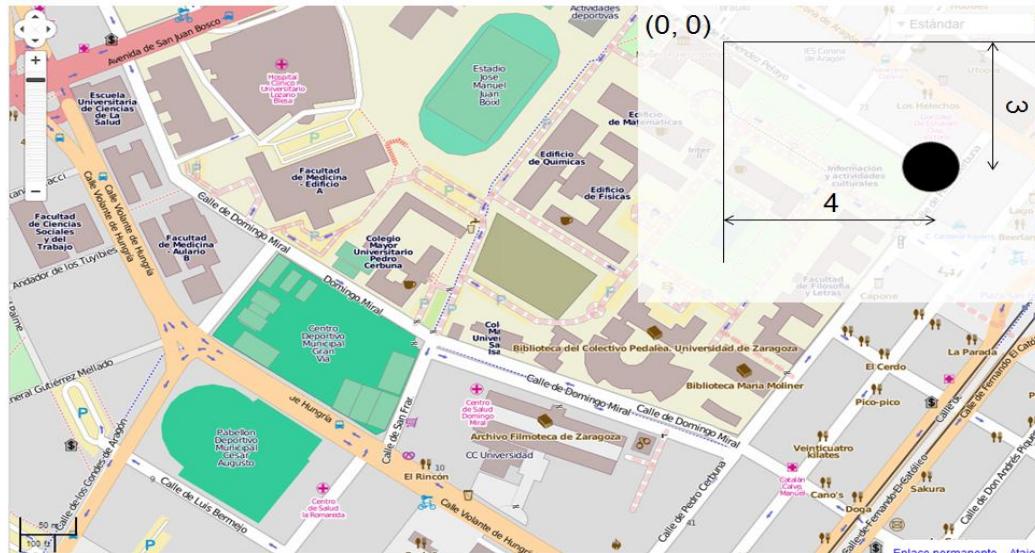


Figura 6. Ejemplos de *nodos* en la ciudad de Zaragoza: bibliotecas, restaurantes, centros de salud, parkings...

El ejemplo anterior muestra: un determinado identificador otorgado al nodo digitalizado (*id*), coordenadas de latitud y longitud del mismo con 7 decimales lo que significa “una resolución latitudinal de 1cm, y una resolución longitudinal de 1cm en el Ecuador y en torno a 0.6cm en Greenwich” (Benet, 2006). También se observa la categoría en la que ha sido incluido el nodo (*amenity*, *pub*), el nombre que se le ha otorgado (*The Blue Blazer*), el usuario que lo ha editado y el momento en el que se ha llevado a cabo la edición.

Las **vías** son una secuencia ordenada de nodos que describen elementos lineales como carreteras, caminos o ríos. Éstas pueden formar elementos cerrados creando áreas o superficies. Una vía debe tener al menos dos nodos y alcanzar un máximo de 2000 nodos (cifra que evita un posible colapso del servidor de OSM); y un nodo puede formar parte de más de una vía, siempre y cuando ambas comparten al menos un nodo. Del mismo modo, si todos los nodos que conforman una línea son desplazados, pero los nodos siguen conservando su mismo código identificador, no será creada una nueva versión de la vía o camino.

Si el primer y el último nodo de una vía son el mismo conformarán un **área** cerrada o **superficie** que, una vez etiquetado como área, será representada de un modo diferente al de una vía sin cerrar. También es posible crear un vacío dentro de una superficie cerrada (por ejemplo, el claustro de un edificio antiguo) a partir de las herramientas de edición que explicaremos posteriormente.

En lenguaje XML, una vía se expresaría del siguiente modo:

```

<osm version="0.6" generator="OpenStreetMap server">
  <way id="43157302" visible="true" timestamp="2009-10-26T10:45:09Z" version="1"
    changeset="2954960" user="Ed Avis" uid="31257">
    <nd ref="540653724"/>
    <nd ref="25507043"/>
    <nd ref="107762"/>
    <nd ref="25507038"/>
    <nd ref="107759"/>
    <tag k="highway" v="primary"/>
    <tag k="lcn_ref" v="6a"/>
    <tag k="name" v="Parliament Street"/>
  </way>
</osm>

```

En el ejemplo expuesto en el anterior código XML, la información mostrada refiere al identificador del elemento (*way id*), el usuario editor y fecha de edición, o la categoría del elemento. Así mismo, se describe el identificador de cada uno de los nodos de la vía o superficie cerrada.

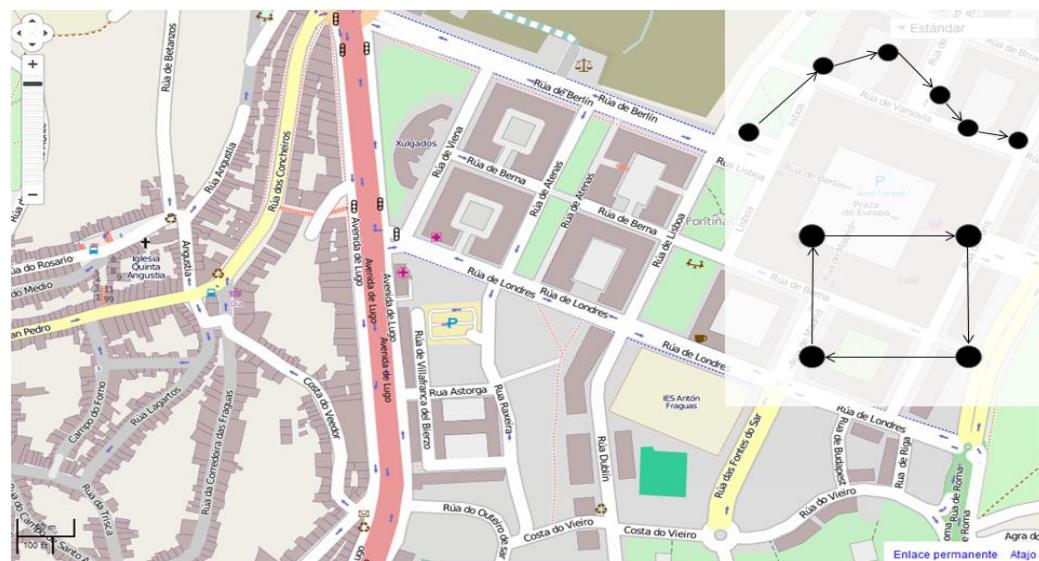


Figura 7. Ejemplos de vías y superficies cerradas en la ciudad de Santiago de Compostela: calles, avenidas, caminos, edificios, límites de zonas verdes, rotundas...

Una **relación** agrupa a varios elementos, como pueden ser nodos y/o vías. “Los elementos son «miembros» de la relación y cada uno de los miembros tiene un «rol»” (<http://wiki.openstreetmap.org/>).

Una relación puede tener un determinado número de etiquetas. Normalmente una relación posee una etiqueta *type* (tipo) que define el tipo de relación entre los elementos. Las relaciones se emplean, por ejemplo, para representar rutas ciclables, restricciones de giro, o para representar áreas con “islas”. Al igual que ocurre en programas SIG, el orden de los elementos existentes dentro de una relación es muy importante y determina la relación que se está a definir.

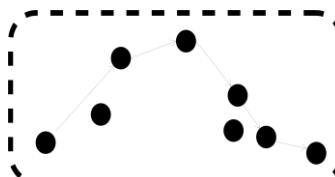


Figura 8. Esquema de relación entre elementos en OSM.

Citada anteriormente, una **etiqueta** “es una propiedad que se asocia a un elemento para definir una característica de éste” (<http://wiki.openstreetmap.org/>). Por ejemplo, la etiqueta *highway=residential* define una vía como calle urbana. OSM aconseja aplicar determinadas etiquetas en función del tipo de elemento representando: en el caso de una calle urbana pueden ser aplicadas las etiquetas de nombre, sentidos de circulación, restricciones de velocidad al tráfico rodado...

A continuación se expone un listado de los elementos que se pueden registrar con las herramientas de edición de OSM, obtenido de la *wiki* de OSM (<http://wiki.openstreetmap.org/>), con la intención de mostrar la gran cantidad de posibilidades de elementos a cartografiar, cada uno con su simbología y estilo correspondiente:

- **Transporte elevado:** incluye formas de transporte de personas o bienes materiales usando cables aéreos. Ejemplos: teleféricos (vía), telesillas (vía), telesquíes o cables de arrastre (vía), telehuevo o teleférico más pequeño con pocas plazas y normalmente sentado (vía), transporte elevado de mercancías (vía), transporte elevado compuesto de telesillas y telehuevo (vía), pilote de soporte del cable que sujeta el transporte elevado (nodo), o estación de subida o bajada del transporte elevado (nodo, área).

- **Vías aeroportuarias:** refiere a espacios para que aviones y helicópteros realicen maniobras. Ejemplos: aeropuertos (nodo, área), estacionamiento de aviones (área), puertas de embarque (nodo), zonas de aterrizaje o despegue de helicópteros (nodo, área), pistas de aterrizaje o despegue de aviones (vía), pistas de rodadura cuya función es comunicar pistas de aterrizaje o despegue con los hangares y terminales del aeropuerto (vía), terminal de pasajeros de un aeropuerto (nodo, área), o mangas de viento (nodo).
- **Infraestructuras:** sustento, como bares (nodo, área), barbacoa pública y al aire libre (nodo), terrazas de bares y restaurantes o merenderos (nodo, área), café (nodo, área), fuente de agua para beber (nodo), restaurante de comida rápida (nodo, área), establecimientos que sirven comida (nodo, área), pubs (nodo, área), restaurantes (nodo, área); educación, como institutos (nodo, área), guarderías y parvulario (nodo, área), bibliotecas (nodo, área), colegio (nodo, área), universidades, campus o edificios (nodo, área); transporte, como aparcamientos para bicicletas (nodo, área), puntos de alquiler de bicicletas (nodo, área), estaciones de autobuses (nodo, área), alquiler de coches (nodo, área), lugares para compartir coche (nodo, área), lavaderos de coches o autolavados (nodo, área), “electrolineras” (nodo), terminales de ferry (nodo, área), gasolineras (nodo, área), contenedores de grava o sal para ser usada en caso de hielo o nieve (nodo), aparcamiento o parking (nodo, área), puerta de entrada a un parking subterráneo (nodo), paradas de taxis (nodo, área); financiero, como cajeros automáticos (nodo), bancos (nodo, área), casas de cambio de divisas o cheques de viaje (nodo); salud, como casas de acogida de bebés (nodo, área), clínicas (nodo, área), dentistas (nodo, área), hospitales (nodo, área), farmacias (nodo, área), servicios sociales (nodo, área), veterinarios (nodo, área); entretenimiento, como centros de arte (nodo, área), cines (nodo, área), lugares para eventos locales y festivos (nodo, área), fuentes de uso ornamental (nodo, área), discotecas (nodo, área), centros sociales para actividades públicas, gratuitas o sin ánimo de lucro (nodo, área), local de strippers (nodo), estudio de radio o televisión (nodo, área), teatros (nodo, áreas); otras infraestructuras, como bancos para sentarse y descansar (nodo), relojes públicos en sitios visibles como el Big Ben (nodo), juzgados (nodo, área), crematorios (nodo, área), embajadas (nodo, área), parque de bomberos (nodo, área), cementerios (nodo, área), mercados (vía, área), lugares de culto como iglesias, mezquitas, o templos de cualquier religión (nodo, área), comisarías de policía (nodo, área), buzones de correos (nodo), oficinas de correos (nodo, área), prisiones o cárceles (nodo, área), edificios de uso público (nodo, área), centros de reciclaje, puntos limpio, recogida de vidrio (nodo, área), sauna (nodo, área), refugios de montaña (nodo, área), baños y duchas públicas (nodo, área), cabinas telefónicas o teléfonos públicos (nodo), ayuntamientos (nodo, área), cubos de basura (nodo), etc.
- **Barreras:** citamos las murallas de una ciudad (vía, área), zanjas (vía, área), vallas o cercas (vía, área), guardarráiles (vía), setos (vía, área), muros de contención (vía, área), bloques (vía, área), bolardos (nodo), cadenas (nodo), barreras de bicicletas (nodo), etc.
- **Fronteras, límites:** por ejemplo, límites administrativos (área), fronteras marítimas (área), límites de Parques Nacionales (área), circunscripciones electorales (área), o parajes naturales (área).
- **Tipologías de edificaciones:** se emplean para identificar edificios individuales o grupos de edificios conectados. Ejemplos: edificios de viviendas (área), edificios compartidos como residencias universitarias (área), hotel (área), viviendas unifamiliares independientes o pareadas (área), hileras de viviendas unifamiliares pareadas que normalmente cada una tiene su propia entrada (área); edificios de oficinas (área), almacenes (área), edificios dónde tiene lugar la venta de productos (área); catedrales (área), iglesias (área), estaciones de tren (área); puentes (área), bunkers (área), cabañas (área), garajes (área), invernaderos (área), chozas (área), etc.
- **Oficios y artesanos:** cestería y mimbrería (nodo, área), apicultura (nodo, área), fábricas de cerveza (nodo, área), astilleros artesanales (nodo, área), ebanistas (nodo, área), relojeros (nodo, área), pastelería (nodo, área), etc.
- **Emergencias:** base de ambulancias (nodo, área), extintores (nodo), manguera de incendios (nodo), boca de incendios (nodo), teléfono de emergencias (nodo), etc.
- **Geología:** yacimientos arqueológicos (nodo, área), taludes (nodo, área).
- **Carreteras:** autopistas y autovías (vía), enlaces a autopistas y autovías (vía), carreteras nacionales (vía), rampas de entrada/salida a carreteras nacionales (vía), carreteras autonómicas (vía), calles residenciales (vía), calles peatonales (vía, área), vías de servicio (vía), caminos forestales (vía),

carril bus (vía), circuitos de carreteras para vehículos a motor (vía); senderos para jinetes (vía), escaleras (vía), vías planificadas o previstas (vía), vía en construcción (vía); rotondas o glorietas (vía, vía cerrada), carril bici (vía), el punto más alto de un paso de montaña (nodo); paradas de autobús (nodo), paso de peatones (nodo), vados (nodo, vía), mini-rotonda (nodo), área de descanso (nodo, área), punto de alumbrado público (nodo), área de servicio (nodo, área), semáforo (nodo), etc.

- **Histórico:** por ejemplo, lugares arqueológicos (nodo, área), el sitio de una batalla o escaramuza militar del pasado (nodo, área), mojones (nodo), castillos (nodo, área), monumentos (nodo, área), ruinas (nodo, área), cruceros (nodo, área), lugares de naufragios (nodo, área), etc.
- **Usos del suelo:** por ejemplo, huertos (nodo, área), depósitos de agua (nodo, área), cementerios (área), parques de negocios (nodo, área), zonas en construcción (nodo, área), tierras de cultivo o pasto (área), granjas, establos o criaderos (área), zonas forestales (nodo, área), zonas de pasto (nodo, área), zonas industriales (nodo, área), vertederos de basura (nodo, área), zonas militares (nodo, área), zonas de cultivo de árboles o arbustos para producción alimentaria (nodo, área), canteras o minas a cielo abierto (nodo, área), espacios para el uso ferroviario fuera del alcance del público (área), zonas de viviendas, casas o apartamentos (nodo, área), salinas y estanques de explotación de sal (área), zonas verdes públicas (nodo, área), zonas de cultivo de viñas y parras de uva de mesa (nodo, área), etc.
- **Recreo:** áreas recreativas (nodo, área), áreas de pesca (nodo, área), jardines (nodo, área), campos de golf (nodo, área), puertos para yates y barcos de recreo (nodo, área), minigolf (nodo, área), zonas de juegos infantiles y columpios (nodo, área), rampa para botadura de barcos (nodo), polideportivos (nodo, área), estadios (nodo, área), piscinas (nodo, área), pistas de atletismo, ciclismo, hipódromos... (nodo, vía, área), etc.
- **Construcciones:** entrada a una mina subterránea (nodo, área), baliza (nodo), rompeolas (vía, área), chimenea grande e industrial (nodo), grúa estable y permanente (nodo, área), cortafuegos en zonas vegetales y bosques (vía), faro en la costa (nodo), pozo de una mina (nodo, área), estación meteorológica (nodo, área), pozo petrolífero (nodo), tuberías que pueden llevar gas, petróleo o agua (vía), depósitos de líquido o gas (nodo, área), vértice geodésico (nodo), depuradora (nodo, área), molino de agua (nodo, área), pozo o excavación para obtener agua (nodo, área), etc.
- **Militar:** aeródromo militar o base aérea (nodo, área), cuartel o barracón (nodo, área), campo de tiro (nodo, área), o base naval (nodo, área).
- **Natural:** una bahía (nodo, área), playa de arena o grava (nodo, área), entrada a una cueva (nodo, área), acantilado (nodo, vía, área), línea de costa (vía), glaciar o zona de nieve perpetua (nodo, área), tierra baja despejada sin cultivar con arbustos y casi sin árboles (nodo, área), ciénaga (nodo, área), cima de un monte o montaña (nodo), banco de arena (nodo, área), pedregal con peligro de desprendimientos (nodo, área), manantial natural (nodo), una roca grande aislada (nodo), línea de árboles (vía), cima de un volcán (nodo), agua, lagos o lagunas (nodo, área), marisma o humedal (nodo, área), etc.
- **Oficinas:** engloba todo tipo de oficinas que nos podamos imaginar.
- **Lugares:** ciudades (nodo, área), pueblos (nodo, área), aldeas (nodo, área), viviendas aisladas (nodo, área), urbanizaciones (nodo, área); alguno de los siete continentes (nodo, área), país (nodo), comarca (nodo, área), islas (nodo, área), región o provincia (nodo, área), estado (nodo, área), etc.
- **Tendido eléctrico:** es el caso de plantas de producción energética (nodo, área), líneas del tendido eléctrico de alto voltaje (vía), línea del tendido eléctrico de baja tensión (vía), postes de madera u hormigón de baja tensión o de teléfono (nodo), estación o subestación eléctrica (nodo, área), torre de tendido eléctrico de alto voltaje (nodo), tendido eléctrico subterráneo (vía), etc.
- **Transporte público:** lugares donde los pasajeros esperan al vehículo de transporte público (nodo, vía, área), estación donde vehículos de transporte público finalizan e inician sus recorridos (área), lugar en la vía donde un vehículo de transporte público se detiene para dejar o recibir pasajeros (nodo).
- **Ferrocarriles:** ferrocarril abandonado, en desuso y no utilizable (vía), ferrocarril en construcción (vía), ferrocarril en desuso pero que mantiene los raíles y la infraestructura (vía), funicular (vía), metro ligero (vía), trenes en miniatura que son de vía estrecha y pueden llevar personas y que normalmente se ven en parques de atracciones (vía), monorraíl (vía), ferrocarril de vía estrecha

- (vía), apeadero de tranvía (vía), metro (vía), tranvía (vía); apeadero de ferrocarril (nodo), andén (nodo, vía, área), estación de ferrocarril (nodo, área), boca de metro (nodo), etc.
- **Rutas:** en bicicleta (vía, relación), línea de autobús (vía, relación), ruta que coge un ferry de terminal a terminal (vía, relación), rutas a pie (vía, relación), rutas en bicicleta de montaña (vía), rutas con raquetas o esquí nórdico de travesía o de fondo (relación), etc.
 - **Comercios:** esta categoría engloba todo tipo de establecimientos comerciales cartografiados con nodos o áreas.
 - **Deportes:** en esta categoría se engloban las instalaciones en las que se realizan todo tipo de deportes y se representan empleando nodos o áreas.
 - **Turismo:** refugios de montaña (nodo, área), atracción turística (nodo, área), esculturas en la calle (nodo, vía, área), camping (nodo, área), casas rurales (nodo, área), pensiones (nodo, área), hostales y albergues (nodo, área), hoteles (nodo, área), museos (nodo, área), vista panorámica (nodo), zoo (nodo, área).
 - **Vías de agua y portuarias:** astilleros (nodo, área), canales, acequias y trasvases (vía), muelles o dársenas (nodo, área), ríos (vía), arroyos (vía); presas (vía, área), compuerta o esclusa (nodo), etc.

Por último, recordar que toda la información digitalizada, o datos obtenidos en dispositivos GPS, están registrados en el sistema de proyección **WGS 84**. Sin embargo, existe una excepción: cuando el zoom es máximo, el sistema de referencia cartográfico es sustituido por una tesela o *tile* con un tamaño de 256x256.

Analizado el contenido, el siguiente paso es trabajarla. Existen diferentes editores de datos específicos para trabajar con información OSM (Potlatch, JOSM, Merkaartor...), pero el usuario también puede trabajar con software comercial, véase ArcGIS y productos ESRI, como se explicará en las páginas siguientes. A continuación se procede a analizar el funcionamiento de algunos de estos programas informáticos.

5.2.2. Editores: POTLACH.

Potlach es un editor basado en tecnología *Flash* que se ejecuta directamente en el navegador web. La gran ventaja de este editor sobre otros es que no necesita instalación previa en el ordenador del usuario (editor *online*). Potlach está diseñado para facilitar el trabajo de edición al usuario y para que éstos no tengan que preocuparse por conocer cómo funciona la topología o el modelo de datos de OSM.

OSM ofrece 2 versiones: Potlach1 y Potlach2. Para acceder a ambos editores debemos hacerlo a través de la página principal de OSM (<http://www.openstreetmap.org/>) en la opción: Editar, Editar con Potlach1-2 (editor en el navegador).

En el caso de Potlach1, éste solo trabajará con un zoom inferior al nivel 13. Al mismo tiempo se ofrece al usuario la posibilidad de “Editar con guardar” o “Editar en vivo”: empleando la segunda opción se guardarán cambios y generación de nueva información automáticamente en OSM, sin necesidad de guardar los cambios periódicamente.

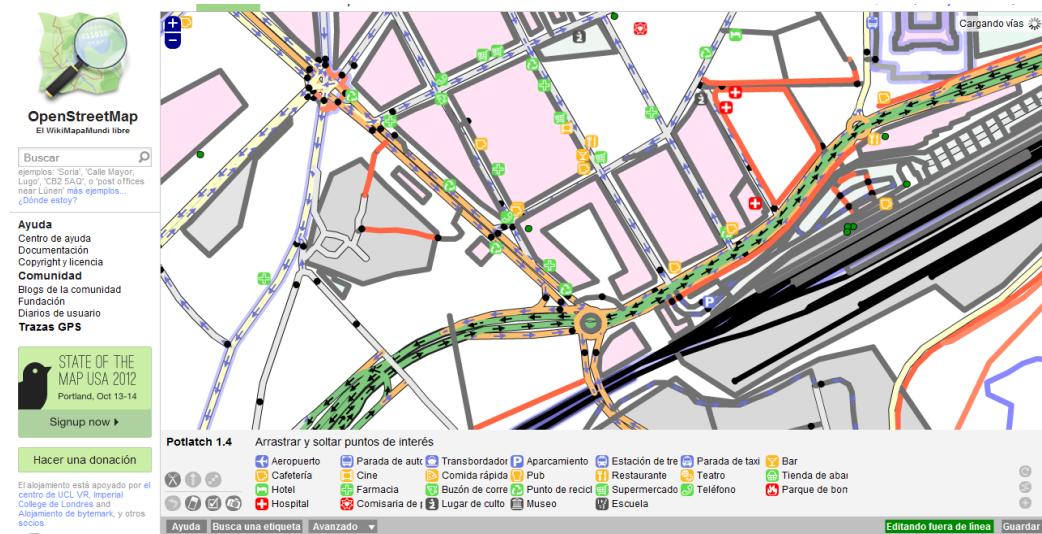


Figura 9. Interfaz del editor Potlach1

Si el usuario desea seleccionar un elemento tan solo debe hacer clic sobre éste y en la parte inferior de la ventana aparecerá la ventana de etiquetas. Al mismo tiempo, el elemento seleccionado será iluminado en la ventana del mapa, tanto la línea como los nodos que la componen. Si algún nodo está compartido con otras vías o áreas, estos tendrán un borde de color negro. Solamente se podrá seleccionar un elemento al mismo tiempo en Potlach, de modo que si la intención es editar varios elementos el usuario debe hacerlo uno a uno o emplear algún editor de escritorio (ArcGIS, por ejemplo, como veremos posteriormente). Para dejar de seleccionar un elemento basta con hacer clic en una zona vacía de elementos, del mismo modo que si se desea comenzar a crear una nueva vía o punto de interés. Por último, para eliminar un elemento seleccionado se debe pulsar la tecla suprimir.

A continuación se analizará la interfaz de Potlach1:

- Las vías de comunicación son representadas con diferente simbología en función del rango jerárquico de las mismas: autopistas o autovías, carreteras nacionales, red primaria, red secundaria, calles urbanas... Los ríos se mostrarán con una línea de color azul. De igual modo, los puntos de interés se mostrarán con un ícono representativo de los mismos, tal y como se muestra en la parte inferior de la Figura 6: se representan los casos más repetidos en los procesos de edición, pero en la función “Busca una etiqueta” podremos seleccionar cualquier categoría definida en la *wiki* de OSM o crear otras categorías que vayamos a crear adaptándolas a nuestras necesidades. Si se desea generar un punto de interés bastaría con seleccionar una categoría y ubicarla sobre el mapa; si se desea generar una vía o un área, éstas se crearán mediante una sucesión de nodos que se enlazarán de forma encadenada.
- En la parte inferior **izquierda** de la pantalla se encuentran 7 botones. Las tijeras permiten dividir una vía en el punto seleccionado. La flecha invierte el sentido de circulación de la vía seleccionada, en el caso de que esta vía tenga una etiqueta que muestre esta información. El botón superior derecho alinea los nodos de una vía siguiendo una línea recta. El botón inferior izquierdo es la típica función de deshacer y retroceso. La siguiente función muestra las trazas de GPS en el área mostrada en el visor. El botón *checkbox* ofrece diferentes opciones (mapa base a emplear a la hora de editar o crear elementos, por ejemplo). Por último, la cámara permite cargar imágenes de una determinada fuente de datos especificada por el usuario.

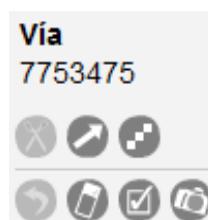


Figura 10. Elementos de edición explicados en el párrafo anterior.

- En la esquina inferior derecha se encuentra la función de guardar los cambios realizados, siempre que se haya elegido previamente la función de “Editar con guardar”.



Figura 11. Opciones para guardar la información de OSM.

Cuando el usuario selecciona un elemento existente, la paleta de iconos de la parte inferior de la pantalla desaparece y es reemplazada por el editor de etiquetas donde se podrá modificar el contenido de las mismas. Además, es posible obtener información acerca del momento de creación del elemento seleccionado, así como las relaciones que mantiene este elemento con otros.

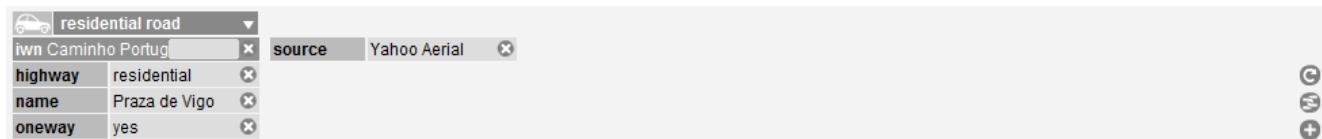


Figura 12. Ventana de editor para una calle dónde se muestra el nombre de la misma (*Praza de Vigo*), su categoría (*Calle urbana o residencial*), sentidos de circulación (*sentido único de circulación*) y origen de la información (*Yahoo Aerial*). Se podría añadir más información, como el límite de velocidad de la misma, por ejemplo.

En la figura 7, en el margen derecho se pueden observar 3 botones. El botón superior permite añadir las mismas etiquetas que las establecidas en el elemento editado previamente. El botón del medio añade al elemento seleccionado una nueva relación u otra ya existente. Y el botón inferior añade un nuevo parámetro.

Como se ha explicado anteriormente, en la parte inferior de la interfaz de Potlatch1 están representados algunos de los principales puntos de interés que emplean sus usuarios. No obstante, Potlatch tiene un extenso catálogo de opciones para representar otros elementos y etiquetas menos usuales. Una vez generado un punto, vía, área, o seleccionando algún elemento existente, es posible modificar sus etiquetas y categorías: tal y como se muestra en la figura 13, seleccionada la columna de la izquierda, se borra la categoría indicada y aparecerán una serie de categorías que el usuario podrá seleccionar según sus necesidades; en la columna de la derecha, por su parte, se modifica la descripción del elemento. Toda esta información acerca de categorías y etiquetas el usuario podrá encontrarla en la *wiki* de OSM (<http://wiki.openstreetmap.org/>).

(no preset)	
amenity	veterinary
name	Cosmopet
addr:house	106
addr:street	Avenida Rosalía

Figura 13. Edición de atributos en Potlatch1.

Potlatch1 ha sido mejorado con el nacimiento de Potlatch2. Se trata de una versión más reciente que ha reinventado Potlatch enriqueciendo la interfaz del editor. Para el usuario inexperto, esta última versión es más sencilla desde el punto de vista de insertar etiquetas o categorías a los diferentes elementos registrados en OSM. El resto de funciones son las mismas que el usuario encuentra en Potlatch1.

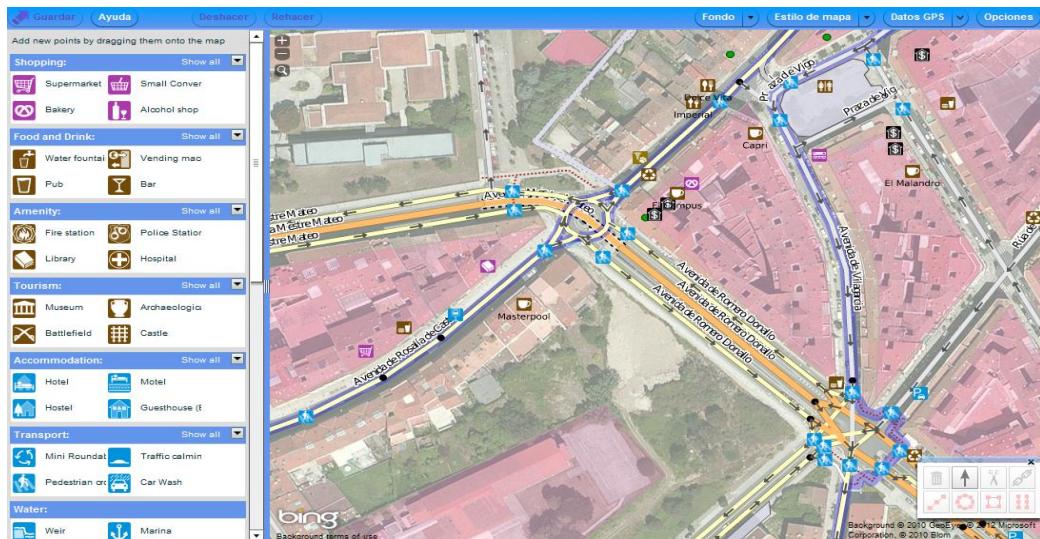


Figura 14. Interfaz del editor Potlach2

5.2.3. Editores: JOSM.

Potlatch es un buen editor para realizar pequeñas modificaciones de los elementos de la base de datos de OSM. Sin embargo, al trabajar en tareas de mayor rango sería conveniente emplear otro tipo de programas más potentes. Java OpenStreetMap (JOSM) es un editor de escritorio (no necesita estar conectado a internet para realizar cualquier tipo de modificación o edición en OSM) escrito en Java. JOSM presenta un elevado número de funcionalidades, muchas de las cuales no han sido de interés en estas prácticas laborales, de modo que este apartado se centrará en lo esencial a la hora de explicar este editor.

Puesto que se trata de un editor de escritorio, el primer paso es descargar el programa desde su propia página web (<http://josm.openstreetmap.de/>), concretamente la versión testeada de JOSM por ser más estable que la última versión. Una vez descargado e instalado el programa, el siguiente paso ha de ser conseguir información para poder trabajar con ella. Existen 2 opciones:

- Exportar directamente desde la página de OSM, en formato OpenStreetMap XML (*.osm).
- Adquirir datos desde JOSM: *Archivo, descargar desde OSM*.

Empleando la segunda opción, JOSM ofrece varias posibilidades. En la pestaña “Mapa deslizante” el usuario debe aproximarse al área de la que desee extraer información. Una vez que el nivel de zoom es el adecuado, el usuario realizará un recuadro con el botón izquierdo del ratón que englobe una superficie algo mayor de la deseada para que aglutine todas aquellas líneas que nacen o finalizan dentro del recuadro. Para desplazar el mapa es suficiente con hacer clic con el botón derecho del ratón y desplazarlo sin soltar el botón del ratón.

En la parte superior de la anterior pestaña se ofrece la posibilidad de descargar “Datos OSM” y “Datos GPS en bruto”. El usuario debe seleccionar la opción que más le convenga. De igual modo, en la parte inferior de la ventana el usuario puede marcar la opción “Descargar como nueva capa” y los datos se añadirán en una nueva capa en JOSM; en caso de no seleccionar esta opción, la información sería añadida a la información anteriormente abierta en JOSM, cada una ubicada en la interfaz atendiendo a sus coordenadas geográficas.

En la parte derecha de la ventana se encuentra la opción de modificar la apariencia o el estilo del mapa base, el cual se verá reflejado en los datos descargados para JOSM.

Si se conocen las coordenadas del área de nuestro trabajo o estudio, en la pestaña “Encuadre” se definirá el tamaño del recuadro.

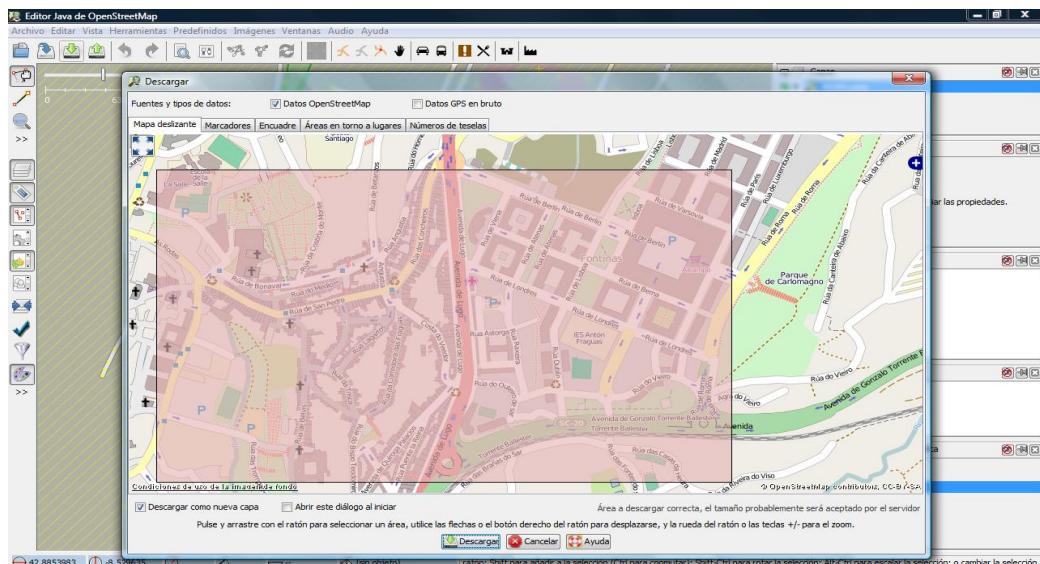


Figura 15. Adquisición de datos OSM desde JOSM.

Una vez realizadas estas operaciones se debe hacer clic en “Descargar” y los datos se incorporarán directamente a JOSM.

Analizando la interfaz de JOSM, se observa que en el lado izquierdo de aquélla se ubica una barra de herramientas con funciones de dibujo, selección, movimiento, escalado, rotación de objetos, zoom, así como botones para mostrar expandidos u ocultos en el lado derecho de la ventana del editor: listado de capas abiertas, propiedades de los objetos seleccionados, ventana con los elementos seleccionados, listado de relaciones entre los elementos, listado de comandos, ventana de validación para subir los datos a la base de datos de OSM, filtrado de objetos, listado de modificaciones realizadas por el usuario, o configurar el estilo de dibujo del mapa, entre otros.

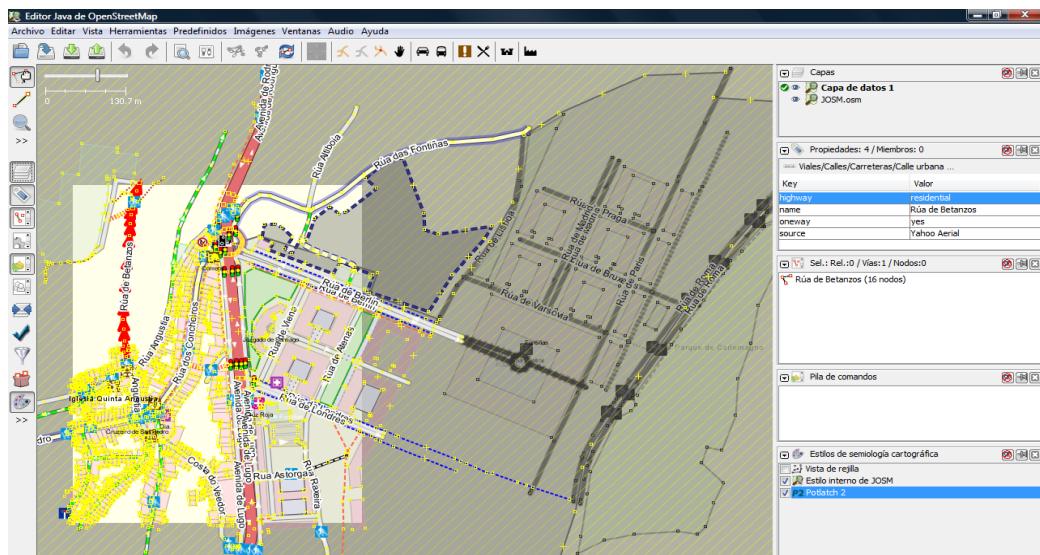


Figura 16. Interfaz de JOSM. En esta imagen se observa que se están visualizando 2 capas, aunque tan solo se puede mantener el estilo de la capa base en una de ellas. La ventana de selección de capas la podemos observar en la esquina superior derecha de la imagen.

Se debe tener en cuenta que el objetivo del uso de JOSM era diverso: incorporar *shapes* de ArcGIS a JOSM y posteriormente a OSM; obtener y descargar datos de OSM para incorporarlo a ArcGIS sin depender de una conexión a internet; editar estilos de cartografía, o conseguir una copia de los mismos, para poder incorporarlos a ArcGIS.

JOSM presenta un listado de opciones variadas: *Editar*, *Preferencias* (tecla F12). A continuación se procede a describir algunas funciones de interés:

- El editor de escritorio JOSM ha sido mejorado a partir de la creación de *plugins* o complementos por parte de los usuarios. Algunos de ellos podrían ser de gran utilidad, en concreto el denominado “*Open Data*”. En la página web <http://josm.openstreetmap.de/wiki/>, el usuario podrá encontrar y conocer un amplio listado de *plugins*, su descripción, así como la posibilidad de descargarlos para instalar en JOSM. El *plugging* “*Opendata*” resulta de gran interés ya que fue creado con la intención de facilitar el análisis geográfico de datos en JOSM a partir de la obtención de coberturas de diferentes portales web o formatos SIG compatibles con OSM. Algunos de los formatos reconocidos por JOSM son: *.csv (formato vectorial), *.xls, *.kml (formato empleado por Google Earth), *.kmz (formato usado por Google Earth), *.gml, *.mif (MapInfo Interchange), *.tab (MapInfo TAB), o *.shp (ESRI Shapefile).
- La opción “Control remoto” tiene una particularidad de gran interés: si se activa la casilla “Activar control remoto” y “Descargar los objetos en capa nueva” los ficheros *.shp serán importados en capas diferentes a las descargadas desde OSM.

Un modo más simple de instalar estos complementos es acudir a: *Editar, preferencias*, pestaña *Complementos*, y hacer clic en *Descargar lista*. Una vez que JOSM haya actualizado su listado de *plugins*, el usuario podrá buscar el complemento más adecuado a sus intereses, en este caso *Open-data*. A continuación se debe reiniciar JOSM y a partir de este momento ya se podrán incorporar *shapes* a JOSM (*Archivo, Abrir*).

A partir de este momento, el usuario podrá incorporar su propia información, generada por él mismo, a OSM.

La opción “Ajustes del mapa” ofrece múltiples posibilidades, pero algunas de gran interés en nuestro trabajo. Si el objetivo del usuario es modificar los estilos de la cartografía de OSM para poder aplicar a su propio trabajo, en la pestaña “Estilos de semiología cartográfica” podremos modificar la base cartográfica de OSM. En la página web

<http://josm.openstreetmap.de/wiki/Styles> se puede contemplar un amplio listado de estilos, su descripción gráfica, su código XML o sus imágenes asociadas a la representación de objetos. Posteriormente se analizará cómo modificar estos estilos predefinidos al gusto del usuario:

<http://josm.openstreetmap.de/wiki/Help/Styles/MapCSSTutorial> es una página web donde se pueden obtener algunos ejemplos acerca de cómo realizar este trabajo.

- La última opción, “Preferencias de imágenes”, permite incorporar mapas base u ortofotos a las capas de datos OSM. En el caso de las ortofotos, éstas ayudarán a la creación de nuevas vías o nodos. Esta opción permite elegir entre un amplio abanico de direcciones URL para incorporar a la cartografía del usuario. La siguiente página web muestra un listado de servidores: <http://josm.openstreetmap.de/wiki/Maps>. Una vez añadida la dirección URL, el usuario debe acudir a la barra de herramientas principal de JOSM: *Imágenes* y seleccionar la imagen que incorporó anteriormente.

El objetivo de este apartado es explicar cómo lograr modificar los estilos de la cartografía base de OSM con el editor JOSM, de modo que no se explicarán herramientas de edición y etiquetado que presenta este programa. Para más información sobre este tema, el usuario puede dirigirse a la obra de Jonathan Bennett que se cita en la bibliografía que acompaña a este trabajo.

En los siguientes párrafos se procede a explicar cómo cambiar el estilo del mapa base según los gustos o necesidades del usuario. En primer lugar se necesita un editor de textos, como puede ser *Notepad++* que “es un editor de código fuente libre con soporte para varios lenguajes de programación” (<http://es.wikipedia.org>) (MATLAB, C, C++, PostScript, R, Fortran, SQL, Java, JavaScript...). Una ventaja de *Notepad++* frente a otros editores de texto es que éste “es capaz de resaltar las expresiones propias de la sintaxis de ese lenguaje para facilitar su lectura” (<http://es.wikipedia.org>) empleando diferentes colores.

A continuación, el usuario debe guardar uno de los estilos predefinidos de JOSM, por ejemplo el estilo *Potlach2*: clic sobre él con el botón derecho del ratón, “guardar como”. Además, para realizar la modificación y creación de estilos propios es conveniente tener un amplio conocimiento de las diferentes categorías y elementos que el usuario puede encontrar en OSM para poder modificar sus propiedades en el fichero *.mapcss. Para ello, el usuario podrá acudir a la *wiki* de OSM.

Posteriormente, se importa el fichero `*.mapcss` a *Notepad++*, se busca la categoría informacional deseada y se modifican sus atributos. Por ejemplo, la categoría “*Waterways*” y se asigna un mayor ancho de línea (“*width*”).

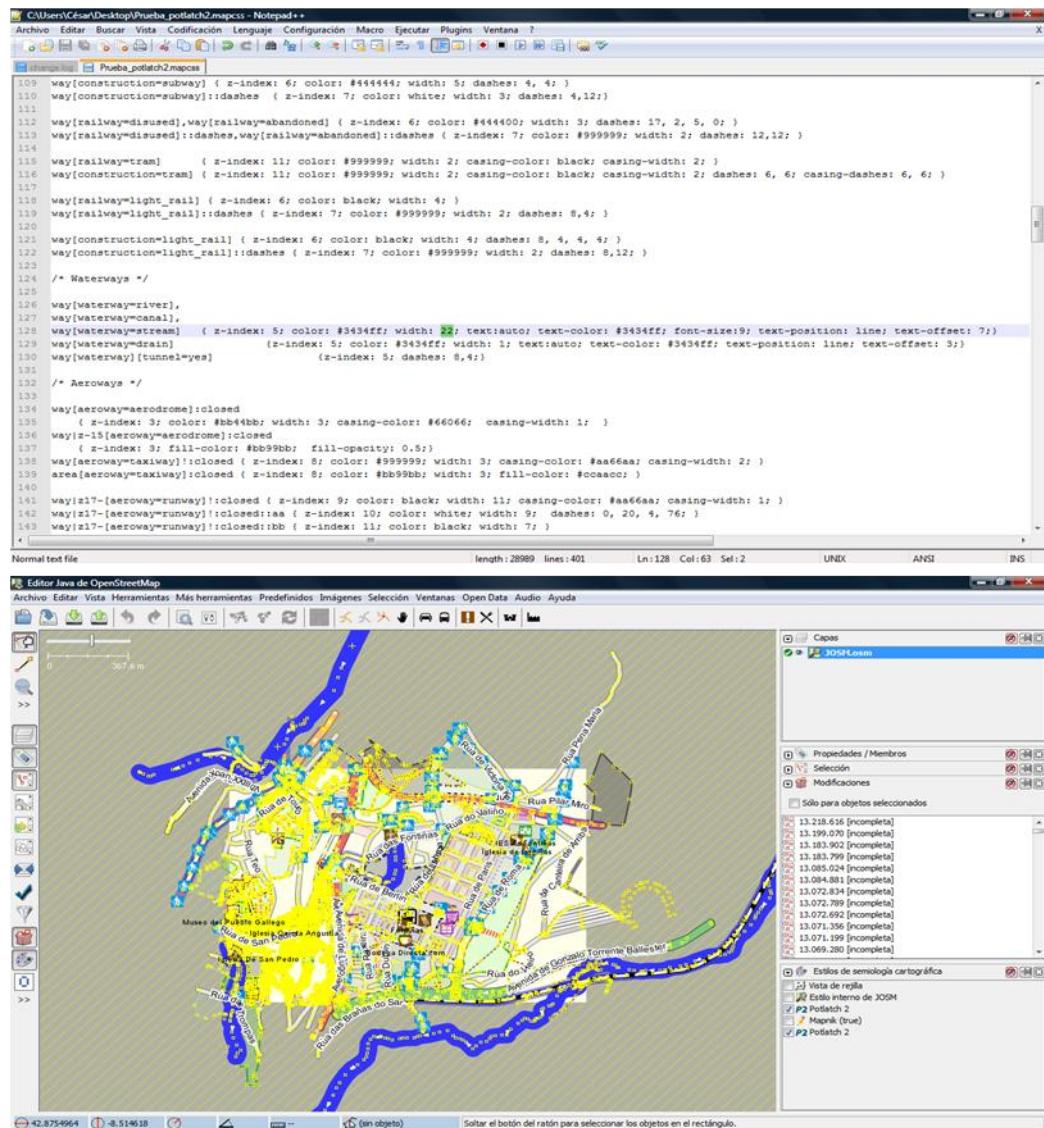


Figura 17. Resultado de modificar el ancho de línea de la categoría *Waterways* (ríos): se sustituye el ancho original de 2 píxeles por otro de 22 (por ejemplo). Se guardan los cambios como fichero `*.mapcss`. La modificación se actualizará directamente en JOSM.

Este cambio de estilo tan simple crece en complejidad a medida que el usuario desea modificar elementos mucho más concretos y de menor tamaño.

En la realización de las prácticas del Proyecto Fin de Máster se han tomado como estilos de referencia los encontrados en la página web <http://maps.cloudmade.com/editor>. Cloudmade es una empresa californiana fundada en el año 2007 que ofrece servicios y aplicaciones de telefonía móvil y cartografía. Los mapas son una parte fundamental de su plataforma de localización y Cloudmade enriquece los datos de OSM completándolos con datos de otras fuentes alternativas generando una multitud de estilos aplicados a todos los elementos que podemos encontrar en OSM. El público usuario podrá observar estos estilos y generar otros propios en esta página, al mismo tiempo que podrá obtener ideas para aplicar a su propia cartografía. Sin embargo, los estilos ofrecidos por Cloudmade y aplicados sobre OSM no son descargables, de ahí que este trabajo tome Cloudmade tan solo como una referencia estilística.

Un inconveniente que presenta este modo de edición de estilos cartográficos en JOSM es la imposibilidad de incorporar los nuevos estilos del mapa base a OSM: es posible incorporar modificaciones de capas, de atributos, o incorporar nuevas capas, pero nunca se podrán modificar los estilos de los

mapas base de OSM. Además, el formato del fichero de estilo JOSM (*.mapcss) no es compatible con casi ningún software GIS o similar con los que se han trabajado en SIGNO a lo largo del período de prácticas: ArcGIS, Quantum GIS, gvSIG, Atlas Styler, Geopublisher, Kosmo, Saga, u OpenJump.

De este modo, se ha descartado JOSM como programa informático apropiado para generar estilos propios de cartografía. Sin embargo, no se debe desechar su potencial a la hora de incorporar nueva información a OSM a partir de ficheros *.shp del público usuario, o mediante combinaciones con otro tipo de programas informáticos con los que no se ha interactuado a lo largo del período de prácticas.

5.2.4. Otros editores.

En este apartado se citarán y explicarán diferentes programas que se han empleado con objeto de modificar la información de OSM, así como la posibilidad de crear estilos cartográficos propios para emplear en SIG de escritorio (como ArcGIS, por ejemplo):

- **OSM2SHP** es una aplicación para JOSM que permitirá al usuario seleccionar qué capas exportar al formato *.shp. En apartados posteriores se explicará que la aplicación *OSM Editor* de ArcGIS es súper creces a OSM2SHP, aunque es obligado comentar que en la actualidad no es fácil encontrar una herramienta que transforme información de OSM a formato *shape*.
- **Kosmos** es una aplicación para descargar y renderizar mapas de OSM. Es un programa anticuado y su versión actual se denomina *Maperitive*, de modo que se ha despreciado Kosmos.

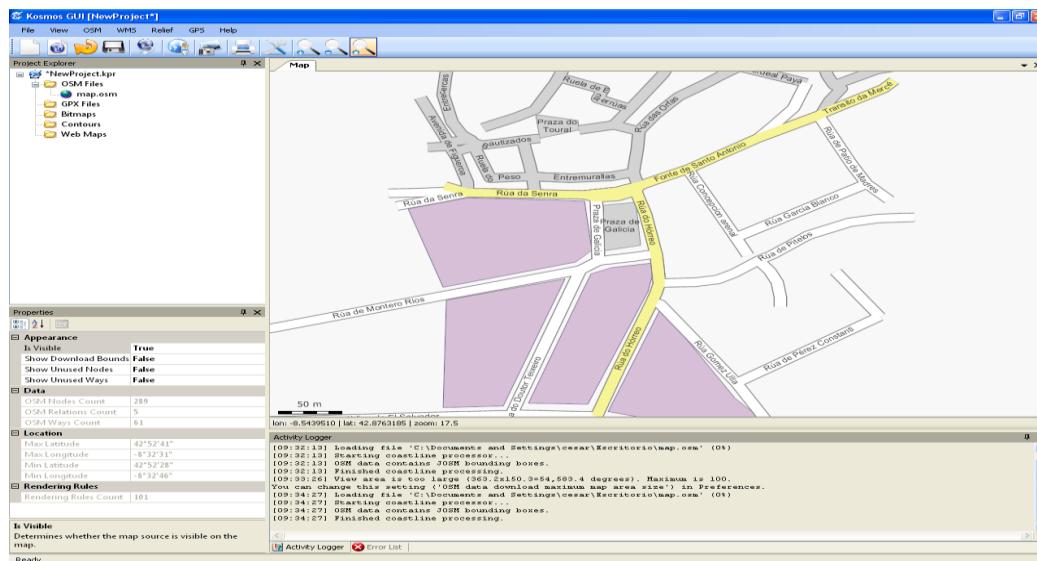


Figura 18. Interfaz de Kosmos.

- **Maperitive** es el sucesor de Kosmos. Se trata de una aplicación de escritorio gratuita para crear mapas a partir de datos de OSM y GPS, así como generar una semiología cartográfica propia. El resultado podrá ser exportado en formato imagen (mapa de bits) o como fichero vectorial SVG, de modo que no ha sido de interés a la hora de aplicar a un visor cartográfico, aunque sí podría ser interesante en otras aplicaciones. Para obtener más información acerca de Maperitive se puede acudir a la página web <http://maperitive.net/docs/>. Los pasos a seguir para la generación de un estilo personalizado los describimos a continuación:

- El primer paso es descargar datos desde la web de OSM o desde el editor de JOSM. Se debe recordar que desde JOSM también se podrían incorporar *shapes*.
- A continuación el usuario abrirá Maperitive, visualizará su área de estudio y abrirá el fichero guardado anteriormente.
- Por último, se hace clic en *Map*, *Edit rendering rules*, y con el programa *Notepad++* abrir el fichero *Default.mrules*, de modo que se podrán modificar colores, grosores de línea, iconos... Tan solo es necesario guardar con otro nombre el fichero de estilos modificado con *Notepad++* y acudir a Maperitive para actualizar el mapa.

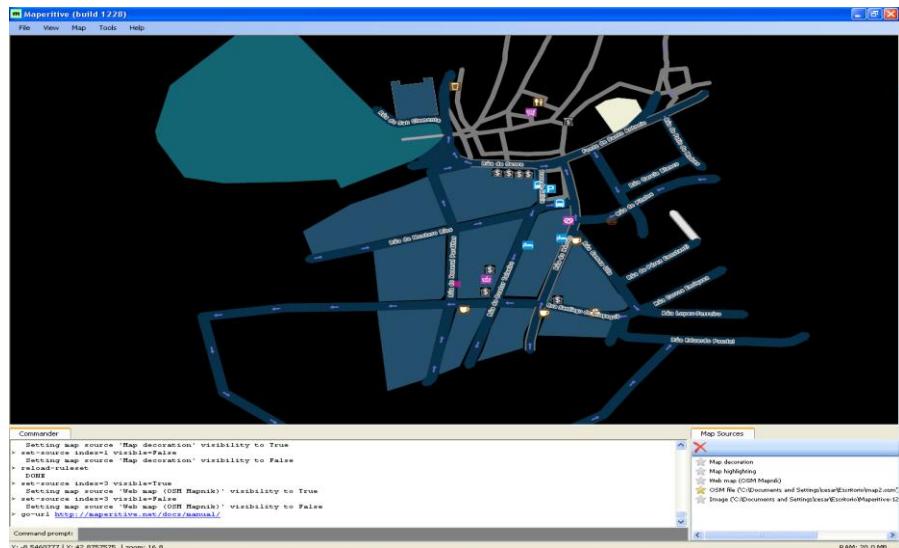


Figura 19. Interfaz de Maperitive y creación de un estilo personalizado.

- **Cloudmade.** Anteriormente se expuso que esta empresa ofrecía estilos cartográficos que podrían ser de utilidad, aunque no podrían ser descargados para trabajar con ellos en un SIG de escritorio. Esto no es funcional para los objetivos de SIGNO. Sin embargo, y como aplicación útil para otras ocasiones o proyectos, el usuario puede insertar los mapas con estilos cloudmade en su propia página web realizando una copia de la URL del estilo que deseamos aplicar en nuestra web.

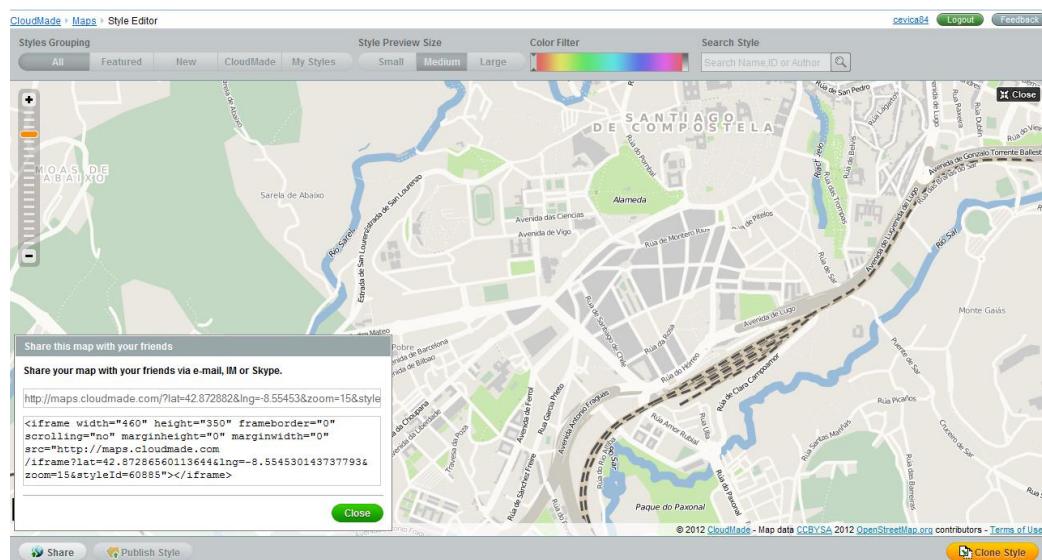


Figura 20. URL del estilo cartográfico 121212 - 60885 de Cloudmade aplicado sobre cartografía OSM.

- **Leaflet** (<http://leaflet.cloudmade.com/>) es una moderna aplicación de código abierto, desarrollada en JavaScript, que presenta como principal utilidad servir de plataforma cartográfica para teléfonos móviles. Es un visor de estilos cartográficos de Cloudmade, de modo que el usuario dependería de un servidor externo a la hora de aplicarlo en su propia web, por lo que se descarta su uso en un primer momento.
 - **Mapbox** (<http://mapbox.com>) es una página web que permite crear una cartografía estilizada propia, pero es de pago y el usuario es dependiente de un servidor externo ajeno a SIGNO, por lo que no ha interesado a SIGNO.
 - Merkaator es un programa muy simple y quizás sea más útil para descargar datos vía GPS, de modo que no ha sido útil como editor de datos de OSM.

6. COMPATIBILIDAD ENTRE OPENSTREETMAP Y ARCGIS

Con el objetivo de lograr aprovechar al máximo la información depositada en OSM, la compañía ESRI ha lanzado **ArcGIS Editor for OpenStreetMap**. Se trata de una extensión gratuita que tiene por objeto la “descarga de datos de OpenStreetMap, almacenados localmente en Geodatabase, y emplear el entorno de edición de ArcGIS Desktop 10 para modificar, crear o eliminar información” (<http://www.esri.es/es/noticias/esri-lanza-arcgis-editor-para-openstreetmap/>).

En el momento de publicación de esta noticia, agosto del año 2010, se trataba de una aplicación en *beta*. Aunque ha pasado un tiempo considerable, *ArcGIS Editor* no funciona plenamente, de modo que se deduce que todavía no existe una versión definitiva estable. De todos modos, los siguientes párrafos procederán a explicar las principales utilidades y funciones de esta aplicación a la hora de adquirir datos de OSM y trabajar en ArcGIS10.

Como paso previo a la explicación de esta aplicación de ArcGIS, se debe comentar que inicialmente en el período de prácticas se comenzó a trabajar con otra aplicación de Esri: **OSM Loader** (<http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=15137>). Se trata de un *script* definido en *Python* que permite descargar información de OSM directamente a una *geodatabase*. Después de muchas horas invertidas en intentar comprender la utilidad de esta aplicación se ha llegado a la conclusión de que no es compatible con la versión 10 de ArcGIS porque en ningún momento ha permitido incorporar datos de OSM a ArcMap.

ArcGIS Editor for OpenStreetMap es un programa de libre acceso y descarga. Está accesible en la siguiente página web: <http://esriosmeditor.codeplex.com/releases/view/84803>. Una vez instalado en el ordenador, el usuario debe incorporarlo a ArcGIS. En ArcToolbox de ArcMap tenemos la opción de añadir esta nueva caja de herramientas (*Add Toolbox*).

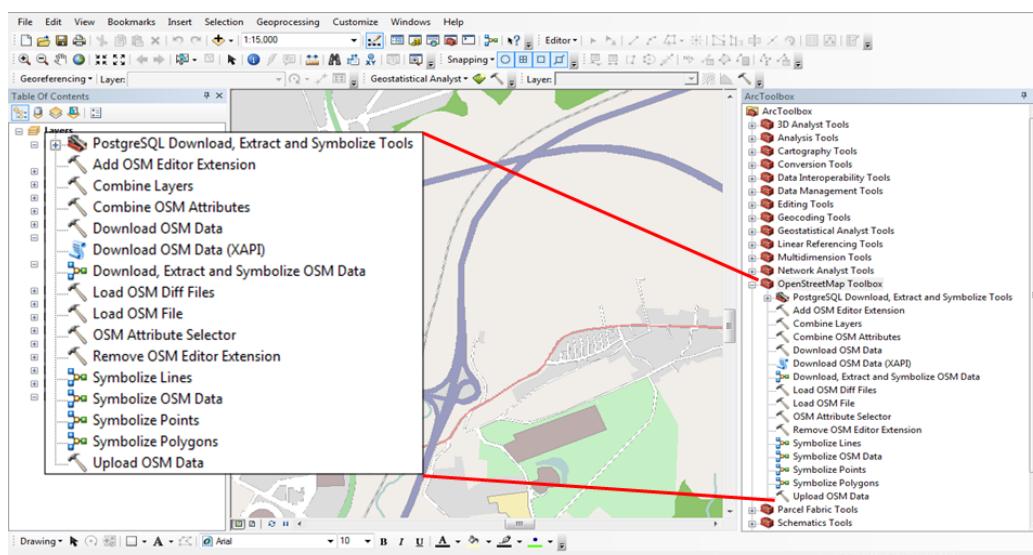


Figura 21. *ArcGIS Editor* instalado en ArcToolbox de ArcMap.

Como paso previo a la explicación de las diferentes utilidades y funcionalidades de esta aplicación, se realizarán un par de apuntes.

En primer lugar, la versión 10 de ArcGIS presenta una novedad frente a la versión anterior: disponiendo de una conexión a internet, el usuario puede implementar en ArcMap cartografía base de diferentes proveedores, entre ellas OpenStreetMap. Esta opción la encontramos en *File*, *Add Data*, *Add Basemap*.

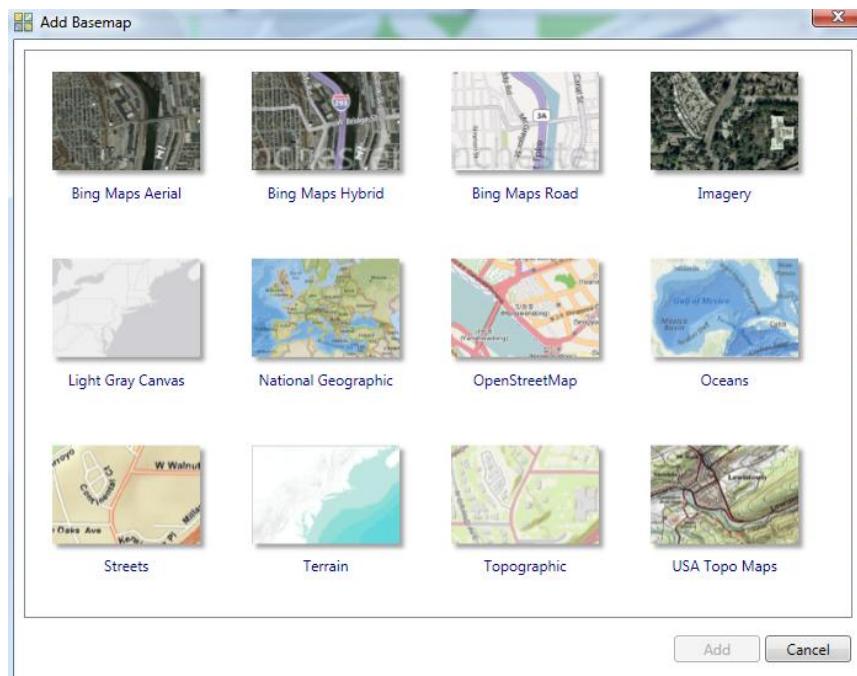


Figura 22. Cartografía base disponible en ArcGIS10. La existencia de un enlace a OpenStreetMap muestra el gran potencial que ofrece este proyecto.

Esta base cartográfica únicamente tiene una función visual. El usuario no puede modificarla ni transformar a formato **.shp*, aunque sí guardar como *layer*. Este último formato almacena los estilos de los ficheros *shape* (colores, formas...) representados en un campo concreto de su tabla de atributos.

En segundo lugar, el usuario puede realizar una descarga masiva de datos OSM desde 2 portales web:

- **Geofabrik** (<http://www.Geofabrik.de/>), desde donde es posible descargar archivos de OSM en formato **.shp*. Este portal realiza una actualización diaria de la información incorporada a la base de datos de OSM y es posible descargarla circunscribiéndola a divisiones administrativas (continentes, estados, comunidades, provincias).
- **Cloudmade** (<http://downloads.cloudmade.com/>), portal de descargas con una menor frecuencia de actualización de la información de OSM que Geofabrik.
- En la *wiki* de OSM existe un apartado destinado a la enumeración de webs dónde poder descargar y obtener todos los nodos, vías y relaciones almacenados es posible descargar la información atendiendo a conjuntos territoriales. Es el denominado **Planet.osm** cuya web citamos a continuación: <http://planet.openstreetmap.org/>.

Una vez citadas las fuentes donde poder conseguir la información almacenada en los servidores de OSM, es el momento de proceder a explicar con detalle cada una de las herramientas de la aplicación *ArcGIS Editor*:

- **Add OSM Editor Extension.** Esta herramienta añade la extensión **.osm* a cualquier archivo que en su momento no había sido descargado de OpenStreetMap. Por el contrario, si el usuario desea usar o compartir datos descargados de OSM en otro contexto diferente de ArcGIS, el usuario deberá borrar o sustituir la citada extensión del fichero empleando la herramienta *Remove OSM Editor Extension*, como se indicará posteriormente.
- **Combine Layers.** Esta es una de las herramientas que no funcionan a la perfección. Desde el punto de vista técnico, esta aplicación funciona para todo tipo de datos y permite agrupar diferentes *layers* o capas en un único *layer*. El usuario tan solo debe seleccionar las capas destinadas a ser agrupadas y otorgar un nombre al nuevo grupo.
- **Combine OSM Attributes.** Esta herramienta permite al usuario combinar atributos definidos por éste dentro de un campo de los ficheros o capas descargadas de la base de datos de OSM.
- **Download OSM Data** permite al usuario descargar datos vectoriales del servidor de OSM con una determinada extensión espacial y almacenarlos localmente en una geodatabase. Tan solo se debe

especificar: la URL de OSM; la superficie de la que se desean descargar datos, existiendo varias opciones (con una superficie similar a la de otras capas ya incorporadas a ArcGIS, con una superficie igual al tamaño del visor *Data view*, especificando las coordenadas exactas de la superficie...); existe una opción para incluir o no, en la descarga de datos, todos aquellos elementos que de alguna manera tengan algún tipo de relación con los elementos vectoriales de la superficie especificada anteriormente; por último, el usuario debe indicar el nombre del *Feature dataset* almacenado en la geodatabase en dónde se almacenarán los datos vectoriales OSM (no es necesario crear esta base de datos espacial de ArcGIS previamente pues esta tarea la realizará la aplicación directamente). El resultado de la descarga de datos son 3 capas que contienen los elementos puntos, líneas y polígonos respectivamente, que son una traducción de los nodos y vías de la notación OSM.

- **Download OSM Data (XAPI).** Esta herramienta descarga datos de OSM xapi y los convierte en un fichero con extensión *.osm. La novedad frente a la anterior aplicación es que permite descargar datos en función de si son nodos, vías o relaciones. También se pueden descargar elementos concretos especificando la clave y su nombre (por ejemplo, *amenity = hospital*). Esta herramienta solo puede ser usada si se trabaja con una proyección WGS84 en ArcMap.
- **Download, Extract and Symbolize OSM Data.** Cuando la aplicación deje de ser *Beta*, ésta será una de las herramientas de mayor uso pues combina la posibilidad de descargar datos de OSM y simbolizarlos a partir de unos ficheros *layer* previamente definidos.
- **Load OSM Diff Files.** Esta herramienta es empleada para sincronizar y actualizar los datos de OSM descargados con anterioridad y ya implementados en ArcMap, lo que permite no tener que volver a descargar todos los datos de nuevo y volver a aplicar un determinado estilo cartográfico implantado previamente. El usuario tan sólo tiene que especificar una fecha a partir de la cual debe actualizarse la información descargada.
- **Load OSM File.** Esta herramienta permite al usuario cargar en ArcMap ficheros con formato *.osm o descargados de *Planet.osm*. Se recomienda cargar un área lo más pequeña posible para que la aplicación sea más rápida en su labor. El usuario solamente debe especificar que fichero (con extensión *.osm) desea incorporar a ArcMap, previamente descargado desde la web de OSM, y a continuación definir el *Feature dataset* en el que guardaremos el anterior fichero. El resultado es similar al de la herramienta *Download OSM Data*.
- **OSM Attribute Selector.** Permite la extracción de diferentes categorías o atributos de elementos de OSM para incorporarlos a otra capa o elemento diferente y que no posee ese campo de información.
- **Remove OSM Editor Extension.** Si los usuarios desean usar datos descargados de OSM y emplearlos en otro programa dónde no sea posible aplicar estas herramientas, deberán emplear previamente esta aplicación que elimina la extensión de la capa.
- **Symbolize Lines.** A partir de un fichero de estilos, o *layer*, ArcMap aplica este estilo a otras capas de carácter lineal. El fichero *layer* debe estar almacenado previamente en una ruta predeterminada por esta aplicación.
- **Symbolize Points.** Esta herramienta realiza la misma operación anterior, pero esta vez aplicada a puntos.
- **Symbolize Polygons.** Aplicada a polígonos o superficies.
- **Upload OSM Data.** Esta herramienta permite subir las ediciones de los datos de OSM realizadas en ArcGIS al servidor de OpenStreetMap. Esta aplicación no funcionará si está activa la sesión de edición en ArcMap.
- **Symbolize OSM Data.** Este modelo combina las opciones de simbolizar puntos, líneas y polígonos en un único modelo a partir de una capa o *layer* fuente que caracterizará los estilos cartográficos de aquéllos.

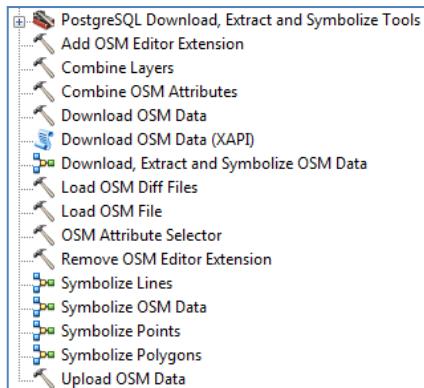


Figura 23. Herramientas de la aplicación *ArcGIS Editor*.

Una vez visto el potencial de esta aplicación, es posible imaginar la gran utilidad que posee OSM a la hora de obtener información geolocalizada de cualquier parte del mundo y prácticamente de cualquier tipo de elemento. De no existir esta herramienta perderíamos un gran volumen de información que no está disponible en las páginas webs de organismos oficiales o privados, o sería necesario invertir gran cantidad de tiempo en realizar trabajo de campo para georreferenciar el enorme volumen de trabajo que está detrás de OSM.

7. PUBLICACIÓN DE CARTOGRAFÍA ARCGIS EN INTERNET: OPENLAYERS

El objetivo de las prácticas pretendía generar estilos cartográficos propios en *software* comercial (ArcGIS) para utilizar en aplicaciones web. Antes del comienzo del período de prácticas, SIGNO ya había realizado algunos trabajos de este tipo empleando *software* libre, como OpenLayers (MapServer), a la hora de publicar resultados de proyectos en una página web. Su deseo es implicar ambos tipos de programas (ArcGIS y OpenLayers), pero en la actualidad es difícil compatibilizar programas comerciales de cartografía con visores cartográficos de código gratuito, de ahí la complejidad de encontrar el programa o programas apropiados que generen unos resultados de calidad.

Una vez realizada esta consideración es el momento de explicar lo qué es OpenLayers. Se trata de una librería codificada en *JavaScript* que tiene por objeto publicar y visualizar mapas en navegadores web, sin depender de servidores externos al usuario. OpenLayers implementa una API programada en *JavaScript* para construir bases cartográficas de calidad similares a las que ofrece *Google Maps*, con la diferencia de que OpenLayers es *software* libre.

Durante el período de prácticas no se ha profundizado en el contexto informático de OpenLayers, exceptuando la explicación de una serie de comandos implementados en el visor cartográfico que se abordarán en el apartado 5 de este trabajo. Si el usuario está interesado en este tipo de aspectos puede acudir a la página web <http://openlayers.org/> y revisar la documentación referida a OpenLayers donde podrá encontrar numerosas y curiosas aplicaciones de interés que podrá incorporar a su página web.

A continuación se exponen 2 de los OpenLayers más populares y de mejor rendimiento de la actualidad, cada uno con sus particularidades y exigencias: MapServer y GeoServer.

7.1. MAPSERVER

“MapServer es una plataforma de código abierto que tiene por objeto publicar información espacial y aplicaciones de mapas interactivos en la web” (<http://mapserver.org/>). Tiene su origen en la Universidad de Minnesota a mediados de la década de 1990 y es válido para la mayor parte de las plataformas o sistemas operativos (Windows, Linux, Mac OS X). Por otra parte, se debe desmontar la idea de que MapServer es un SIG, ni aspira a serlo.

MapServer fue empleado por SIGNO en momentos puntuales de su etapa empresarial. Uno de los objetivos de las prácticas era intentar lograr el modo más automático posible para generar el fichero Mapfile (*.map), “el corazón de MapServer” (<http://mapserver.org/>), el fichero de configuración básico de los datos y estilos a emplear en MapServer. Se trata de un documento escrito en lenguaje ASCII

y define una amplísima variedad de parámetros de cada objeto que será representado en MapServer. Este fichero, al igual que se analizará en el siguiente apartado con los ficheros de estilo SLD necesarios para GeoServer, define las relaciones entre objetos, la localización de elementos en el espacio y define cuál será el estilo de éstos. La diferencia entre Mapfile y el fichero de estilo SLD es el lenguaje en el cuál están programados.

Todos los ficheros `*.map` presentan una estructura similar dividida en secciones cuyo contenido descansa en la definición de determinados atributos o valores. Cada sección se inicia con el nombre de ésta y termina con la palabra `END`. Resulta de interés saber que el orden de los parámetros no es determinante, de modo que MapServer leerá correctamente el fichero sea cual sea el orden de los mismos.

```

MAP
  NAME "sample"
  STATUS ON
  SIZE 600 400
  SYMBOLSET ".../etc/symbols.txt"
  EXTENT -180 -90 180 90
  UNITS DD
  SHAPEPATH ".../data"
  IMAGECOLOR 255 255 255
  FONTSET ".../etc/fonts.txt"

#
# Start of web interface definition
#
WEB
  IMAGEPATH "/ms4w/tmp/ms_tmp/"
  IMAGEURL "/ms_tmp/"
END # WEB

#
# Start of layer definitions
#
LAYER
  NAME 'global-raster'
  TYPE RASTER
  STATUS DEFAULT
  DATA bluemarble.gif
END # LAYER
END # MAP

```

Figura 24. Ejemplo de fichero `*.map`

Para introducir cualquier comentario en la estructura del fichero, ajeno a cualquier orden de representación cartográfica, debe introducirse delante de la línea el símbolo `#`, al igual que sucede en muchos otros lenguajes de programación (como se ha podido comprobar con el lenguaje *Python* en la correspondiente materia del Máster). Los colores de los elementos cartográficos se expresan en notación RGB (rojo, verde, azul). Otro dato importante es que MapServer comienza a leer este fichero de arriba a abajo, de modo que las capas o *layers* situados en la parte superior del fichero serán dibujadas antes que las capas situadas en la parte inferior del fichero, aunque esto puede ser modificado posteriormente empleando una serie de comandos. Por último, decir que el número máximo de capas por fichero es de 200 *layers*.

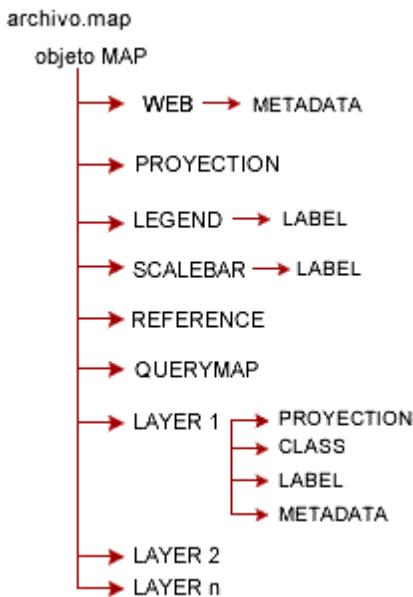


Figura 25. Estructura del fichero **map*.

Una vez explorados los numerosos editores de información OSM y diferentes SIG's, era el momento de buscar el modo de transportar esa información a una página web. El medio elegido, en un primer momento, ha sido MapServer. En SIGNO se había trabajado anteriormente con esta plataforma, de modo que eran conocedores de la estructura de los ficheros **.map*. El problema radicaba en que la construcción de los Mapfiles se hacía manualmente y ello conllevaba la inversión de una gran cantidad de horas de trabajo. **ArcGIS for Server** podría ser una buena solución para transferir cartografía realizada en ArcGIS a un servidor web y la posterior publicación de esa cartografía, pero ArcGIS for Server es demasiado caro para los intereses de SIGNO, por lo que se ha descartado desde un primer momento todo tipo de plataformas de pago para la publicación de cartografía. OpenLayers era la vía a seguir.

Los primeros intentos de encontrar una aplicación útil para generar un Mapfile de forma automática se invirtieron en ArcGIS. Los programas **MXD2MAP** y **MXD2WMS** parecían una solución óptima, pero a la hora de instalarlos ofrecieron errores graves: MXD2WMS no es compatible con ArcGIS10, y MXD2MAP tampoco es válido en la última versión de ArcGIS y no permite instalar la librería en el escritorio del mismo. La aplicación **Gix Export** también genera un error en su instalación puesto que sólo es válido para ArcView. **Giscloud** es un visor de mapas, con una interfaz simple que requiere menos conocimientos de programación, pudiendo subir los *shapes* directamente desde ArcMap, pero no es gratuito (a excepción de los primeros 15 días): hasta un máximo de 55€/mes en función del número de funciones adquiridas. Ante estos inconvenientes y no encontrar ninguna otra aplicación compatible con ArcGIS, decidimos probar con otros SIG no propietarios:

- **Quantum GIS** es un SIG libre que tiene una opción incorporada, denominada **MapServer Export**, que transforma las capas o *shapes* en ficheros Mapfile automáticamente. Tras analizar detalladamente las posibilidades de cartografía que ofrece este SIG, Quantum GIS presenta un mayor potencial que ArcGIS en lo referido a estilos cartográficos, es mucho más intuitivo y aglutinado dentro de una misma ventana (selección de campo de atributos para representar la información, colores, restricciones a la hora de cartografiar...), aunque ArcGIS es mucho más potente en cuanto al resto de funciones. La última versión de Quantum GIS (Quantum GIS Lisboa 1.8.0) presenta 2 tipologías de estilos cartográficos: “Simbología antigua” y “Nueva simbología”. Aquí encontramos el conflicto: la simbología antigua es mucho más limitada que la nueva y la de ArcGIS, pero es la única que se puede exportar a un fichero Mapfile de forma automática; además, el fichero generado no presenta el mismo código de escritura que los ficheros construidos a mano atendiendo a las instrucciones de elaboración de los mismos que encontramos en la página web de MapServer. Ante el deseo de SIGNO de que el SIG empleado en temas de cartografía sea ArcGIS, y viendo que MapServer Export no funciona correctamente (incluso en versiones más antiguas de

este programa), desecharmos Quantum GIS como solución. Sin embargo, el tiempo invertido en este *software* ha sido de gran enriquecimiento personal y técnico. Además, Quantum GIS presenta una aplicación, OpenStreetMap plugin, que tiene como fin obtener datos directamente desde OSM.

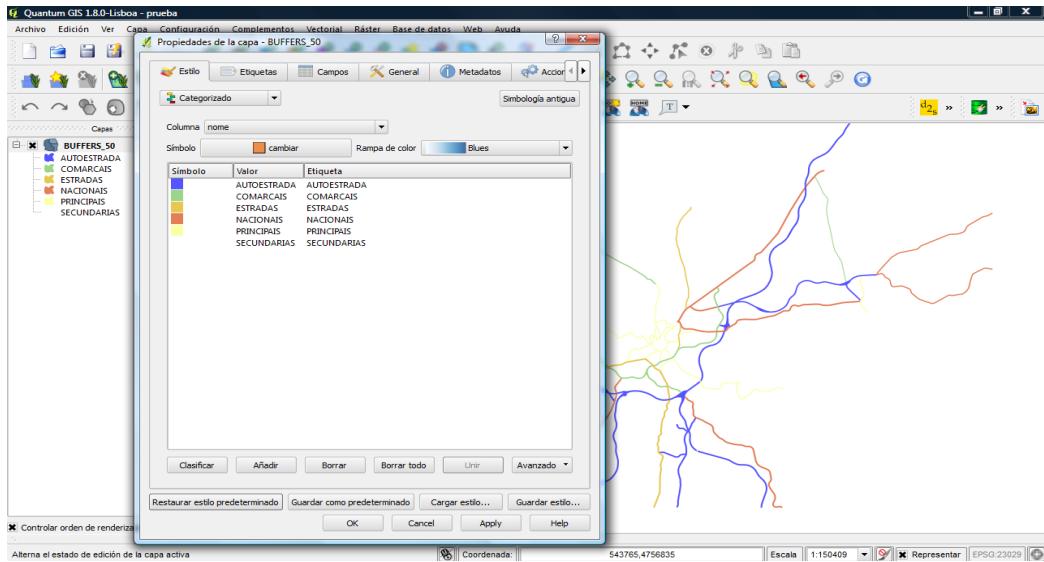


Figura 26. Ejemplo de simbología nueva en Quantum GIS.

- En SIGNO existía conocimiento de que **gvSIG** tenía una aplicación que permitiría la conversión de *shapes* en ficheros Mapfile: MS4W, y en concreto su extensión **Publicación**, pero no funciona en ninguna versión de gvSIG. Se ha contactado con diferentes foros referidos a este SIG libre y con diferentes empresas que trabajan en este entorno cartográfico, pero nunca se obtuvo una respuesta con resultados satisfactorios.

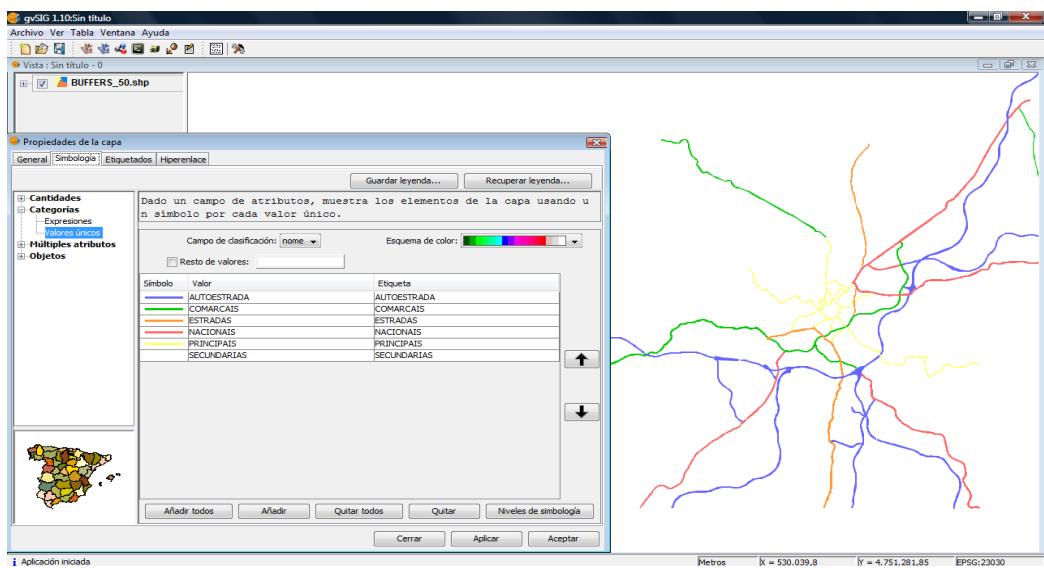


Figura 27. Ejemplo de estilo cartográfico para una capa vectorial en Quantum GIS.

Ante la imposibilidad de encontrar la aplicación que habría de generar el fichero **.map* de forma automática en diferentes SIG, se ha llegado a la conclusión de que lo mejor era cambiar de método en caso de existir alternativas. Atendiendo a la opinión de algunos expertos en foros de la red, Mapfile quizás sea el mejor método para poder compartir información de simbología y estilos de las capas de ArcGIS y es un formato de archivo compatible con otros SIG (Quantum GIS o gvSIG, por ejemplo). Algunos expertos apuntan al formato KML como el mejor método, pero éste no permite almacenar información de los atributos de la capa, tan solo almacena simbología simple. Otros expertos rezan que el formato CSS sería el más apropiado, pero la mayoría de programas no reconocen este tipo de extensión.

Ron Lake ofrece el formato SLD como una buena opción, aunque un tanto desconocida. Es difícil encontrar algún programa de escritorio, más allá de GeoServer o Atlas Styler, compatible con este tipo de archivos. Ante esta opinión, en SIGNO se ha decidido investigar más acerca de esta opción y el resultado (exitoso) se plasma en el siguiente apartado de este trabajo.

7.2. GEOSERVER

7.2.1. OSGeo.

Antes de comenzar a explicar qué es y en qué consiste GeoServer, se ha de explicar que el primer contacto con esta plataforma se ha realizado a través de **OSGeo**, un pack de aplicaciones implementado en Ubuntu Linux para comprobar si en este sistema operativo los problemas de instalación de aplicaciones y su funcionamiento eran menos frecuentes o inexistentes.

Desde un primer momento se ha explorado cada una de las aplicaciones y programas que ofrecía OSGeo con el objetivo de controlar con qué tipo de formatos trabajaban éstas y poder crear nexos de unión entre ellas para poder conectar con algún SIG y generar Mapfiles útiles para MapServer. A continuación mostramos una tabla resumen con las aplicaciones y los formatos con los que trabajaba cada una de ellas:

Tabla 1. Listado de programas y extensiones con las que trabajan.

Programa	Formatos de trabajo
JOSM (web)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importar datos vectoriales de OSM: GPX files (gpx, gpx.gz); image files (jpg, folder); NMEA-0183 files (nmea, nme, nma, txt); OSM Server (osm, xml); OSM Change files (osc); shp ○ Guarda estilos: mapcss ○ Guardar: gpx, osm, xml, svg
OpenStreetMap (web)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Trabajos de edición. ○ Exportar: xml; png; jpeg; svg; pdf; embeddable HTML
Gosmore	<ul style="list-style-type: none"> ○ No presenta utilidad.
Merkaartor	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importar archivos vectoriales y estilos directamente desde OSM, también shp, gml, kml ○ Exportar: osm (xml); osm (binary), osmchange (osc), gpx, kml ○ Cargar estilos: merkaartor map style (mas); MapCSS stylesheet ○ Guardar estilos implementados en Merkaartor: mas ○ Trabajos de edición. ○ Guardar como: Merkaartor documents files (mdc)
AtlasStyler	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importar datos: ficheros (shp, gml, tif, tiff, a00, asc, txt, ascii); WFS layer; PostGIS Server ○ Exportar datos: sld, xml ○ Guardar estilo: sld
Geopublisher	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importa datos: atlas.gpa
Kosmo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cargar datos: shp, slg ○ Abrir y guardar proyectos: spr
Quantum GIS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cargar datos: shp; mapinfo file; sdts; dgn; gml; gpx; kml; geojson; gmt; dxf; geodatabases; raster (GeoTIFF, Erdas Imagine Images...) ○ Importar/Exportar estilos: xml ○ Exportar MapServer: map ○ Guardar en todo tipo de formatos de imagen.
Saga	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importar: dxf, gpx, gstat, las, wasp... ○ Exportar: Atlas Boundary File, gpx, GStat shapes, las, svg, stl, wasp... ○ Genera PDF y HTML. ○ Guardar como imagen: bmp; jpeg; tif; png; gif; pcx

<u>Programa</u>	<u>Formatos de trabajo</u>
OpenJump	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cargar datos: shp, gml, xml, fme, bpw, fme, gfw, gif, jml, jpg, jpw, jpeg, png, txt... ○ Importar y guardar estilos sld ○ Importar ArcMap Style. ○ Guardar como: jml, gml, wkt, shp
gvSIG	<ul style="list-style-type: none"> ○ La extensión <i>Publishing</i>, para generar <i>Mapfiles</i>, tampoco funciona en Linux.

7.2.2. Generación automática de ficheros de estilo.

Una vez analizados todos estos programas, observando que existían formatos de estilo SLD (propios de GeoServer) y capas *shape*, y como GeoServer también estaba incluido en este pack de aplicaciones, se ha procedido a investigar en qué consiste esta plataforma.

GeoServer es un *software* libre, programado en Java, que permite al usuario compartir y editar datos geoespaciales. Su principal virtud es su interoperabilidad ya que permite trabajar con multitud de formatos y fuentes de datos generados en *software* propietarios, lo cual ha sido el principal inconveniente que se había encontrado al intentar hacer compatibles ArcGIS y OpenLayers.

GeoServer trabaja con los siguientes formatos de archivos: *PostGIS*, *Oracle Spatial*, *ArcSDE*, *DB2*, *MySQL*, **shapefile**, **GeoTIFF**, **GTOPO30**, **ECW-MrSID**, o **JPEG2000**. Muchos de estos formatos son compatibles con ArcGIS, de modo que esto se convierte en el principal enlace o nexo entre ambos programas.

En la página web de GeoServer, <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>, es posible encontrar mucha más información acerca de esta plataforma y es posible descargarlo para trabajar desde nuestro escritorio, sin necesidad de una conexión a internet siempre y cuando no se desee publicar en la red simultáneamente.

Una vez comentado qué es GeoServer, es el momento de explicar cómo se ha trabajado con él, los objetivos que se perseguían y los resultados obtenidos.

El primer paso ha sido intentar buscar un nexo de unión entre ArcGIS y GeoServer. Al igual que ocurría en MapServer, es necesario generar un fichero de estilos cartográficos que reconozca GeoServer. En ArcGIS, este tipo de ficheros están representados por los *Layers* que son un tipo de clases geométricas a las que se le asigna su propia simbología para ser aplicada en *shapes*. Sin embargo, GeoServer no reconoce las capas *Layers* como ficheros de estilo.

En geoServer, los estilos se consiguen usando un lenguaje de marcas (como XML) poderoso, aunque algo complejo, denominado **Styled Layer Descriptor** o **SLD**. Los ficheros de estilo se aplican a capas (en nuestro caso, *shapes*) que especificarán como deberán ser renderizadas, es decir, cómo generar una imagen desde un modelo. Para ello, estos ficheros deben especificar el nombre de la capa en la que serán implementados y deben definir el estilo a aplicar. Cada fichero SLD también contiene una o más reglas que definirán el estilo cartográfico y los niveles de zoom o escalado empleando condiciones que contienen predicado, expresión y funciones de filtro. La simbolización se aplica a puntos, líneas y polígonos, pero también a ficheros raster y etiquetas de texto. En la documentación de GeoServer, el usuario podrá obtener mucha más información y casos prácticos acerca de cómo generar este tipo de ficheros manualmente, aunque en este trabajo también se especificarán algunos casos que pueden ser habituales.

Después de muchas horas de búsqueda de programas en la red para generar automáticamente este tipo de ficheros desde ArcGIS, y después de muchos intentos fallidos, se descubrió un programa o aplicación que convertí los ficheros *shapes* de ArcMap en documentos de estilo SLD de un modo automático: **ArcMap2SLD**. Ésta ha sido la única aplicación compatible con ArcGIS 10. Otras aplicaciones, como **Arc2earth** son de pago, por lo que quedó descartado desde un primer momento.

ArcMap2SLD logaría reducir el tiempo de trabajo permitiendo ahorrar un elevado número de horas de trabajo destinadas, por ejemplo, a la elaboración manual de los ficheros **.map* para MapServer, gracias a la creación automática de los ficheros de estilo SLD, lo que es muy gratificante cuando se parte de la existencia de multitud de capas en un documento de ArcGIS. Se debe remarcar, sin embargo, que ArcMap2SLD tiene ciertas limitaciones a la hora de crear estos ficheros de estilo y que solo trabajará a la perfección con estilos cartográficos sencillos. Los estilos más complejos, como se analizará posteriormente, deberán ser retocados manualmente en los propios ficheros de estilo o emplear otras aplicaciones como paso intermedio entre ArcMap y GeoServer (como Atlas Styler).

ArcMap2SLD fue creado con objeto de convertir la simbología o estilo de un documento de ArcMap en formato SLD, empleando el lenguaje de programación *Visual Basic*. Este programa analiza la simbología de un proyecto capa a capa y atributo por atributo y, posteriormente, almacena estas propiedades en una estructura de datos interna. Esto permite un análisis muy dinámico de la simbología de los objetos de ArcMap individualmente, así como documentos ArcGIS al completo. Una vez finalizado el análisis, todos los datos almacenados en estas estructuras de datos son transformados al formato SLD y exportados a un fichero de estilo **.SLD*.

ArcMap2SLD analiza marcas, puntos (color, tamaño, ángulo de rotación), líneas (color, anchura), polígonos (respecto a un relleno liso y monocolor, color del área, color del contorno, ancho de la línea del borde; respecto a un relleno con puntos, define su color, tamaño, color y ancho de borde; respecto a un relleno con tramas, color y ancho de la trama, ángulo de tramado, color y ancho de la línea del borde) y texto de un documento de ArcMap, incluso combinaciones de ambos.

Sin embargo, ArcMap2SLD es un programa que está en continuo desarrollo, por lo que todavía tiene que suplir algunas carencias. Por ejemplo, hasta ahora no existe la posibilidad de representar polígonos con un entramado complejo a partir de un fichero SLD.

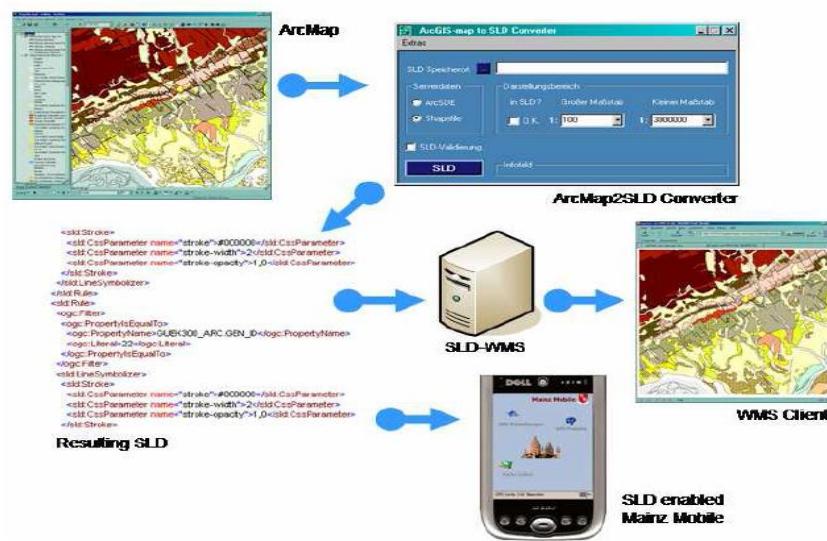


Figura 28. Proceso de conversión de un mapa elaborado en ArcMap a un fichero de estilo SLD. Configurar un servicio WMS o elaborar aplicaciones para móviles pueden ser algunas de las finalidades de este proceso.

Para comenzar a utilizar ArcMap2SLD debemos tener abierto nuestro documento de ArcMap. ArcMap2SLD ofrece varias opciones de trabajo (*Extras, Layers*): el usuario puede convertir en formato SLD las capas visibles en ArcMap (*Selected Layers*) o todas las capas (*All Layers*) del documento de ArcMap. Sin embargo, la mejor opción es convertir a formato SLD todas las capas de un modo individual y separadas mediante la opción *In separate files*, manteniendo activada la función *All Layers* simultáneamente. Otra opción interesante que ofrece ArcMap2SLD es la de exportar las etiquetas de las capas de ArcMap: *Include layer names*. Para un correcto funcionamiento de la aplicación, el usuario debe mantener activadas las funciones *Shapefile* (porque trabajamos con *shapes*), *OK*, *Scale: 1:100 – 1:3.000.000* (adaptamos los valores de esta escala a nuestro trabajo), *SLD-*

Validation, Save SLD to (elegir ruta donde guardar los ficheros). El resto de opciones se mantienen por defecto. Por último, clicamos en el botón **SLD**.

- ArcMap2SLD presenta numerosas limitaciones o condiciones a la hora de trabajar con *shapes*, algunas de las cuales se citan a continuación:
- ArcMap2SLD no exporta *shapes* condicionados por alguna restricción definida en: *Layer Properties, Definition Query*.
- ArcMap2SLD no reconoce la categoría *<All other values>* de las leyendas de ArcMap.
- ArcMap2SLD no reconoce estilos transparentes en ArcMap, ni gráficos.

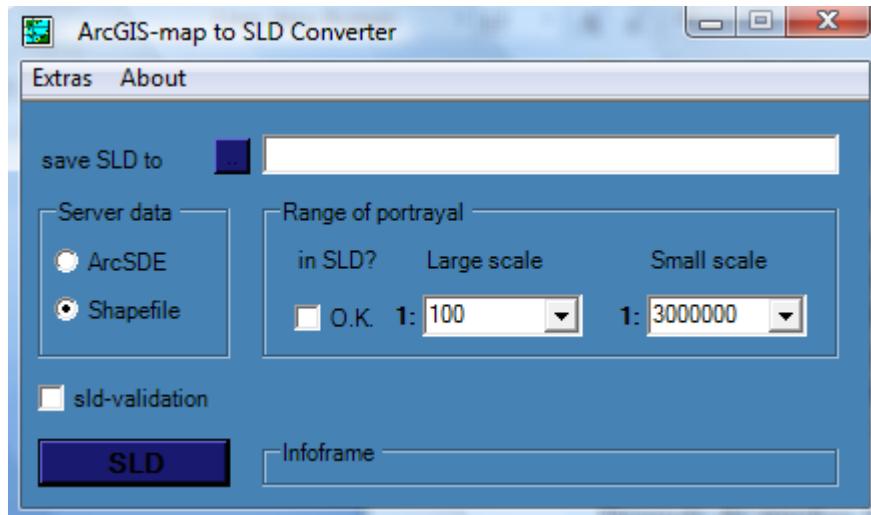


Figura 29. Interfaz de ArcMap2SLD.

Una recomendación para trabajar posteriormente con GeoServer es exportar cada capa de ArcMap de forma individual. De este modo podremos aplicar a cada capa introducida en GeoServer su propio estilo de forma individualizada.

7.2.3. Geoserver.

Vistas todas estas herramientas y aplicaciones procederemos a explicar los objetivos de la empresa dónde se han realizado las prácticas. SIGNO elabora cartografía empleando ArcGIS y desea publicarla empleando OpenLayers. ¿Cómo trasvasar la simbología cartográfica lograda en ArcGIS a una página web? ¿Existe una forma automática de conseguirlo?

Una vez comentadas las peculiaridades de las herramientas, aplicaciones y programas explicados anteriormente, se ha decantado por trabajar con **GeoServer** en un futuro proyecto de cartografía web de la ciudad de Santiago de Compostela (provincia de A Coruña, Galicia, España) empleando información de OpenStreetMap para un portal web. A continuación se explica técnica y mecánicamente todo este proceso.

Puesto que se trabajaría con una base cartográfica procedente de OSM, la obtención de esta información y su posterior incorporación a ArcGIS puede realizarse de diferentes modos:

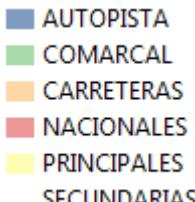
- El método de trabajo más rápido es descargar la información directamente de la web www.openstreetmap.org. Visualizamos el área de trabajo, la ciudad de Santiago de Compostela, y se exportan los datos en formato *OpenStreetMap XML (*.osm)*. Se ha de recordar que los datos de OSM siempre están representados en el sistema de proyección WGS84. Esta información se podrá incorporar a ArcMap siguiendo 2 caminos diferentes:
 - Abriendo el fichero **.osm* directamente desde ArcMap empleando la herramienta *Add Data*. El resultado es la incorporación de una única capa para cada categoría de OSM de forma individualizada (edificios, zonas verdes, pasos de peatones, vías de ferrocarril, túneles...). Este método presenta el inconveniente de que incorpora menos polígonos o superficies que el método que se explicará a continuación (*Load OSM File*) y los campos de las tablas de atributos son menos intuitivos de lo que están representando.

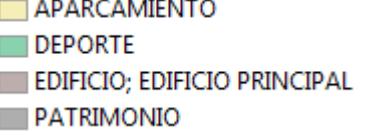
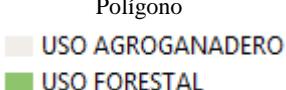
- Empleando las herramientas de ArcGIS Editor, en concreto *Load OSM File*: se indica el fichero *.osm descargado previamente de OSM; *Conserve Memory*; por último, se indicará el nombre del *Feature dataset* dentro del cual será incorporada la información descargada (se debe crear una Geodatabase previamente).
- **ArcGIS Editor** permite la descarga directa de datos de OSM. No funciona para territorios amplios: el área de interés debe tener una superficie inferior a un cuarto de grado de la superficie terrestre o tener menos de 50.000 nodos representados; además, para evitar errores de la herramienta, es aconsejable tener abierto en ArcMap un *shape* de la zona de estudio. En este caso puede ser empleada la herramienta *Download OSM Data*: al igual que en la herramienta anterior, es aconsejable tomar una superficie de tamaño reducido; *Include all relation references (optional)* implica ampliar los elementos vectoriales del área de estudio a aquéllos otros que tengan algún tipo de relación con los elementos de la superficie a estudiar; *Include all relation references (optional)* implica acotar los elementos vectoriales descargados a las coordenadas especificadas por el usuario; en *Target feature dataset* se indica la Geodatabase dónde será creado el *Feature dataset* para incorporar la información descargada. Esta operación incorporará 3 *shapes* a ArcMap: uno de líneas, otro de puntos y un último de polígonos o superficies, es decir, un *dataset* con sus correspondientes tablas de atributos.

Si se emplean los métodos que generan *shapes* contenidos en un *Feature dataset*, se recomienda exportar cada uno de los *shapes* de forma individualizada (puntos, líneas, polígonos) haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre cada categoría (*Data, Export data*). Será más cómodo para generar los ficheros *.sld posteriormente. Por otra parte, se puede emplear la página web de *Cloudmade* para generar unos estilos idénticos a los mostrados en su aplicación, como se ha comentado en otros epígrafes de este trabajo.

Para la realización de este trabajo fin de máster se han descargado datos de OSM referidos a la ciudad de Santiago de Compostela y alrededores, conservando determinadas categorías informacionales y aplicando determinados estilos. A continuación se muestra una tabla resumen de las capas o *shapes* de los que partimos en ArcGIS:

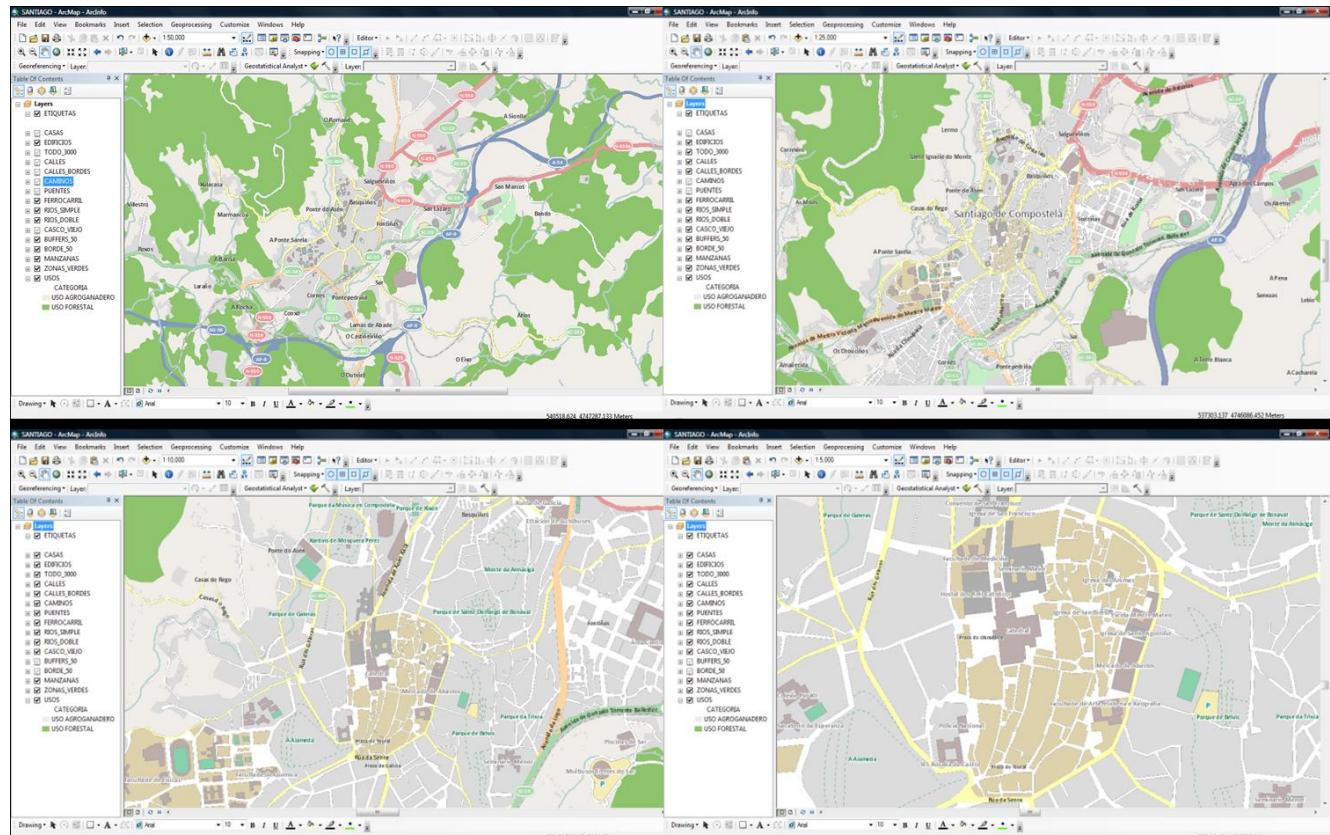
Tabla 2. Tabla resumen de capas y sus características.

CAPA	ESTILO	CARACTERÍSTICAS
Puentes	Línea —	Descripción: línea que bordea las vías de comunicación indicando un paso superior.
		Color RGB = 104/104/104. Grosor = 1. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Caminos	Línea - -	Descripción: línea discontinua que representa vías de comunicación calificadas como “vías bacheadas, a menudo no pavimentadas, a menudo dedicadas a usos agrícolas o forestales” (definición obtenida en la <i>wiki</i> de OSM).
		Color RGB = 87/166/114. Grosor = 1 (discontinuo). Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Buffers_50 (Borde)	Polígono □	Descripción: línea de tono oscuro que circundas las principales vías de comunicación.
		Color RGB = 156/156/156. Grosor de la línea de contorno = 0,2. Visible en un escalado entre 1:25.000 y 1:50.000.
Buffers_50	Polígono 	Descripción: principales vías de comunicación.
		Color RGB: Autopista = 128/155/192; Comarcal = 169/218/169; Carreteras = 253/214/164; Nacionales = 236/152/154; Principales = 254/254/178; Secundarias = 255/255/255. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible en un escalado entre 1:25.000 y 1:50.000.

CAPA	ESTILO	CARACTERÍSTICAS
TODO_3000	Polígono 	Descripción: principales vías de comunicación. Color RGB: Autopista = 128/155/192; Comarcal = 169/218/169; Carreteras = 253/214/164; Nacionales = 236/152/154; Principales = 254/254/178; Secundarias = 255/255/255. Grosor de la línea de contorno= 0. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Calles (Bordes)	Polígono 	Descripción: línea que delimita el callejero urbano. Color RGB = 156/156/156. Grosor de la línea de contorno = 0,2. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Edificios	Polígono 	Descripción: polígonos que identifican elementos cuya representación gráfica se corresponde con una superficie cerrada. Color RGB de relleno: Aparcamiento = 246/238/183; Deporte = 137/210/174; Edificio o edificio principal = 190/173/173; Patrimonio = 174/174/174. Color RGB de la línea de contorno: 156/156/156 para todas las categorías. Grosor de la línea de contorno = 0,2. Visible: siempre.
Zonas verdes	Polígono 	Descripción: representación de parques y jardines. Color RGB = 197/240/197. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible: siempre.
Calles	Polígono	Descripción: representación del callejero urbano de la ciudad. Color RGB = 255/255/255. Grosor de la línea de contorno= 0,2. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Ferrocarril	Línea 	Descripción: representación de las vías del ferrocarril mediante una vía discontinua. Color RGB de relleno = 255/255/255 y 178/178/178. Color RGB de la línea de contorno: 178/178/178. Grosor de la línea de contorno = 0.75. Visible: siempre
Casas	Polígono 	Descripción: viviendas aisladas. Color RGB = 220/220/220. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Ríos_doble	Polígono 	Descripción: representación de los principales ríos de la zona y láminas de agua (lagunas, estanques...). Color RGB = 181/208/208. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible en un escalado entre 1:2.500 y 1:10.000.
Ríos_simple	Línea 	Descripción: cursos fluviales de menor importancia. Color RGB = 181/208/208. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible: siempre.
Casco_viejo	Polígono 	Descripción: delimitación de la zona histórica de la ciudad y el Campus Universitario Sur. Color RGB = 222/210/172. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible: siempre.
Manzanas	Polígono 	Descripción: representación de los barrios de la ciudad y zonas de continuo urbano. Color RGB = 220/220/220. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible: siempre.
Usos_suelo	Polígono 	Descripción: usos del suelo no urbanos. Color RGB de relleno: Uso agroganadero = 241/238/233; Uso forestal = 141/196/108. Grosor de la línea de contorno = 0. Visible: siempre.

CAPA	ESTILO	CARACTERÍSTICAS
Etiquetas	Texto	<p>LUGAR: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 9 (negrita); visible en un escalado entre 2.500 y 50.000.</p> <p>CAPITAL: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 16; visible en un escalado entre 25.000 y 50.000.</p> <p>CALLES PRINCIPALES: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 9 (negrita); visible en un escalado entre 2.500 y 25.000.</p> <p>CALLES SECUNDARIAS: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 8 (negrita); visible en un escalado entre 2.500 y 10.000.</p> <p>PLAZA PRINCIPAL: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 8 (negrita); visible en un escalado entre 2.500 y 10.000.</p> <p>CALLEJERO: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 8 (negrita); visible en un escalado entre 1.000 y 2.500.</p> <p>OTRAS PLAZAS: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 9 (negrita); visible en un escalado entre 1.000 y 2.500.</p> <p>LUGARES: letra = Calibri; color = 52/52/52; tamaño = 9 (negrita); visible en un escalado entre 2.500 y 25.000.</p> <p>AUTOPISTAS: letra = Calibri; color = 255/255/255; tamaño = 8; visible: siempre.</p> <p>NACIONALES: letra = Calibri; color = 255/255/255; tamaño = 8; visible: siempre.</p> <p>COMARCALES: letra = Calibri; color = 255/255/255; tamaño = 8; visible: siempre.</p>

A continuación exponemos una serie de capturas de pantalla con diferentes niveles de zoom para dejar constancia gráfica de cuáles han sido los resultados obtenidos en ArcGIS:



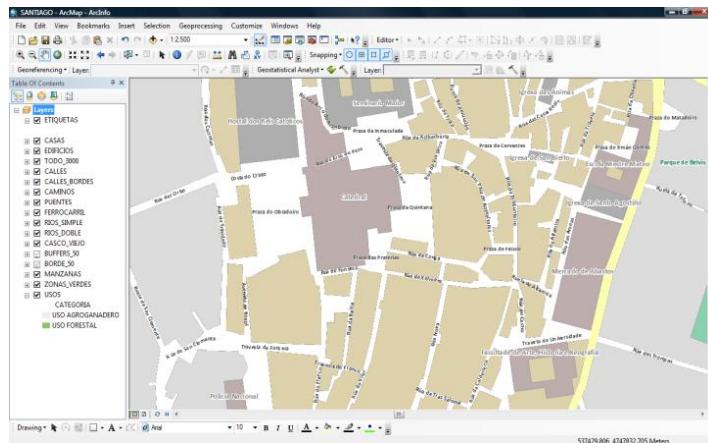


Figura 30. Estilos cartográficos del mapa base de la ciudad de Santiago de Compostela generados en ArcMap para diferentes niveles de resolución (de arriba abajo y de izquierda a derecha): 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.500.

El paso intermedio entre ArcMap y GeoServer consiste en generar un fichero de estilos con extensión **.sld*. Este formato de archivo no admite estilos que sean demasiado complejos, como aquellos que pueden ser resultado de la superposición de 2 ó más elementos lineales (por ejemplo, la simbología típica de las autopistas, o incluso la indicada para el ferrocarril en la tabla 2). Por tanto, deberemos tener tantos *shapes* como capas de representación tenga una línea, punto o polígono si se desea emplear ArcMap2SLD.

De igual modo, para exportar un *shape* al formato **.sld*, cada capa obtenida de OSM debe representar valores únicos: *Propiedades de la capa*, *Symbology*, *Categories*, *Unique values*, y elegir un campo de atributos para representar la información. No se podrá exportar con la categoría “*Unique values, many fields*”, pero sí es posible exportar como “*Single symbol*”. En el caso de trabajar con “*Unique values*” y con una determinada categoría dentro de la capa (por ejemplo, autopistas están indicadas como *Value field = highway*), el resultado de esa visualización debe ser exportada como un único *shape* previamente, sino será imposible visualizar en GeoServer dicha capa. Por ejemplo, las líneas importadas de OSM en el *Dataset* contienen información diversa (carreteras, ríos, ferrocarril...) por lo que, para trabajar con autopistas (enmarcadas dentro de la categoría “carreteras”), debemos seleccionar “*Unique values, Value field =highway, Add All Values*”, *All other values* (nunca seleccionar esta categoría porque de lo contrario no se podrá exportar directamente a formato **.sld*), borrar todas las categorías que no sean “*autopista*”, Aplicar, Aceptar, seleccionar todas las líneas visualizadas, exportar a *shape* e importarlo en ArcMap, y posteriormente se aplicarán los estilos cartográficos correspondientes. Esta larga operación no sería necesaria si el usuario desea visualizar toda la capa en conjunto, por ejemplo, todas las carreteras y vías de comunicación, o todos los ríos, o todas las vías de ferrocarril, eso sí, con un mismo estilo sencillo.

Una vez personalizada cada capa que se desea exportar a GeoServer, es el momento de emplear el programa ArcMap2SLD como se había especificado en apartados anteriores.

Ya generados los ficheros de estilo, es el momento de trabajar con GeoServer. Procedimiento a seguir con puntos, líneas y polígonos:

- Se incorpora el fichero de estilo y se comprueba su correcta escritura en GeoServer: *Styles, Add a new Style, Browse* (seleccionar el fichero **.sld*), *Upload, Validate, Submit*.

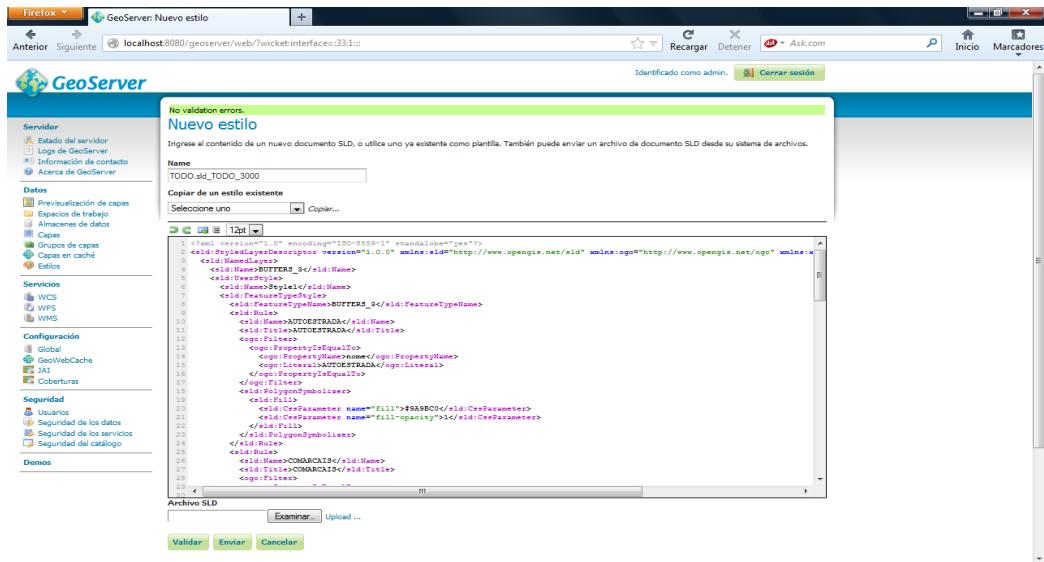


Figura 31. Validación de un fichero de estilo en GeoServer.

- Crear un espacio de trabajo: *Workspaces*, *Add a new workspace*, *Name* (se otorga un nombre al espacio de trabajo), *Namespace URI* (dirección web, puede ser inventada siempre y cuando no se emplee el código de nuestro propio servidor, por ejemplo, www.proyecto.es/), *Save*.
- Generar almacenes de datos, uno para cada shape que el usuario desee visualizar: *Stores*, *Add new store*, *Shapefile (Esri)*, se selecciona el *Workspace* y se otorga un nombre, se elige el *shape* que se desea incorporar individualmente, *Save*.
- A continuación, el usuario debe hacer clic en *Publish* para otorgar propiedades a la capa o *layer*. Otra alternativa es entrar desde: *Layers*, pestaña *Data*, introducir *Declared SRS* (sistema de proyección que debe ser equivalente a *Native SRS* buscando en *Find*), *Compute from data*, *Compute from native bounds*; en la pestaña *Publishing*, elegir como *Default Style* el fichero de estilos *.sld correspondiente y, en caso de que esto no funcione, indicar un *Additional Styles*. *Save*.

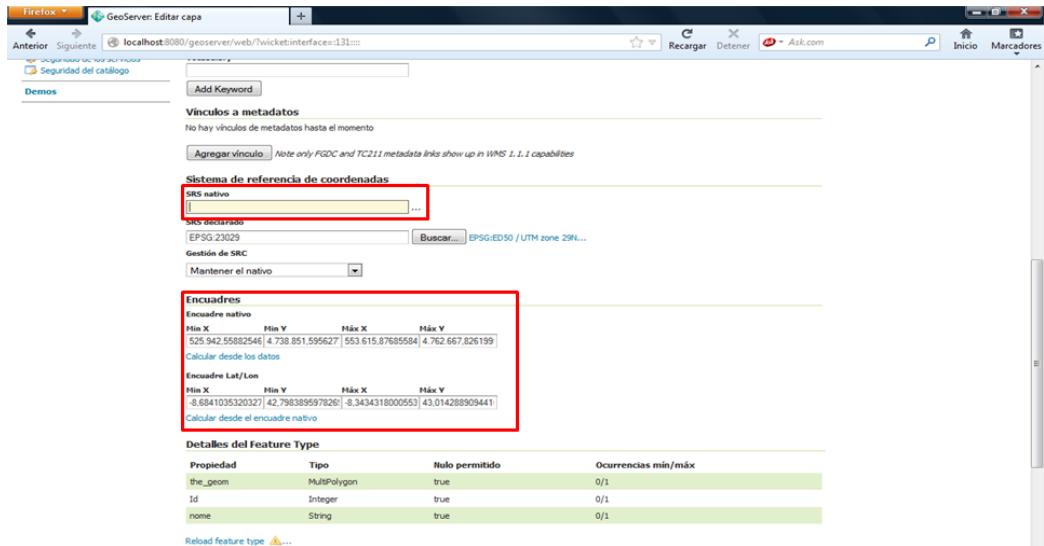


Figura 32. Asignación de sistema de coordenadas a las diferentes capas introducidas en GeoServer. En SIG-NO hemos optado por transformar cada capa al sistema *European Datum 1950, Zona 29* (su equivalente en GeoServer es EPSG: 23029).

- Para ver todas las capas en un mismo visor cartográfico deben realizarse las siguientes operaciones: *Layer groups*, se otorga un nombre y un sistema de coordenadas (EPSG: 23039), *Add layers*, y por último *Generate Bounds*. *Save*.

Figura 33. Grupo de capas en GeoServer. Las capas que se visualizarán en el visor están ordenadas desde la ubicada en la parte superior a la situada en la parte inferior.

- Previsualizar: *Layer preview*, elegir *Layer* o *Layer Group*.

Figura 34. Previsualización de la capa Buffers_50. Si el usuario realiza un clic sobre alguno de los elementos representados surgirá una tabla de atributos en la parte inferior del visor. El visor que será implementado en la página web será el definitivo, esta figura tan sólo es una muestra.

7.2.4. Atlas Styler.

En los casos más simples, como la simbología descrita en la Tabla 1 (exceptuando la simbología del ferrocarril), GeoServer reproducirá sin ningún tipo de problema el fichero de estilo generado por ArcMap2SLD. Sin embargo, es frecuente encontrar otro tipo de estilos más complejos que requieren de ayuda de otro tipo de programas informáticos. Una solución compleja, y no siempre funcional, consiste (en el caso de líneas cuyo estilo puede ser resultado de una superposición de varias líneas continuas, discontinuas, de mayor o menor grosor...) en exportar desde ArcMap tantos ficheros *.sld como elementos lineales sean necesarios para recrear una determinada simbología cartográfica (cada uno con su propio estilo), pero esto es muy incómodo a la hora de repetir los 6 pasos comentados anteriormente para cada uno de los ficheros.

Atlas Styler es una posible solución para generar ficheros de estilo más trabajados. Por ejemplo, el caso de representaciones lineales que pueden ser resultado de la superposición de varias líneas (vías de comunicación, por ejemplo), bastaría con exportar un *shape* de ArcMap que represente la categoría informacional deseada, importarlo en Atlas Styler, otorgarle un estilo en este programa y exportarlo a

formato **.sld* desde el propio *Atlas Styler*. De este modo no sería necesario trabajar con la exportación de varios *shapes* como se había comentado en el párrafo anterior (en el caso de elementos lineales). En el caso de la representación de superficies o polígonos, *Atlas Styler* se antoja como el programa más adecuado para implementar tramas o imágenes en el interior de aquéllos con resultado exitoso.

La creación de simbología compleja para el caso de elementos puntuales también es posible desde *Atlas Styler*. El usuario tan solo debe importar el *shape* de puntos que desea estilizar, hacer clic sobre él con el botón derecho del ratón, *Style*, clic sobre la figura de *Symbol*, elegimos un símbolo que contenga un dibujo (“eye”, por ejemplo), *Edit*, clic en el cuadro *External graphic*, a continuación se abrirá una ventana: *Folder*, *osm,accommodation, hotel*, y podremos implementar todo tipo de simbología (incluso la propia de OSM, por ejemplo).

7.2.5. Creación de Modelos Digitales de Elevaciones mediante el uso de ArcMap y Adobe Photoshop.

GeoServer también permite incorporar capas raster a su visor cartográfico como, por ejemplo, capas de altimetría o modelos digitales del terreno empleados en ArcMap. En estos casos no emplearemos el programa ArcMap2SLD, sino que exportaremos la capa directamente desde ArcMap. ¿Cómo? Visualizamos únicamente la capa que queremos exportar: *File, Export Map, Tipo: TIFF, Resolution: 200 ó más, Color Mode: 24-bit True Color, Compresion: JPEG o None, Background Color: blanco*; *Write GeoTIFF Tags* es importantísimo marcarlo pues dará coordenadas y un sistema de proyección a la capa raster a la hora de representarlo en GeoServer. Una vez exportada la capa raster acudiremos a GeoServer: *Stores, Add New Store, GeoTIFF*, indicamos el *Workspace* de trabajo, otorgamos un nombre al *store* o almacen, y seleccionamos la capa ráster con la que deseamos trabajar.

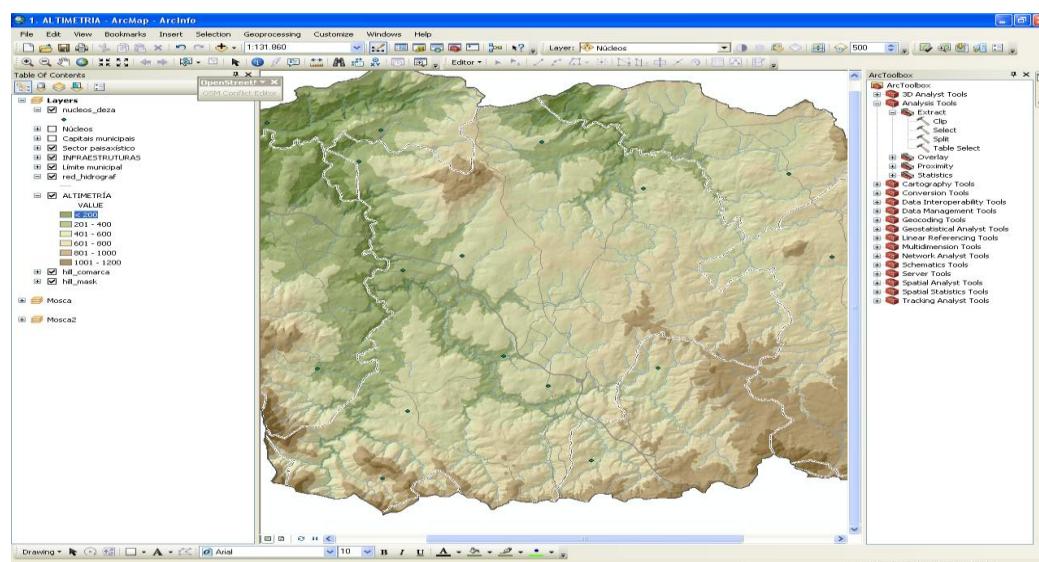


Figura 35. Modelo Digital de Elevaciones (MDE), representado en ArcMap, de la comarca de Deza, provincia de Pontevedra.

En el caso de las capas ráster y ficheros GeoTIFF, no es necesario generar archivos de estilo **sld*. En el ejemplo de la figura 29, se ha exportado la capa de altimetría (transparencia del 40%) y la capa de sombreado o *hillshade* del terreno (transparencia 0).

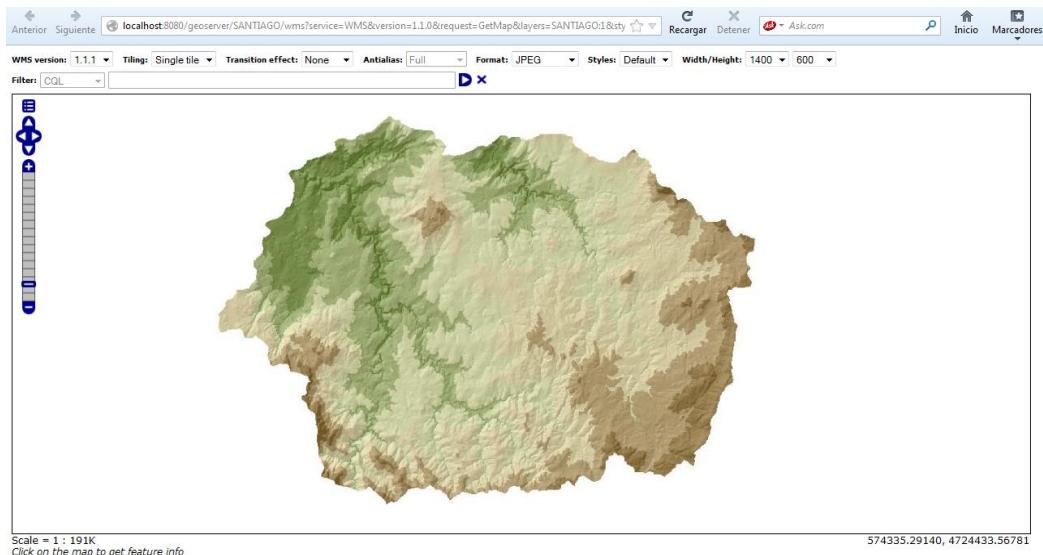


Figura 36. Modelo Digital de Elevaciones (MDE), representado en GeoServer, de la comarca de Deza, provincia de Pontevedra. En nuestra práctica no hemos trabajado con este tipo de ficheros para la ciudad de Santiago de Compostela, pero el objetivo era profundizar en el conocimiento de la mayor cantidad de funciones y potencialidades de GeoServer y esto ha sido un ejemplo de ello.

Otra alternativa un poco más laboriosa consiste en exportar el MDE o altimetría (sin transparencia) y la capa de sombreado del relevo (*hillshade*) por separado desde ArcMap. Para obtener un resultado similar al de la figura 21, en GeoServer se debe dar transparencia a la capa de altimetría para visualizar el sombreado por debajo de esta capa. Para ello, en la sección de “Estilos” de GeoServer, ha de abrirse el estilo “*Raster*” implementado por defecto en GeoServer, copiar todo el código de dicho estilo, se pega en un nuevo documento en el programa Notepad++ y se modifica su valor de transparencia: 1 = opacidad; 0 = transparencia total. Se guarda como fichero **sld* y a continuación se importa en GeoServer y se aplica a la capa raster de elevaciones o MDE. Por su parte, el ráster de sombreado del terreno se incorporaría a GeoServer sin aplicarle ningún estilo definido por el usuario.

Si al previsualizar las dos capas éstas aparecen cortadas o desplazadas una respecto a la otra debemos revisar los sistemas de proyección de cada una de las capas hasta que coincidan. En este caso, tanto la capa del MDE como la de sombreado deben tener el sistema EPSG: 23019 (ED_1950_Zona29).

Como se ha comentado, esto es un sistema muy laborioso y lo mejor es exportar desde ArcMap e importar el fichero directamente en GeoServer.

Llegados a este punto de introducir capas ráster en GeoServer, un objetivo secundario de las prácticas consistió en intentar conseguir unos Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) de mayor calidad cartográfica y visual. En este caso, se ha tomado como tutorial un documento de Ryan Stanley, “*Create color shaded relief maps with ArcGIS and Adobe Photoshop*”, que persigue la creación de MDE’s con sombreado mediante la combinación de ArcGIS y Adobe Photoshop. El resultado final es una capa raster de relieve georreferenciada y proyectada. A continuación se enumeran los pasos encaminados a lograr este fin:

- En primer lugar, se debe añadir un MDE en ArcMap y, a continuación, crear un *hillshade* a partir de éste (*ArcToolbox*, *Spatial Analyst Tools*, *Surface*, *Hillshade*). En la herramienta, se mantendrán los valores de acimut (ángulo de incidencia de la fuente de luz) y altitud (ángulo de la fuente de luz sobre el horizonte) implementados por defecto, 315° de acimut y 45° de altitud respectivamente.

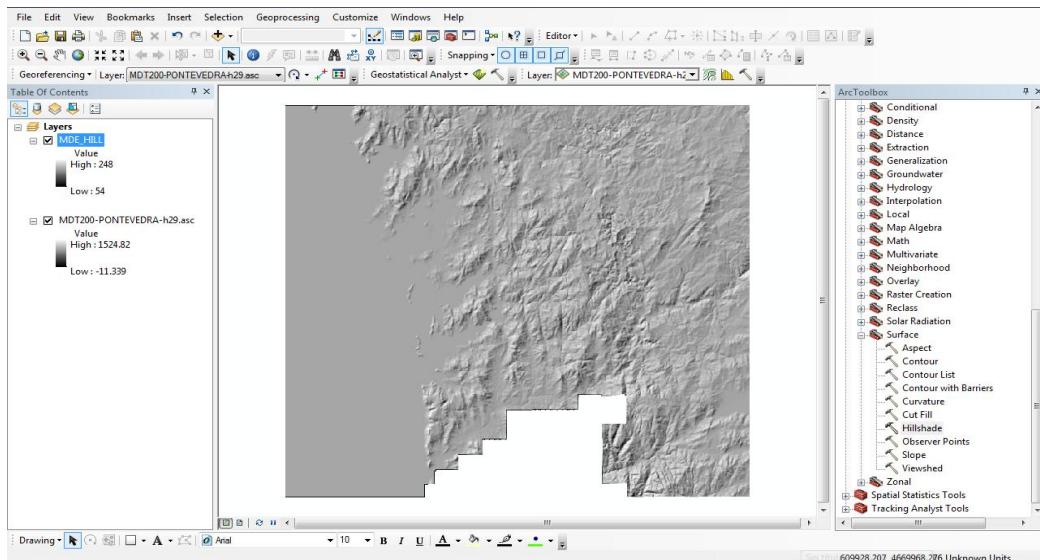


Figura 37. Resultado de aplicar la herramienta *Hillshade* sobre un MDE.

- El siguiente paso consistirá en exportar la capa *hillshade* como una capa raster que será empleada posteriormente en Adobe Photoshop. La clave está en activar la función *Use Renderer* y guardar el nuevo fichero en formato TIFF.

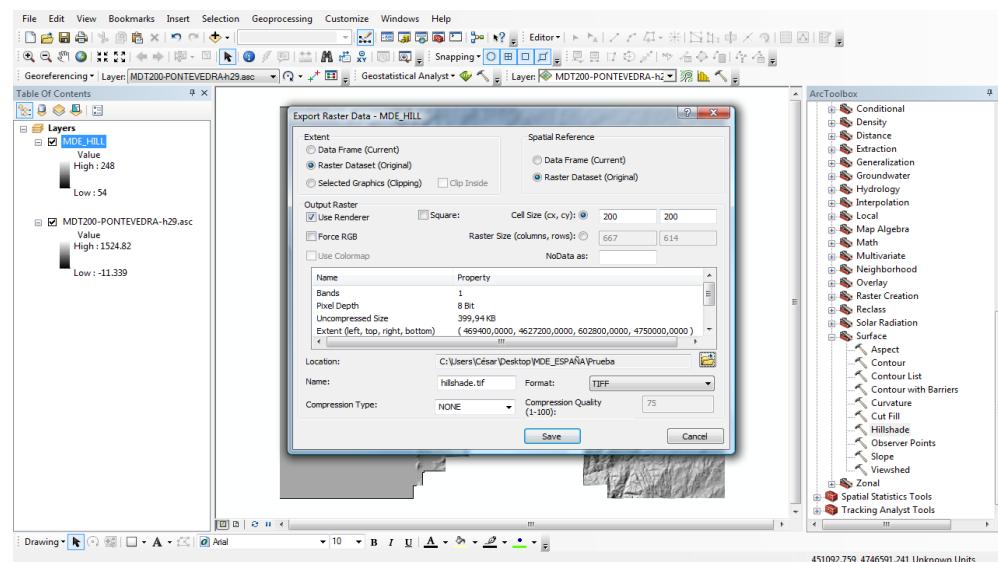


Figura 38. Proceso de exportación de la capa *hillshade*.

- Se debe asignar una gama de colores al MDE original según los gustos del usuario.

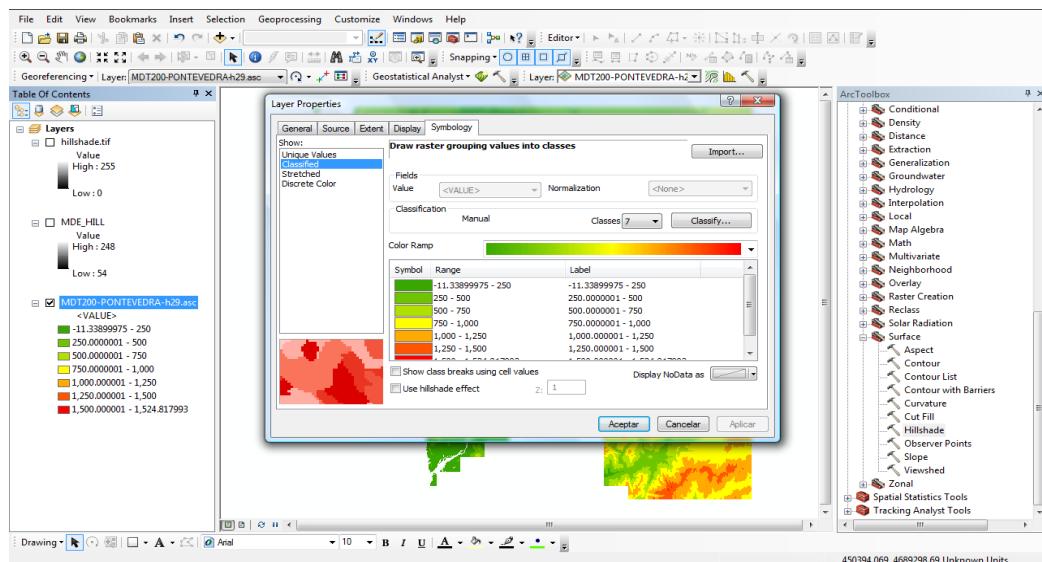


Figura 39. Elección de la rampa de color apropiada para la representación del modelo altitudinal.

- En el siguiente paso se repetiría la operación de exportación con la capa del MDE, tal y como se había realizado con el *hillshade*, con la salvedad de que en esta ocasión debe ser marcada la casilla *Force RGB*.
- A continuación se crea un *raster world file* a partir de la imagen (TIFF) del *hillshade*. Esta operación será útil en el último paso de este trabajo pues permitirá reincorporar la imagen de relieve desde Adobe Photoshop a ArcMap asignando el mismo tamaño, el mismo sistema de proyección y las mismas coordenadas de partida, es decir, georreferenciar una imagen. Para ello se seguirá la siguiente ruta de herramientas: *ArcToolbox*, *Data Management Tools*, *Raster*, *Raster Properties*, *Export Raster World File*. Tan solo se debe introducir la imagen del *hillshade*.
- En el siguiente paso ya se acude a Adobe Photoshop dónde se importa la imagen del MDE y la imagen del *hillshade*, ambas en formato TIFF. La clave es que, una vez abiertas las 2 imágenes, se debe arrastrar la imagen del MDE sobre la imagen del *hillshade* dentro de la paleta *Layers*. Dentro de esta misma paleta, se selecciona el *Layer 1* y se cambia la función de “*Normal*” a “*Multiply*”. Por otra parte, para reducir el sombreado del *hillshade* y preservar los colores del MDE, es posible cambiar la opacidad del *hillshade* a un 75% o el valor que estime conveniente el usuario. Por último, se guarda la imagen resultante: *File*, *Save As*, y se almacena en la misma carpeta dónde estaban guardadas las 2 imágenes anteriores.
- Por último, el usuario puede acudir a la localización de los ficheros, incluido el *raster world file* (extensión .tfw) creado en pasos anteriores y renombrarlo. Con este paso se conseguirá georreferenciar directamente en ArcMap la imagen resultante de las operaciones llevadas a cabo en Adobe Photoshop. Por último, en ArcMap tan sólo se debe añadir esta imagen del MDE definitiva, aunque se le debe asignarle un sistema de coordenadas (*ArcToolbox*, *Data Management Tools*, *Projections and Transformations*, *Define Projection*).

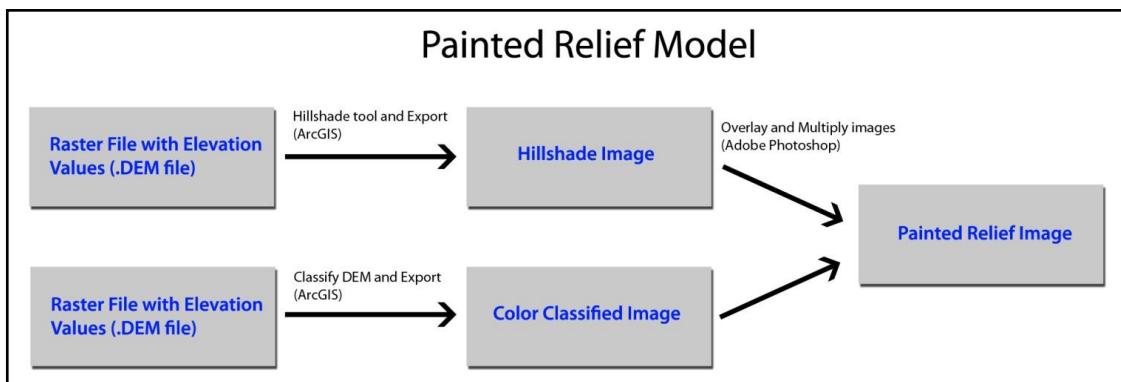


Figura 40. Resumen del proceso de creación de un MDE de mayor calidad.

7.2.6. Generación de estilos complejos en GeoServer.

Una vez que se ha comprobado que OpenLayers, y en concreto GeoServer, son una solución al problema planteado por SIGNO a la hora de publicar en internet cartografía realizada en ArcGIS, el siguiente objetivo de las prácticas ha consistido en estudiar determinados casos puntuales de estilos cartográficos para implementarlos en GeoServer. Para ello se ha trabajado siguiendo las instrucciones otorgadas por la documentación que proporciona GeoServer en su archivo de descarga e instalación en el ordenador. A continuación exponemos los casos analizados durante el período de prácticas:

- **Líneas de ferrocarril con traviesas perpendiculares a la vía.** Este estilo no se puede exportar desde ArcMap a un fichero *.sld directamente. Tampoco en Atlas Styler. La solución es transformar el fichero de estilos *.sld de una capa de carácter vectorial y lineal que represente la vía férrea e introducir el código que se muestra a continuación en letras de color rojo (el resto del código, en color azul, hace referencia a una línea de color negro con un grosor igual a 3 puntos): creación de una línea vertical o perpendicular, con un ancho de 1 punto, color #333333 (<http://html-color-codes.info/>), y tamaño igual a 12 puntos, empleando el comando LineSymbolizer.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes"?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <sld:NamedLayer>
    <sld:Name>FERROCARRIL</sld:Name>
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>Style1</sld:Name>
      <sld:FeatureTypeStyle>
        <sld:FeatureTypeName>FERROCARRIL</sld:FeatureTypeName>
        <sld:Rule>
          <sld:Name>FERROCARRIL</sld:Name>
          <sld:Title>FERROCARRIL</sld:Title>
          <sld:LineSymbolizer>
            <sld:Stroke>
              <sld:CssParameter name="stroke">#333333</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="stroke-width">3</sld:CssParameter>
            </sld:Stroke>
          </sld:LineSymbolizer>
          <sld:LineSymbolizer>
            <sld:Stroke>
              <sld:GraphicStroke>
                <sld:Graphic>
                  <sld:Mark>
                    <sld:WellKnownName>shape://vertline</sld:WellKnownName>
                    <sld:Stroke>
                      <sld:CssParameter name="stroke">#333333</sld:CssParameter>
                      <sld:CssParameter name="stroke-width">1</sld:CssParameter>
                    </sld:Stroke>
                  </sld:Mark>
                  <sld:Size>12</sld:Size>
                </sld:Graphic>
              </sld:GraphicStroke>
            </sld:Stroke>
          </sld:LineSymbolizer>
        </sld:Rule>
      </sld:FeatureTypeStyle>
    </sld:UserStyle>
  </sld:NamedLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>
```

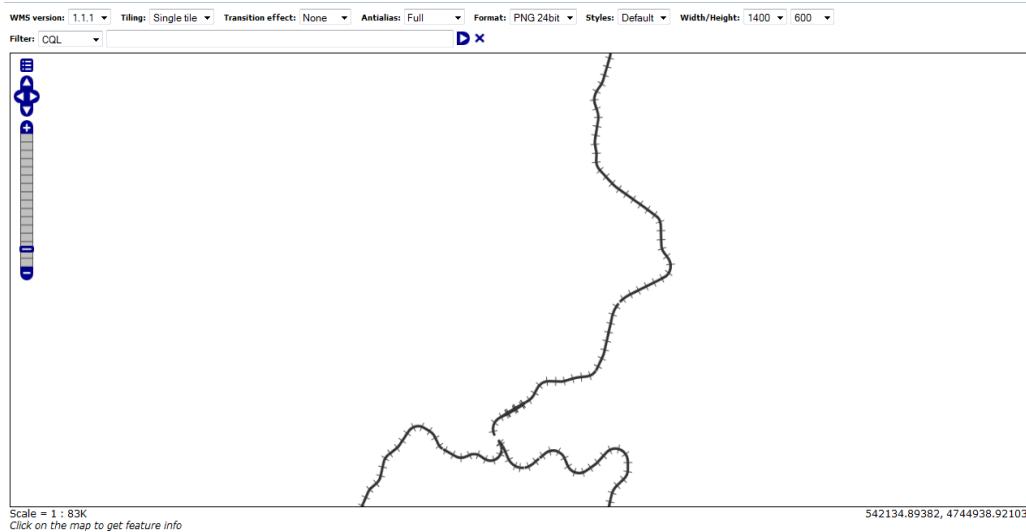


Figura 41. Estilo traviesas perpendiculares a una vía férrea.

- **Etiquetas de puntos.** A la hora de etiquetar puntos también se debe jugar con ficheros de estilo. A continuación se muestra un ejemplo para indicar el nombre de los núcleos de población representados mediante puntos empleando el comando `TextSymbolizer`, nomenclátor contenido en uno de los campos de la tabla de atributos del *shape* (“NOME”) al que se refiere el fichero de estilo:

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes"?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <sld:NamedLayer>
    <sld:Name>ZONAS_VERDES</sld:Name>
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>Style1</sld:Name>
      <sld:FeatureTypeStyle>
        <sld:FeatureTypeName>ZONAS_VERDES</sld:FeatureTypeName>
        <sld:Rule>
          <sld:Name>ZONAS_VERDES</sld:Name>
          <sld:Title>ZONAS_VERDES</sld:Title>
          <sld:PolygonSymbolizer>
            <sld:Fill>
              <sld:CssParameter name="fill">#C5F0C5</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
            </sld:Fill>
          </sld:PolygonSymbolizer>
          <sld:TextSymbolizer>
            <sld:Label>
              <ogc:PropertyName>NOME</ogc:PropertyName>
            </sld:Label>
            <sld:Font>
              <sld:CssParameter name="font-family">Calibri</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="font-family">0</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="font-size">9</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="font-style">normal</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="font-weight">bold</sld:CssParameter>
            </sld:Font>
            <sld:Fill>
              <sld:CssParameter name="fill">#00734C</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="fill-opacity">1.0</sld:CssParameter>
            </sld:Fill>
          </sld:TextSymbolizer>
        </sld:Rule>
      </sld:FeatureTypeStyle>
    </sld:UserStyle>
  </sld:NamedLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>
  
```

En el ejemplo anterior se etiquetaba la capa “Zonas verdes”, atendiendo al campo atributos “NOME”, empleando la fuente *Calibri* tamaño 9 y negrita, con un color #00734C.



Figura 42. Etiquetado de las zonas verdes de la ciudad.

- **Visualización de elementos (puntos, líneas, polígonos) y fuentes según escalas de tamaño.** El escalado de elementos y fuentes se logra empleando los comandos MaxScaleDenominator y MinScaleDenominator, justo antes del comando que simboliza el elemento a representar.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes"?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <sld:NamedLayer>
    <sld:Name>CASAS</sld:Name>
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>Style1</sld:Name>
      <sld:FeatureTypeStyle>
        <sld:FeatureTypeName>CASAS</sld:FeatureTypeName>
        <sld:Rule>
          <sld:Name>CASAS_si</sld:Name>
          <sld>Title>CASAS</sld>Title>
          <sld:MinScaleDenominator>2500</sld:MinScaleDenominator>
          <sld:MaxScaleDenominator>10000</sld:MaxScaleDenominator>
          <sld:PolygonSymbolizer>
            <sld:Fill>
              <sld:CssParameter name="fill">#DCDCDC</sld:CssParameter>
              <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
            </sld:Fill>
          </sld:PolygonSymbolizer>
        </sld:Rule>
      </sld:FeatureTypeStyle>
    </sld:UserStyle>
  </sld:NamedLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>
```

En este ejemplo se ha ordenado que la capa “Casas” únicamente sea visible entre las escalas 2.500 y 10.000.



Figura 43. Visualización de la capa “Casas”. Como podemos observar en el extremo inferior izquierdo del visor, la capa sólo se visualiza en el rango escalar anteriormente definido.

Estas han sido algunas de las situaciones más típicas a las que se puede enfrentar el usuario en la realización de un trabajo de este tipo. Existen muchos más casos y posibilidades que se pueden encontrar en la documentación o manual de GeoServer en la siguiente página web: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/>. El usuario tan solo tendría que revisar el caso descrito que más se adapta a sus necesidades e intentar crear manualmente un fichero de estilo que reproduzca los deseos de aquél.

Una vez analizado en mayor o menor detalle el funcionamiento de GeoServer, es el momento de proceder a la explicación de cómo implementar este visor cartográfico en una página web. Este proceso se explica en el siguiente apartado.

8. DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO: CREACIÓN DE UN VISOR CARTOGRÁFICO IMPLEMENTADO EN UNA PÁGINA WEB CON OBJETO DE EMPLEAR UNA BASE CARTOGRÁFICA PARA LA CIUDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA (GALICIA, ESPAÑA) A PARTIR DE DATOS OBTENIDOS EN OPENSTREETMAP.

GeoServer es OpenLayer y OpenLayers está diseñado para poder implementar la cartografía del usuario en una página web. El objetivo fundamental de las prácticas era automatizar el proceso de trasvase de cartografía desde ArcGIS a una plataforma cartográfica, ya que implementarlo en una web no era problema y en SIGNO ya tenían experiencia en este campo. Sin embargo, es conveniente incorporarlo a este trabajo para conseguir una visión completa de todo el proceso de publicación de cartografía en internet. La información la hemos encontrado fundamentalmente en la página de OpenLayers, por lo que tan solo es necesario aplicar estos comandos o códigos a la página web del usuario.

El primer paso que debe realizar el usuario es crear una carpeta en la siguiente ruta del ordenador: *C:\Program Files\GeoServer 2.1.4\webapps*. En esa nueva carpeta se ha de introducir la página web donde se desea implementar el visor. Este paso es fundamental para que GeoServer reconozca el origen de la cartografía y de las capas que introducimos posteriormente en esta plataforma.

La implementación del visor cartográfico y sus funciones correspondientes funcionan gracias a un código programado en JavaScript que se debe situar en la cabecera del documento HTML: `<script src="http://www.openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>`, donde se definirá la librería JavaScript de OpenLayers. Adobe Dreamweaver es un ejemplo de programa informático útil para el diseño de una página web y del visor cartográfico.

Dentro del código de JavaScript, en este ejemplo realizado durante el período de prácticas, se exponen las siguientes funcionalidades y detalles que han sido interesantes a la hora de aplicar a nuestra página web de forma muy sencilla. Las posibilidades que ofrece OpenLayers son muy amplias y potentes y pueden ser consultadas en su página web. Un estudio pormenorizado de estas funciones podría

ser una continuación futura de este estudio. Adjuntamos con este trabajo un documento que recoge todo el código JavaScript y el cuerpo HTML de la página web. Se exponen a continuación algunos de los comandos JavaScript claves para el correcto funcionamiento del visor (ver anexo):

- Todo gira alrededor de la clase **Map** que es la que engloba el mapa que será visualizado en el visor. A este elemento se le añadirán capas de información que harán referencia a las capas introducidas previamente en Geoserver y a su información complementaria, así como controles que tendrán como misión manipular cómo se muestra la información en el visor. Posteriormente, la clase *Map* aparecerá en el elemento `<div>` dentro del cuerpo del código HTML.
- **OpenLayers.Layer**: introduce una capa o *layer* en el visor cartográfico que podremos seleccionar para ser visualizada o no. Existen diferentes tipos de capas especializadas para diferentes tipos de información: *OpenLayers.Layer.Vector*, para añadir elementos vectoriales; *OpenLayers.Layer.Marker*, para añadir marcadores; *OpenLayer.Layer.WMS*, permite acceder a los Web Map Services de un URL específico; u *OpenLayers.Layer.OSM*, que permite acceder a los mapas de OSM. Debemos definir:
 - El nombre con el que será visualizado en la pestaña del visor (*GeoServer layers – tiled*). Debemos incorporar la dirección URL del nuestro servidor o de un organismo oficial (WMS, WTF...).
 - La extensión geográfica que abarcará la navegación por el visor está definida en **Bounding Box**, donde se indicará las coordenadas extremas de un rectángulo que englobará la totalidad de la superficie de las capas introducidas en GeoServer. Este comando es diferente al que indicará el tamaño de la ventana del visor, el cual se indica fuera del código programado en JavaScript.
 - Una vez definidas las capas, las introducimos o cargamos en el visor cartográfico (*map.addlayers*).
 - **LayerSwitcher**: gestor de capas.
 - **PanZoomBar**: permite añadir controles de navegación al visor.
 - **MousePosition**: indica las coordenadas allí donde situamos el cursor del ratón.
 - **Map.zoomToExtent (bounds)** fija el nivel de zoom inicial a la extensión territorial especificada en el *bounding box* (extensión total de las capas introducidas en el visor).
 - **GetFeatureInfo**: el visor proporciona información o tabla de atributos de las capas sobre las que realizamos un clic en el visor.
 - Una vez finalizado el código de JavaScript, la función *init ()* creará el mapa. Esto se realiza a partir del evento **onload** en el cuerpo o *body* del documento HTML.
 - Dentro del cuerpo de la página introduciremos el espacio destinado al visor con el siguiente elemento: `<div id='map'> ... </div>`. A este elemento podemos asignarle un estilo CSS propio para posicionarlo dentro de la página, añadirle un recuadro con un determinado color, etc.

III. CONCLUSIONES

9. DIARIO DE PRÁCTICAS

El período de duración de las prácticas ha sido de un total de 2 meses y medio, 11 semanas, en las dependencias de la empresa SIGNO.

El período de prácticas podría resumirse en la investigación y realización de tareas agrupadas en 9 tareas, como se puede observar en la figura 44. El tiempo destinado a cada tarea no fue continuo:

- La búsqueda de información en internet ha sido una tarea constante y recurrente en el día a día del período de prácticas dado el carácter técnico de las mismas. 32 días.
- Investigar acerca de OpenStreetMap y la posible modificación y edición de su información aglutinó un total de 8 días: búsqueda de editores, funciones que ofertaban, resultados.
- Los Sistemas de Información Geográfica han sido un tema fundamental, teniendo que investigar el funcionamiento de variados programas informáticos, como el caso de gvSIG o Quantum GIS. El trabajo se centró en investigar las diferentes posibilidades de representación de simbologías cartográficas y exportar estos estilos, de un modo automático, a ficheros válidos para emplear en MapServer o GeoServer. 26 días.
- Con el fin de variar la temática y el trabajo de las prácticas, se planteó investigar la mejora de los resultados visuales de los modelos digitales de elevación (MDE) a la hora de ser impresos en papel. Se trata de una tarea complementaria de una mejor representación cartográfica. 19 días.
- La investigación de las aplicaciones geográficas OSGEO permitió descubrir numerosos SIG, aplicaciones y, lo más importante en el contenido de estas prácticas, GeoServer. En total se han revisado 11 aplicaciones más GeoServer a lo largo de 15 días laborables.
- El trabajo e investigación con GeoServer se prolongó a lo largo de 15 días.
- Atlas Styler, empleado como un complemento de GeoServer y como una alternativa a los estilos cartográficos de ArcGIS, tuvo asignados un total de 8 días.
- El tiempo dedicado a la implementación del visor cartográfico en una página web, empleando OpenLayers, fue de 2 días.
- El tiempo dedicado a las tareas anteriores abarcó desde el 2 de julio hasta el 17 de agosto. Desde esta fecha hasta el 14 de septiembre (fin del período de prácticas) colaboré con la empresa SIGNO en la realización de 2 proyectos propios de la empresa. Estas tareas consistieron en la localización de puntos de interés turístico en una comarca gallega, y en la realización de un registro de empresas de 41 municipios de la provincia de Pontevedra que tendría como finalidad realizar un estudio por parte de la Diputación de Pontevedra para asignar una nueva tasa de residuos en función del tamaño de la empresa.

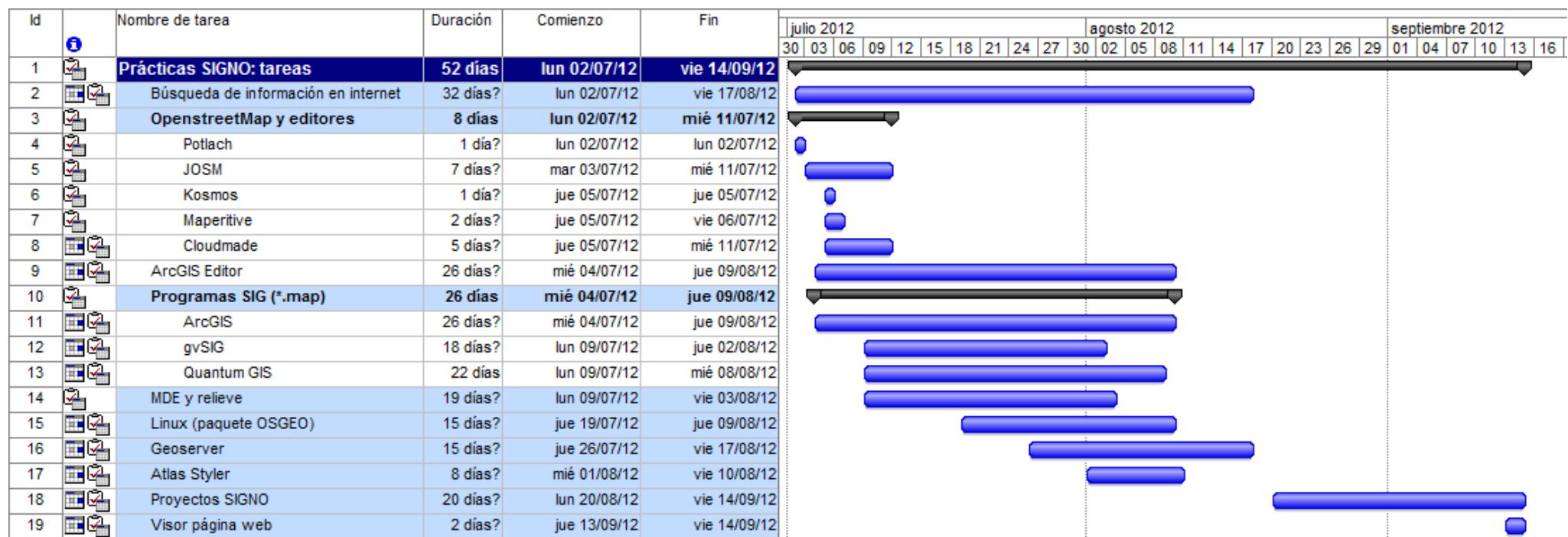


Figura 44. Calendario de prácticas realizado en Microsoft Office Project.

10. CONCLUSIONES

Como se mencionaba al comienzo de este trabajo, el objetivo fundamental de las prácticas era lograr una cartografía de calidad empleando la base cartográfica de OSM, o cualquier otra cartografía generada en ArcGIS, al mismo tiempo que esto estuviese orientado a una futura exposición en una página web. El objetivo se ha cumplido tal y como hemos explicado a lo largo de este trabajo. GeoServer y OpenLayers se muestran como una eficaz solución, de código abierto, a estos planteamientos: excelente calidad de los estilos cartográficos (similar a la cartografía generada en un SIG), compatibilidad con ArcGIS (*software* propietario), es automático y ha permitido reducir el tiempo de trabajo en muchas horas de trabajo o incluso días.

La técnica ha quedado explicada. ¿Cuál es la utilidad de todo ello? La cartografía estática, en soporte papel, está siendo minimizada a prestaciones clásicas (libros, publicaciones en papel, resultado de proyectos...). Sin embargo, la revolución de las nuevas tecnologías informáticas, internet, la aparición de nuevas oportunidades de negocio y la desaparición de las distancias abren nuevas perspectivas de trabajo y de publicación de resultados. GeoServer y OpenLayers se muestran como un método dinámico y efectivo de publicación de cartografía en internet, dejando obsoleto cualquier otro método de creación de cartografía estática.

10.1. Conocimientos obtenidos.

Los conocimientos adquiridos en la búsqueda de soluciones a los condicionantes planteados por la empresa SIGNO y en la elaboración de este trabajo han sido abundantes y de gran interés. Trabajar con variados programas informáticos (JOSM, Quantum GIS, gvSIG, Atlas Styler...) y la publicación de cartografía en internet (a partir de cartografía generada en ArcGIS y emplear OpenLayers) era un ámbito laboral en el que no había trabajado, lo que ha enriquecido mi formación académica en gran medida.

Investigar las numerosas aplicaciones geográficas de OSGeo me ha permitido descubrir numerosos SIG novedosos, diferentes aplicaciones y, lo más importante en el contenido de estas prácticas, GeoServer y OpenLayers. Además, el trabajo realizado ha favorecido la toma de contacto con el ámbito del *software* libre, en especial programas SIG aunque también otros sistemas operativos como es el caso de Linux (exento de tareas de programación estricta).

Por otra parte, la elaboración de estas prácticas ha favorecido mi incorporación a la comunidad OpenStreetMap, formando parte del grupo de usuarios que realiza aportaciones propias a su base de datos habitualmente. Tal y como se ha señalado en el apartado 5 de este trabajo, los usuarios de OSM no siempre poseen una formación geográfica o cartográfica adecuada a la hora de trabajar con esta plataforma, lo que podría poner en duda la fiabilidad de OSM. Sin embargo, el análisis de numerosos casos en áreas de mi entorno residencial clarifica que estos errores son mínimos y pueden atender a un desfase o desactualización de los atributos concedidos a determinados elementos (cifras de población de núcleos poblacionales no actualizados, por ejemplo), pero no a incorrecciones de localización de elementos. Por lo tanto, se puede afirmar que los usuarios de OSM aportan información de elementos geográficos de los que tienen pleno conocimiento de modo que OSM podría considerarse una fuente fiable de información, que es compatible y competente con otros servidores públicos o privados de información geográfica.

Los conocimientos y técnicas asimilados han sido sustanciales, pero se debe profundizar en ellos. El conocimiento de lenguajes de programación facilitaría la creación de páginas web y el manejo de OpenLayers; el dominio de Sistemas de Gestión de Base de Datos ayudaría a controlar volúmenes importantes de información relacionada con su manejo en GeoServer; y profundizar en el mundo de los Sistemas de Información Geográfica también sería de utilidad dependiendo de la temática de la información que se deseé implementar en GeoServer y en los visores cartográficos.

También se debe añadir que los conocimientos adquiridos a lo largo del período académico del Máster han sido esenciales, tanto en lo referido a los SIG, como a lenguajes de programación (Python, Grass), metadatos, programas de diseño gráfico (Adobe Ilustrator), o creación de páginas web.

10.2. Posibilidades de desarrollo futuro.

El trabajo realizado a lo largo de 6 semanas durante el período de prácticas tan solo ha servido para comenzar a explorar esta tecnología y esta temática. Considero que las potencialidades de estos productos son magníficas y con gran visión de futuro desde el punto de vista cartográfico y que sería necesario seguir investigando todas sus posibilidades y desarrollos durante más tiempo. En las últimas décadas se ha producido una victoria de la cartografía digital sobre los mapas analógicos en formato papel, hecho que demuestra el planteamiento anterior.

La investigación en esta materia podría ir encaminada a mejorar y dinamizar la cartografía temática de numerosos portales web. La administración pública, especialmente ayuntamientos, pueden mejorar la comunicación con sus ciudadanos y promocionar económicamente su territorio y empresas. Un buen ejemplo de ello es la página web de la ciudad estadounidense de Seattle (www.seattle.gov) donde podía consultarse un mapa en el que se plasmaba la localización de las obras realizadas en el municipio con información asociada (zona afectada, presupuesto de la obra, fecha de inicio, duración de las obras, nombre y correo electrónico del responsable de la gestión de las mismas...). Este caso es un claro ejemplo de aproximación a la ciudadanía, un ejemplo de transparencia, los ciudadanos de Seattle podrán saber en todo momento cómo son gestionados sus impuestos, Hechos como este se conocen con el nombre de “e-democracia o democracia electrónica, el aprovechamiento de las ventajas y posibilidades que ofrece la Red para mejorar las instituciones democráticas y fomentar la participación ciudadana” (Rodríguez et al., 2009). Por otra parte, emplear OpenLayers en este tipo de actuaciones evitaría tener que costear cánones y licencias de programas, de igual modo que evitarían depender de segundos servidores de mapas, lo que permitiría reducir una parte importante del presupuesto destinado a temas de cartografía sin renunciar a la calidad de la misma.

Los municipios y otras administraciones también podrían centrar sus esfuerzos cartográficos, empleando GeoServer y OpenLayers, a la hora de publicar documentos cartográficos de interés para la ciudadanía, como son los Planes Generales de Ordenación Municipal (PGOM), por ejemplo. De esta forma, el usuario podría consultar la información de su interés y realizar cualquier tipo de alegación desde su propio hogar. El Visor del Régimen Jurídico del Territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón podría servir de inspiración a la hora de poner en marcha estos servicios a escala municipal mediante OpenLayers (<http://sitar.aragon.es/visor-rjt.htm>).

De igual modo, la promoción turística y de las empresas de un territorio también podría ser otro tipo de servicios ofertados por las diferentes administraciones.

Otras utilidades de OpenLayers podrían ser las destinadas a la telefonía móvil y *smartphones* mediante diferentes aplicaciones cartográficas. OpenLayers permite realizar medidas, calcular áreas y rutas, y una gran multitud de utilidades que podrían hacer competencia a las numerosas aplicaciones que existen en la actualidad en el mercado de la telefonía.

Por último empresas privadas de cartografía y consultorías podrían destinar parte de su actividad a trabajar en la publicación web de cartografía propia a partir de encargos de la administración u otras sociedades. El mantenimiento y actualización de estas bases de datos y los visores cartográficos repercutiría en importantes ingresos a largo plazo para estas empresas.

Las posibilidades que ofrece la publicación de cartografía personalizada en internet y el uso de software libre son múltiples, tan solo hay que tener imaginación y posibilidades económicas a la hora de plantearse esta tarea. Además, se debe tener en cuenta que la calidad que ofrecen los programas de código abierto está a la altura de la ofrecida por programas comerciales, y será mucho mayor en un futuro a corto plazo, lo que supondrá una apuesta segura por el ahorro y la calidad final del producto.

IV. BIBLIOGRAFÍA

- BENNETT, Jonathan (2010). *OpenStreetMap*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2010. 252pp. ISBN:978-1-847197-50-4.
- BRAVO EDISON, Ch. *Publicación de mapas (WMS) con MapServer y gvSIG*. Instituto Geográfico Militar. 12pp.
- ESRI UK (2010). *Working with OpenStreetMap in ArcGIS*. Londres: Esri (UK) Ltd, Millenium House, 2010. 10pp.
- GENERALITAT VALENCIANA (2008). *gvSIG 1.1.x. Extensión de publicación (BN14). Manual de usuario Versión 1*. Valencia: Consellería de Infraestructuras y Transporte, 2008. 29pp. Disponible en: http://www.gbif.es/ficheros/TallerIDE2011/gvSIG-1_1_x-publishing-man-v1-es.pdf
- gvSIG Association (2010). *gvSIG Desktop 1.11, Manual de usuario*. Valencia: gvSIG Association, 2010. 703pp. Disponible en: http://www.cartografia.cl/beta/index.php?option=com_content&view=article&id=692:manual-de-usuario-de-gvSIG-111&catid=57:manuales&Itemid=170
- HAKLAY, M.; WEBER, P. (2008): “OpenStreetMap: User-Generated Street Maps”. Publicado por IEEE CS, pp. 12-18.
- JENNY, B.; HURNI, L. (2006). “Swiss-Style Colour Relief Shading Modulated by Elevation and by Exposure to Illumination”. En The British Cartographic Society 2006, *The Cartographic journal*, Vol. 43 No. 3, Zurich, pp. 198-207.
- MENA BERRIOS, Juan B (2008). *Geodesia Superior (Vol. 1)*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica, 2008. 700pp., 2 vol. ISBN:078-84-416-0766-8.
- NEIS, P; Zielstra, D y Zipf, A. (2011). “The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007-2011”. *Open Access: future internet*. 21pp. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1999-5903/4/1/1>
- PATTERSON, T.; VAUGHN KELSO, N. (2004). “Hal Shelton Revisited: Designing and Producing Natural-Color Maps with Satellite Land Cover Data”. *Cartographic Perspectives*, No. 47, Winter 2004. 41pp. Disponible en: <http://www.shadedrelief.com/shelton/article/shelton.pdf>
- REINALDO CONDORY, Sylvain Lesage (2012). “Manual de instalación. Generación del fondo de mapa de OpenstreetMap con Postgresql-Postgis, Imposm y MapServer”. *GEO Bolivia. Información Geoespacial del Estado Plurinacional de Bolivia*. Disponible en: <http://www.geo.gob.bo/inst/?Fondo-de-Mapa-Tutorial-de>
- RODRÍGUEZ PASCUAL, A. F.; ABAD POWER, P.; ALONSO JIMÉNEZ, J. Á.; SÁNCHEZ MAGANTO, A. (2009): “La globalización de la Información Geográfica”, *Cuadernos Internacionales de Tecnología para el desarrollo humano*. Madrid, 10pp.
- SÁNCHEZ MAGANTO, A. (2006). “Style Layer Descriptor (SLD)”. Curso: “Puesta en marcha y explotación de geoservicios del OpenGeospatial Consortium: Curso teórico-práctico con tecnologías Open Source. Madrid: Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, 2006. 101pp.
- SÁNCHEZ ORTEGA, I.; FIGUERAS I JOVÉ, J. (2008). “Software geoespacial por y para OpenStreetMap”, III Jornadas de SIG Libre. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/29440973_Software_geoespacial_por_y_para_OpenStreetMap
- STANLEY, R. (). *Create color shaded relief maps with ArcGIS and Adobe Photoshop*. Western Oregon University, Earth and Physical Sciences Despartment. Disponible en: <http://freedownloaddb.com/pdf/create-color-shaded-relief-maps-with-arcgis-and-adobe-photoshop-15490104.html>

V. ENLACES DE INTERÉS

- Aragón. *Visor del Régimen Jurídico del Territorio* [consulta online]. Dirección: <http://sitar.aragon.es/visor-rjt.htm>. [Consulta: 01 octubre 2012].
- Acolita. 08/06/2011. *ArcGIS Editor para OpenStreetMap* [consulta online]. Dirección: <http://acolita.com/arcgis-editor-para-openstreetmap/>. [Consulta: 02 julio 2012].
- García Monzón, José Luis. 08/05/2012. *OpenLayers: Reproyección de capas WMS (EPSG:4326) sobre proyección de GoogleMaps (EPSG:900913)*. [consulta online]. Dirección: <http://blog.andago.com/web/blog-andago/gestion-del-territorio/-/blogs/openlayers-reproyeccion-de-capas-wms-epsg:4326-sobre-proyeccion-de-googlemaps-epsg:900913>. [Consulta: 06 julio 2012].
- Braincrunch. 08/11/2011. *Maperitive Tutorial: Generating OSM Map For Adobe Illustrator In Seven Easy Steps* [consulta online]. <http://braincrunch.tumblr.com/post/9947074703/maperitive-tutorial-generating-osm-map-for-adobe>. [Consulta: 05 julio 2012].
- Cloudmade. *Downloads* [consulta online]. Dirección: <http://downloads.cloudmade.com>. [Consulta: 18 julio 2012].
- Cloudmade. *Style Editor* [consulta online]. Dirección: <http://maps.cloudmade.com/editor>. [Consulta: 3 julio 2012].
- Codeplex. *ArcGIS Editor for OpenStreetMap* [consulta online]. Dirección: <http://esriosmeditor.codeplex.com/>. [Consulta: 02 julio 2012].
- Codeplex. *ArcGIS Editor for OpenStreetMap. Documentation topics* [consulta online]. Dirección: <http://esriosmeditor.codeplex.com/documentation?referringTitle=Home>. [Consulta: 02 julio 2012].
- Esri. 25/08/2010. *Noticias y eventos* [consulta online]. Dirección: <http://www.esri.es/es/noticias/esri-lanza-arcgis-editor-para-openstreetmap/>. [Consulta: 02 julio 2012].
- Esri. *ArcGIS Resource Center* [consulta online]. http://help.arcgis.com/es/arcgisserver/10.0/help/arcgis_server_dotnet_help/index.html#/na/00930000004000000/. [Consulta: 17 julio 2012].
- Fh-mainz. *A tool for reading out styling information from ArcMap® and converting into Styled Layer Descriptor-Files (SLD) of OGC* [consulta online]. http://apps.geoinform.fh-mainz.de/arcmap2sld/ArcMap2SLDConverter_Eng.htm. [Consulta: 26 julio 2012].
- Geofabrik. *Download Area* [consulta online]. Dirección: <http://download.geofabrik.de/osm/>. [Consulta: 02 julio 2012].
- Geonames. *Geonames* [consulta online]. Dirección: www.geonames.org. [Consulta: 02 julio 2012].
- GeoServer. *GeoSever* [consulta online]. Dirección: <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>. [Consulta: 26 julio 2012].
- GeoServer. *GeoSever User Manual* [consulta online]. Dirección: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/>. [Consulta: 02 agosto 2012].
- GeoServer. *Publishing a shapefile* [consulta online]. Dirección: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/gettingstarted/shapefile-quickstart/index.html>. [Consulta: 26 julio 2012].
- GeoServer. *SLD Cookbook* [consulta online]. Dirección: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/styling/sld-cookbook/index.html>. [Consulta: 02 agosto 2012].
- GeoServer. *Stable* [consulta online]. Dirección: <http://docs.geoserver.org/>. [Consulta: 26 julio 2012].
- gvSIG. *Portal gvSIG* [consulta online]. Dirección: <http://www.gvsig.org/web/>. [Consulta: 17 julio 2012].
- High Earth Orbit. *Neogeography – towards a definition* [consulta online]. Dirección: <http://highearthorbit.com/neogeography-towards-a-definition/>. [Consulta: 01 octubre 2012].
- gvSIG. *Portal gvSIG* [consulta online]. Dirección: <http://www.gvsig.org/web/>. [Consulta: 17 julio 2012].
- HTML Color Codes. *HTML Color Codes* [consulta online]. Dirección: <http://html-color-codes.info/>. [Consulta: 30 julio 2012].
- González, Juan Carlos. *Análisis territoriales con SIG. OpenLayers* [consulta online]. Dirección: <http://analisisterritoriales.blogspot.com.es/p/openlayers.html>. [Consulta: 06 julio 2012].

- Leaflet. *An Open-Source JavaScript Library for Mobile-Friendly Interactive Maps* by CloudMade [consulta online]. Dirección: <http://leaflet.cloudmade.com>. [Consulta: 9 julio 2012].
- Mapbox. *Mapbox* [consulta online]. Dirección: <http://mapbox.com>. [Consulta: 9 julio 2012].
- Maperitive. *Maperitive Documentation* [consulta online]. Dirección: <http://maperitive.net/docs/>. [Consulta: 5 julio 2012].
- MapServer, open source web mapping. *MapServer 6.2.0 Documentation* [consulta online]. Dirección: <http://mapserver.org/documentation.html>. [Consulta: 30 julio 2012].
- MapServer. *Welcome to MapServer* [consulta online]. Dirección: <http://mapserver.org>. [Consulta: 30 julio 2012].
- Mxd2map. *About MXD2map* [consulta online]. Dirección: <http://www.mxd2map.org/about.html>. [Consulta: 12 julio 2012].
- Open Aerial Map. *Main page* [consulta online]. Dirección: www.openaerialmap.org. [Consulta: 13 septiembre 2012].
- OpenLayers. *Examples* [consulta online]. Dirección: <http://openlayers.org/dev/examples/>. [Consulta: 13 septiembre 2012].
- OpenLayers. *OpenLayers: Free Maps for the Web* [consulta online]. Dirección: <http://openlayers.org>. [Consulta: 13 septiembre 2012].
- OpenStreetMap. *Complementos for JOSM* [consulta online]. Dirección: <http://josm.openstreetmap.de/wiki/Es%3APlugins>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Imagery sources* [consulta online]. <http://josm.openstreetmap.de/wiki/Maps>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *JOSM* [consulta online]. Dirección: <http://josm.openstreetmap.de>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *JOSM Map Styles* [consulta online]. Dirección: <http://josm.openstreetmap.de/wiki/Styles>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *JOSM/Plugings/OpenData* [consulta online]. Dirección: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/JOSM/Plugins/OpenData>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Kosmos* [consulta online]. Dirección: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos>. [Consulta: 5 julio 2012].
- OpenStreetMap. *MapCSS tutorial* [consulta online]. Dirección: <http://josm.openstreetmap.de/wiki/Help/Styles/MapCSSTutorial>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Main page* [consulta online]. Dirección: <http://wiki.openstreetmap.org>. [Consulta: 2 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Maperitive* [consulta online]. <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Maperitive>. [Consulta: 5 julio 2012].
- OpenStreetMap. *MapFeatures* [consulta online]. Dirección: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *OpenStreetMap España. Creando el mapa libre del mundo* [consulta online]. Dirección: <http://www.openstreetmap.es>. [Consulta: 2 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Planet OSM* [consulta online]. Dirección: <http://planet.openstreetmap.org/>. [Consulta: 3 julio 2012].
- OpenStreetMap. *QGIS OSM Plugin* [consulta online]. Dirección: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS_OSM_Plugin. [Consulta: 9 julio 2012].
- OpenStreetMap. *Visor* [consulta online]. Dirección: <http://www.openstreetmap.org>. [Consulta: 2 julio 2012].
- Shaded Relief. *Ideas and Techniques about Relief Presentation on Maps. Tutorials* [consulta online]. Dirección: <http://www.shadedrelief.com/shadedrelieftuto.html>. [Consulta: 10 julio 2012].
- SIGNO, ingeniería del territorio. *Signo, ingeniería del territorio* [consulta online]. Dirección: <http://signo-geo.com/web/>. [Consulta: 02 julio 2012].
- Stackexchange. *Geographic Information Systems* [consulta online]. Dirección: <http://gis.stackexchange.com/questions/8491/export-styles-from-arcgis-to-a-map-file>. [Consulta: 12 julio 2012].
- Tagzania. *Tagzania, crea y comparte tus mapas* [consulta online]. Dirección: <http://www.tagzania.com/>. [Consulta: 14 septiembre 2012].

- Wikiloc. *Rutas del mundo* [consulta online]. Dirección: <http://es.wikiloc.com/wikiloc/home.do>. [Consulta: 14 septiembre 2012].
- Wikimapia. *Visor* [consulta online]. Dirección: www.wikimapia.org. [Consulta: 14 septiembre 2012].
- Wikipedia, La enciclopedia libre.08/07/2012. *Notepad++* [consulta online]. Dirección: <http://es.wikipedia.org/wiki/Notepad%2B%2B>. [Consulta: 12 julio 2012].
- WorldMap. *Explore, Visualize, and Publish Geographic Information* [consulta online]. Dirección: <http://projects.iq.harvard.edu/worldmap/book/faq>. [Consulta: 30 julio 2012].
- Youtube.18/05/2011. *Customizing OSM map with osm2pgsql & QGIS* [consulta online]. Dirección: <http://www.youtube.com/watch?v=4-koTIHymFY&feature=related>. [Consulta: 20 julio 2012].

VI. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema y líneas de trabajo.....	4
Figura 2. Proceso de publicación de cartografía en GeoServer.	iError! Marcador no definido.
Figura 3. Evolución del número de usuarios registrados y número de puntos tomados por los mismos (http://wiki.openstreetmap.org)	6
Figura 4. Página principal de OpenStreetMap enfocando la ciudad de Zaragoza: www.openstreetmap.org	8
Figura 5. Composición de los diferentes mapas base que ofrece OSM para la ciudad de Zaragoza: de arriba a abajo y de izquierda a derecha, mapa estándar, mapa ciclista, mapa de transporte, MapQuest Open.....	9
Figura 6. Ejemplos de <i>nodos</i> en la ciudad de Zaragoza: bibliotecas, restaurantes, centros de salud, parkings.....	11
Figura 7. Ejemplos de <i>vías</i> y <i>superficies cerradas</i> en la ciudad de Santiago de Compostela: calles, avenidas, caminos, edificios, límites de zonas verdes, rotundas.....	12
Figura 8. Esquema de relación entre elementos en OSM..12	iError! Marcador no definido.
Figura 9. Interfaz del editor Potlatch1	iError! Marcador no definido.
Figura 10. Elementos de edición explicados en el párrafo anterior.	16
Figura 11. Opciones para guardar la información de OSM.	iError! Marcador no definido.
Figura 12. Ventana de editor para una calle dónde se muestra el nombre de la misma (<i>Praza de Vigo</i>), su categoría (<i>Calle urbana o residencial</i>), sentidos de circulación (<i>sentido único de circulación</i>) y origen de la información (<i>Yahoo Aerial</i>). Se podría añadir más información, como el límite de velocidad de la misma, por ejemplo.....	iError! Marcador no definido.
Figura 13. Edición de atributos en Potlatch1.	iError! Marcador no definido.
Figura 14. Interfaz del editor Potlatch2	iError! Marcador no definido.
Figura 15. Adquisición de datos OSM desde JOSM.	iError! Marcador no definido.
Figura 16. Interfaz de JOSM. En esta imagen se observa que se están visualizando 2 capas, aunque tan solo se puede mantener el estilo de la capa base en una de ellas. La ventana de selección de capas la podemos observar en la esquina superior derecha de la imagen.	iError! Marcador no definido.
Figura 17. Resultado de modificar el ancho de línea de la categoría <i>Waterways</i> (ríos): se sustituye el ancho original de 2 píxeles por otro de 22 (por ejemplo). Se guardan los cambios como fichero *.mapcss. La modificación se actualizará directamente en JOSM.	iError! Marcador no definido.
Figura 18. Interfaz de Kosmos.	iError! Marcador no definido.
Figura 19. Interfaz de Maperitive y creación de un estilo personalizado.	19
Figura 20. URL del estilo cartográfico 121212 - 60885 de Cloudmade aplicado sobre cartografía OSM.	23
Figura 21. <i>ArcGIS Editor</i> instalado en ArcToolbox de ArcMap.	iError! Marcador no definido.
Figura 22. Cartografía base disponible en ArcGIS10. La existencia de un enlace a OpenStreetMap muestra el gran potencial que ofrece este proyecto.....	iError! Marcador no definido.

- Figura 23. Herramientas de la aplicación *ArcGIS Editor*. **iError! Marcador no definido.**
- Figura 24. Ejemplo de fichero *.map.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 25. Estructura del fichero *map.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 26. Ejemplo de simbología nueva en Quantum GIS. . **iError! Marcador no definido.**
- Figura 27. Ejemplo de estilo cartográfico para una capa vectorial en Quantum GIS.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 28. Proceso de conversión de un mapa elaborado en ArcMap a un fichero de estilo SLD. Configurar un servicio WMS o elaborar aplicaciones para móviles pueden ser algunas de las finalidades de este proceso. **iError! Marcador no definido.**
- Figura 29. Interfaz de ArcMap2SLD.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 30. Estilos cartográficos del mapa base de la ciudad de Santiago de Compostela generados en ArcMap para diferentes niveles de resolución (de arriba abajo y de izquierda a derecha): 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.500.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 31. Validación de un fichero de estilo en GeoServer. **iError! Marcador no definido.**
- Figura 32. Asignación de sistema de coordenadas a las diferentes capas introducidas en GeoServer. En SIGNO hemos optado por transformar cada capa al sistema *European Datum 1950, Zona 29* (su equivalente en GeoServer es EPSG: 23029).....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 33. Grupo de capas en GeoServer. Las capas que se visualizarán en el visor están ordenadas desde la ubicada en la parte superior a la situada en la parte inferior.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 34. Previsualización de la capa *Buffers_50*. Si el usuario realiza un clic sobre alguno de los elementos representados surgirá una tabla de atributos en la parte inferior del visor. El visor que será implementado en la página web será el definitivo, esta figura tan sólo es una muestra.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 35. Modelo Digital de Elevaciones (MDE), representado en ArcMap, de la comarca de Deza, provincia de Pontevedra.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 36. Modelo Digital de Elevaciones (MDE), representado en GeoServer, de la comarca de Deza, provincia de Pontevedra. En nuestra práctica no hemos trabajado con este tipo de ficheros para la ciudad de Santiago de Compostela, pero el objetivo era profundizar en el conocimiento de la mayor cantidad de funciones y potencialidades de GeoServer y esto ha sido un ejemplo de ello.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 37. Resultado de aplicar la herramienta *Hillshade* sobre un MDE.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 38. Proceso de exportación de la capa *hillshade*. 43
- Figura 39. Elección de la rampa de color apropiada para la representación del modelo altitudinal.....**iError! Marcador no definido.**
- Figura 40. Estilo traviesas perpendiculares a una vía férrea. **iError! Marcador no definido.**
- Figura 41. Etiquetado de las zonas verdes de la ciudad. **iError! Marcador no definido.**
- Figura 42.**iError! Marcador no definido.**
- Figura 43. Visualización de la capa "Casas". Como podemos observar en el extremo inferior izquierdo del visor, la capa sólo se visualiza en el rango escalar anteriormente definido.....**iError! Marcador no definido.**

Figura 44. Calendario de prácticas.....**iError! Marcador no definido.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de programas y extensiones con las que trabajan.**iError! Marcador no definido.**

Tabla 2. Tabla resumen de capas y sus características. **iError! Marcador no definido.**

VII. CÓDIGO HTML DE UNA PÁGINA WEB EMPLEANDO OPENLAYERS

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>sitio web de master_geo</title>

<link href="css/estilos.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
<style type="text/css">
// Definimos el estilo del visor: ancho, alto, borde y posición dentro de la página.
#map{
    height:450px;
    width:800px;
    border: solid 2px #333333;
    margin: auto;
}

<!--Estilo de letra
.Estilo1 {color: #0080FF}
-->
</style>

<!--Comienzo del script para la creación del visor cartográfico-->
<script src="http://localhost:8080/geoserver/openlayers/OpenLayers.js"
type="text/javascript">
</script>
<script defer="defer" type="text/javascript">
    var map;
    var untiled;
    var tiled;
    var pureCoverage = false;
    // pink tile avoidance
    OpenLayers.IMAGE_RELOAD_ATTEMPTS = 5;
    // make OL compute scale according to WMS spec
    OpenLayers.DOTS_PER_INCH = 25.4 / 0.28;

    // function init() inicia el comando
    function init(){
        // if this is just a coverage or a group of them, disable a few items,
        // and default to jpeg format
        format = 'image/png';
        if(pureCoverage) {
            document.getElementById('filterType').disabled = true;
            document.getElementById('filter').disabled = true;
```

```

        document.getElementById('antialiasSelector').disabled = true;
        document.getElementById('updateFilterButton').disabled = true;
        document.getElementById('resetFilterButton').disabled = true;
        document.getElementById('jpeg').selected = true;
        format = "image/jpeg";
    }

// Definición del tamaño del mapa, o extensión cartográfica, que se permite consultar en el visor
var bounds = new OpenLayers.Bounds(
    525853.151623456, 4738692.404856561,
    553801.6865147753, 4762828.235376946
);
// Definición de los controles del visor, la extensión del mapa, el zoom inicial del visor,
// la proyección y las unidades de medida del mapa
var options = {
    controls: [],
    maxExtent: bounds,
    maxResolution: 30,
    projection: "EPSG:23029",
    units: 'm'
};
// La clase 'map' engloba el mapa que será visualizado en el visor
map = new OpenLayers.Map('map', options);

// Introducimos las capas del mapa del visor: nombre en la pestaña del visor y dirección
// dónde está almacenada en GeoServer, nombre de la capa dentro del servidor, proyección...
tiled = new OpenLayers.Layer.WMS(
    "Geoserver layers - Tiled", "http://localhost:8080/geoserver/wms",
    {
        LAYERS: 'SANTIAGO',
        STYLES: '',
        format: format,
        tiled: true,
        tilesOrigin : map.maxExtent.left + ',' + map.maxExtent.bottom
    },
    {
        buffer: 0,
        displayOutsideMaxExtent: true,
        isBaseLayer: true,
        yx : {'EPSG:23029' : true}
    }
);

// Definición de otra capa
untiled = new OpenLayers.Layer.WMS(
    "Geoserver layers - Untiled", "http://localhost:8080/geoserver/wms",
    {
        LAYERS: 'SANTIAGO',
        STYLES: '',
        format: format
    },
    {
        singleTile: true,
        ratio: 1,
        isBaseLayer: true,
        yx : {'EPSG:23029' : false}
    }
);

map.addLayers([untiled, tiled]);

// Construcción de los controles del visor: control de escala, navegador, escala, coordenadas en la posición del ratón
map.addControl(new OpenLayers.Control.PanZoomBar({
    position: new OpenLayers.Pixel(2, 15)
}));
map.addControl(new OpenLayers.Control.Navigation());
map.addControl(new OpenLayers.Control.Scale($('scale')));
map.addControl(new OpenLayers.Control.mousePosition({element: $('#location')}));
map.zoomToExtent(bounds);

```

```

// wire up the option button
    var options = document.getElementById("options");
    options.onclick = toggleControlPanel;

// La siguiente opción generará una tabla en la parte inferior del visor con información
// acerca de las capas del mapa sobre las que se ha realizado un clic
    map.events.register('click', map, function (e) {
        document.getElementById('nodelist').innerHTML = "Loading... please
wait...";

        var params = {
            REQUEST: "GetFeatureInfo",
            EXCEPTIONS: "application/vnd.ogc.se_xml",
            BBOX: map.getExtent().toBBOX(),
            SERVICE: "WMS",
            INFO_FORMAT: 'text/html',
            QUERY_LAYERS: map.layers[0].params.LAYERS,
            FEATURE_COUNT: 50,
            Layers: 'SANTIAGO',
            WIDTH: map.size.w,
            HEIGHT: map.size.h,
            format: format,
            styles: map.layers[0].params.STYLES,
            srs: map.layers[0].params.SRS};
    });

// handle the wms 1.3 vs wms 1.1 madness
    if(map.layers[0].params.VERSION == "1.3.0") {
        params.version = "1.3.0";
        params.j = parseInt(e.xy.x);
        params.i = parseInt(e.xy.y);
    } else {
        params.version = "1.1.1";
        params.x = parseInt(e.xy.x);
        params.y = parseInt(e.xy.y);
    }

// merge filters
    if(map.layers[0].params.CQL_FILTER != null) {
        params.cql_filter = map.layers[0].params.CQL_FILTER;
    }
    if(map.layers[0].params.FILTER != null) {
        params.filter = map.layers[0].params.FILTER;
    }
    if(map.layers[0].params.FEATUREID) {
        params.featureid = map.layers[0].params.FEATUREID;
    }
    OpenLayers.loadURL("http://localhost:8080/geoserver/wms", params, this,
setHTML, setHTML);
    OpenLayers.Event.stop(e);
}
);

// sets the HTML provided into the nodelist element
function setHTML(response) {
    document.getElementById('nodelist').innerHTML = response.responseText;
};

// shows/hide the control panel
function toggleControlPanel(event) {
    var toolbar = document.getElementById("toolbar");
    if (toolbar.style.display == "none") {
        toolbar.style.display = "block";
    } else {
        toolbar.style.display = "none";
    }
    event.stopPropagation();
    map.updateSize()
}

// Tiling mode, can be 'tiled' or 'untiled'
function setTileMode(tilingMode) {
    if (tilingMode == 'tiled') {

```

```

        untiled.setVisibility(false);
        tiled.setVisibility(true);
        map.setBaseLayer(tiled);
    }
    else {
        untiled.setVisibility(true);
        tiled.setVisibility(false);
        map.setBaseLayer(untilled);
    }
}

// Transition effect, can be null or 'resize'
function setTransitionMode(transitionEffect) {
    if (transitionEffect === 'resize') {
        tiled.transitionEffect = transitionEffect;
        untilled.transitionEffect = transitionEffect;
    }
    else {
        tiled.transitionEffect = null;
        untilled.transitionEffect = null;
    }
}

/*
var paletteSelector = document.getElementById('paletteSelector')
if (mime == 'image/jpeg') {
    paletteSelector.selectedIndex = 0;
    setPalette('');
    paletteSelector.disabled = true;
}
else {
    paletteSelector.disabled = false;
}
*/
}

// sets the chosen style
function setStyle(style) {
// we may be switching style on setup
    if(tiled == null)
        return;

    tiled.mergeNewParams({
        styles: style
    });
    untilled.mergeNewParams({
        styles: style
    });
}

// sets the chosen WMS version
function setWMSVersion(wmsVersion) {
// we may be switching style on setup
    if(wmsVersion == null)
        return;

    if(wmsVersion == "1.3.0") {
        origin = map.maxExtent.bottom + ',' + map.maxExtent.left;
    } else {

```

```

        origin = map.maxExtent.left + ',' + map.maxExtent.bottom;
    }

    tiled.mergeNewParams ({
        version: wmsVersion,
        tilesOrigin : origin
    });
    untiled.mergeNewParams ({
        version: wmsVersion
    });
}

function setAntialiasMode (mode) {
    tiled.mergeNewParams ({
        format_options: 'antialias:' + mode
    });
    untiled.mergeNewParams ({
        format_options: 'antialias:' + mode
    });
}

function setPalette (mode) {
    if (mode == '') {
        tiled.mergeNewParams ({
            palette: null
        });
        untiled.mergeNewParams ({
            palette: null
        });
    }
    else {
        tiled.mergeNewParams ({
            palette: mode
        });
        untiled.mergeNewParams ({
            palette: mode
        });
    }
}

function setWidth (size) {
    var mapDiv = document.getElementById('map');
    var wrapper = document.getElementById('wrapper');

    if (size == "auto") {
        // reset back to the default value
        mapDiv.style.width = null;
        wrapper.style.width = null;
    }
    else {
        mapDiv.style.width = size + "px";
        wrapper.style.width = size + "px";
    }
    // notify OL that we changed the size of the map div
    map.updateSize();
}

function setHeight (size) {
    var mapDiv = document.getElementById('map');

    if (size == "auto") {
        // reset back to the default value
        mapDiv.style.height = null;
    }
    else {
        mapDiv.style.height = size + "px";
    }
    // notify OL that we changed the size of the map div
    map.updateSize();
}

function updateFilter () {
    if (pureCoverage)
        return;
}

```

```

        var filterType = document.getElementById('filterType').value;
        var filter = document.getElementById('filter').value;

// by default, reset all filters
        var filterParams = {
            filter: null,
            cql_filter: null,
            featureId: null
        };
        if (OpenLayers.String.trim(filter) != "") {
            if (filterType == "cql")
                filterParams["cql_filter"] = filter;
            if (filterType == "ogc")
                filterParams["filter"] = filter;
            if (filterType == "fid")
                filterParams["featureId"] = filter;
        }
// merge the new filter definitions
        mergeNewParams(filterParams);
    }

    function resetFilter() {
        if(pureCoverage)
            return;

        document.getElementById('filter').value = "";
        updateFilter();
    }

    function mergeNewParams (params) {
        tiled.mergeNewParams (params);
        untiled.mergeNewParams (params);
    }

```

</script>

```

</body onload="init()">

<div id="pagina">
    <div id="cabecera">
        <h1>SITIO DEL MÁSTER GIS 2012</h1>
    </div>
    <ul id="menu">
        <li><a href="index.html">Inicio</a></li>
        <li><a href="asignaturas.html">Asignaturas</a></li>
        <li><a href="profesores.html">Profesores</a></li>
        <li><a href="alumnos.html">Alumnos</a></li>
        <li><a href="localizacion.html">Localización</a></li>
        <li><a href="TFM.html">TFM</a></li>
    </ul>
    <div id="contenido">
        <h2 class="Estilo1">TFM: edición y difusión web de cartografía</h2>

                <table border="0" cellpadding="10" cellspacing="10" class="bordercentre">
<!-->
<!-- TABLE ROW 1, COLUMN 1; TEXT WILL BE LEFT ALIGNED (WITHIN THE DIV) AND WILL HAVE WIDTH 501-->
<!-->

<tr><td align="left" valign="top" width="501">
    <p><b>DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO:</b></p>
    <p><b>Creación de un visor cartográfico implementado en una página web con objeto de emplear una base cartográfica para la ciudad de Santiago de Compostela (Galicia, España) a partir de datos obtenidos en OpenStreetMap</b></p>

```

```
        </td>
    </tr>
<tr>
<td colspan="2">
<div id="map">
<!---->
</div>

<div id="wrapper">
    <div id="location">location</div>
    <div id="scale">
    </div>
</div>
<div id="nodelist">
    <em>Click on the map to get feature info</em>
</div>
    </td>
</tr>
</table>
</div>
</div>
<div id="pie">©2012 -UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA</div>
</body>
</html>
```