

Integración de los Estándares OGC en los clientes 2D y 3D de visualización de mapas.

Alfonso Pedriza Rebollo⁽¹⁾ y Mónica Citores Fernández⁽²⁾

⁽¹⁾ Área de Sistemas de Información de COTESA.

⁽²⁾ Directora del Área de Sistemas de Información de COTESA.

COTESA: Parque Tecnológico de Boecillo, Edificio Solar. 47151 – Boecillo (Valladolid).

Tlf: 983 140 650. Contacto: alfonsopedriza@grupotecopy.es.

RESUMEN

El mundo de las aplicaciones SIG se encuentra en continua evolución teniendo cada día un mayor número de aplicaciones en muy diversos ámbitos y escenarios. La mejora de las necesidades detectadas en los servicios de mapas y la incorporación de los interfaces 3D permitirán nuevas vías de trabajo, funcionalidades y usos.

El empleo de la recomendación Web Mapping Service – Cached (WMS-C) de OsGeo en los servidores de mapas permitirá lograr un rendimiento aceptable en aplicaciones de difusión masiva. Para conseguir que la definición de mapas que contienen servicios WMS-C sea lo más automática posible, se ha ampliado el servidor Geoserver para soportar un modelo de mapas de acuerdo con la recomendación Web Map Context (WMC) con algunas extensiones ad-hoc.

La carga de Modelos Digitales de Elevación (MDE), de forma directa o haciendo uso del estándar Web Map Service (WMS), permitirá la proyección de los elementos bidimensionales así como la carga de modelos 3D.

A través de la propuesta Styled Layer Descriptor 3D (SLD3D), cuya especificación se encuentra en el Open Geospatial Consortium (OGC), se posibilitará la generación de información tridimensional. La interpretación de estos estilos a través del Keyhole Markup Language (KML) y su representación en los interfaces 3D, garantizarán el aprovechamiento de la tercera componente espacial permitiendo una representación realista del entorno.

Destacar la importancia de la difusión Web de estos interfaces para garantizar su máximo aprovechamiento a través de la red.

La incorporación de estas características en el sistema resultado de la integración de LocalGIS como Sistema de Información Geográfica y World Wind como soporte 3D, permitirá tanto el aprovechamiento de las ventajas y funcionalidades de la vista 3D en los SIG como la generación de GeoPortales y servicios de mapas de alto rendimiento.

Palabras clave: 3D, SIG, WMS, WMS-C, WMC, MDT, SLD3D, KML, OGC, LocalGIS, World Wind, Software Libre.

ABSTRACT

The world of GIS applications is in constant evolution, gathering each day a greater number of applications in different spheres and backgrounds. Improvements detected in mapping service needs and the incorporation of 3D interfaces allow new work paths, functions and uses.

The use of the recommended Web Mapping Service – Cached (WMS-C) – from OsGeo, in map servers will allow for achieving acceptable performance levels in mass broadcasting applications. Geoserver has been expanded to make the definition of maps, contained in WMS-C services, as automated as possible and support mapping models conformant with Web Map Content (WMC) recommendations, with some ad-hoc extensions.

The uploading of Digital Elevation Models (DEM), either directly or by making use of the standard Web Map Service (WMS), will allow the projection of two-dimension elements and the uploading of 3D models.

Through the Styled Layer Descriptor 3D (SLD3D), whose specifications can be found in Open Geospatial Consortium (OGC), it will be possible to generate three-dimension information. The interpretation of these styles via the Keyhole Markup Language (KML) and their display in 3D interfaces, guarantee the use of the third spatial element allowing for realistic displays of the surroundings.

Worthy of mention is the importance of the Web broadcasting of these interfaces, which assurance its maximum use via the web.

The incorporation of these characteristics into the system, as a result of the integration of the LocalGIS as a Geographic Information System and World Wind with 3D backup, will enable us to benefit from the advantages and functions offered by 3D display in the GIS, as well as the creation of GeoPortals and high performance mapping services

Key words: 3D, SIG, WMS, WMS-C, WMC, MDT, SLD3D, KML, OGC, LocalGIS, World Wind, Free Software.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sufrido un gran avance en los últimos años. Gracias a organismos como el Open Geospatial Consortium (OGC) y al cumplimiento de la directiva INSPIRE se ha posibilitado la difusión de los geoservicios necesarios para obtener la información de interés necesaria para su explotación en los SIG. La proliferación de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) como fuentes de información basadas en el cumplimiento de estos estándares y directivas, ha permitido el crecimiento de las comunidades de usuarios, el incremento del alcance de los servicios de información geográfica y la aplicación de nuevas tecnologías para la difusión de la información a través de la Web. Por estos motivos y el grado de aceptación de herramientas como Google Maps, los visualizadores de mapas se han convertido en una herramienta habitual en nuestra vida cotidiana.

El problema fundamental que presentan estos visualizadores SIG a través de Internet es la obtención de un rendimiento óptimo. Aunque existen técnicas y recomendaciones para acelerar su funcionamiento, como las mostradas en [1], para lograr que los servicios de mapas basados en la especificación WMS del OGC [2] sean completamente operativos y utilizados bajo elevados números de acceso es necesario hacer uso de los sistemas de cachés de teselas [3] y [4].

La solución práctica empleada para conseguir el reto mencionado es la integración de los servicios WMS tradicionales y los sistemas de caché de teselas ofrecidos mediante la recomendación Web Mapping Service – Cached (WMS-C) de OsGeo [5], trabajando conjuntamente con el servidor de mapas Geoserver y la extensión GeoWebCaché.

Esta integración se ha logrado mediante la incorporación de los elementos de configuración necesarios a través de la extensión del documento Web Map Context (WMC). Se ha extendido la descripción del contexto de mapa para permitir a las diferentes aplicaciones clientes interpretar la información integrada de los mapas y los elementos de configuración necesarios para una correcta visualización, respetando en todo momento el aspecto definido por el cartógrafo o creador del mapa y aprovechando las posibilidades técnicas que los sistemas de cachés de teselas ofrecen.

Otra línea creciente de trabajo e investigación en el ámbito de los SIG se basa en la incorporación de la tercera componente espacial para la consulta y visualización de la información cartográfica, ejemplos de esta tendencia se muestran en [6] y [7].

La vista 3D ofrece un gran número de ventajas respecto a la tradicional vista 2D, permitiendo además de visualizar la información cartográfica tradicional sobre el terreno, la incorporación de nuevas fuentes de información como las aportadas por los modelos de edificaciones, y la explotación de la información en 2D gracias a la tercera componente espacial. Estas características unidas a la simulación de la luz solar, la atmósfera terrestre y otros efectos proporcionarán escenas realistas a los usuarios finales. De esta manera, los usuarios podrán percibir de una manera más ágil y sencilla un mayor número de detalles, como por ejemplo determinadas particularidades del terreno, imposibles de distinguir con vistas 2D tradicionales [8].

Este avance en la Visualización 3D se ha conseguido gracias a la interactividad lograda en las tarjetas gráficas modernas mediante la aceleración hardware que ofrecen. De esta forma el atractivo visual que se consigue con una vista 3D es considerablemente mayor al obtenido con las vistas 2D tradicionales.

La solución propuesta ofrece al usuario final un abanico de nuevas posibilidades, aplicaciones y usos [9] y [10] que le permitirán abordar tanto nuevas líneas de trabajo a nivel profesional como nuevas formas de visualizar el mundo real a nivel cotidiano. Por último la integración de los Sistemas de Información Geográfica, con la Visualización 3D vía Web representa una marcada evolución en el campo de los visores de mapas o visores cartográficos, y del SIG en general.

INTEGRACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN WMS-C

Para la inclusión de la recomendación WMS-C en los estándares preexistentes en las IDEs, se ha decidido ampliar el catálogo de objetos del diccionario de Geoserver para que utilice el concepto de mapa definido como una combinación ordenada de

capas y estilos junto con información de estado y metadatos relevantes. Para esta implementación se ha decidido utilizar como base el WMC.

Documento Web Map Context

Básicamente, un documento WMC se ajusta a un esquema XML que permite describir la configuración necesaria para que un cliente de visualización de mapas pueda recrear todos los aspectos relevantes de un mapa en una posición concreta.

Modificaciones en la estructura de Geoserver

Geoserver dispone de un modelo interno de datos en forma de un diccionario jerárquico donde se pueden localizar las feature-types, los estilos, las fuentes de datos, etc. Para poder incluir el concepto de mapa ha sido necesario introducir en dicha estructura un nuevo nivel dentro del workspace que contendrá toda la información necesaria para los mapas, con lo que la estructura general quedará tal y como se muestra en la Figura 1.

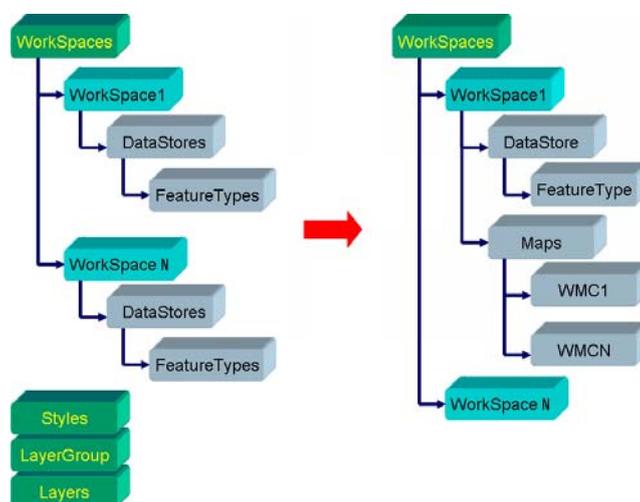


Figura 1: Modificaciones en la estructura de Geoserver

Interfaz de servicios REST

Para proporcionar a Geoserver las características necesarias para esta implementación se han desarrollado nuevos servicios sobre los ya existentes en el servidor de mapas utilizando el interfaz orientado a recursos REST. Los servicios generados permitirán la creación de un nuevo mapa, consultar la información de un mapa determinado y obtener la lista de mapas existentes. Gracias a este interfaz de comunicación se posibilitará la publicación y consulta de los documentos WMC de definición de cada mapa.

Extensiones del WMC

Las características de extensibilidad de la especificación WMC permiten introducir nuevos elementos no definidos en la especificación. Se ha empleado la etiqueta con el nombre "extension" del XML, reservada para tal fin, para incluir aquellas características de configuración necesarias.

Este tag extension se puede añadir bien sea en el elemento raíz del WMC o dentro del elemento "layer". Se ha elegido introducir el concepto de capa cacheada dentro del elemento "layer" para poder particularizar la oferta de servicios de un servidor de mapas. El modelo implementado ha sido el siguiente:

```
<Layer queryable="1" hidden="0">
.....
<Extension>
  <cached>true</cached>
  <urlCached>http://servidordemapas/gwc/service/wms</urlCached>
  <ol:singleTile>>false</ol:singleTile>
  <ol:transparent>TRUE</ol:transparent>
</Extension>
</Layer>
```

Figura 2: Etiqueta Extension

Cacheado de capas

El sistema de caché de teselas implementado a través de GeoWebCache y la información correspondiente incluida en los documentos WMC, se configuran automáticamente utilizando la información proporcionada en el cacheado de capas. Los parámetros de la caché se configuran para que cumplan la definición contenida en el WMC.

Los clientes que sepan interpretar el apartado "extension" del estándar WMC podrán utilizar esta información cacheada en lugar de las capas equivalentes WMS recogidas en el WMC. Al cachear una capa se realiza automáticamente la configuración de los parámetros: perfil de teselado y sistema de proyección.

Actualización de la caché

Uno de los principales problemas asociados a los sistemas WMS-C es la actualización de la caché. Para solventar este problema se ha proporcionado un punto de acceso al servidor que permite notificar a la caché de teselas las modificaciones que se produzcan en la cartografía, de forma que la caché sea siempre un reflejo exacto de la cartografía almacenada en el sistema.

Para este propósito se ha implementado un servicio REST de tipo POST al que se le debe indicar una capa de información (layer) y su extensión geográfica (bounding box) sobre el que ha sido realizado la modificación de cartografía y éste se encarga de actualizarlo en la GeoWebCache.

SISTEMA SIG CON SOPORTE 3D

Para la incorporación de la vista 3D en los SIG se muestra cada uno de los componentes principales del sistema implementado, describiendo a continuación las funcionalidades desarrolladas analizando las tecnologías y formatos empleados. Las funcionalidades a las que se hace referencia son: interoperabilidad del sistema, visualización en 3D y generación automática de volúmenes.

Aplicación SIG: LocalGIS

La solución finalmente adoptada en el proyecto ha sido LocalGIS como aplicación SIG sobre la que integrar el soporte 3D [11]. Se trata de un sistema "Open Source", desarrollado bajo la plataforma JAVA, promovido por iniciativa pública y distribuido bajo licencia GNU. LocalGIS está desarrollado sobre Jump, con lo que todas las soluciones SIG desarrolladas sobre esta base tendrán una rápida adaptación a la integración del soporte 3D desarrollada.

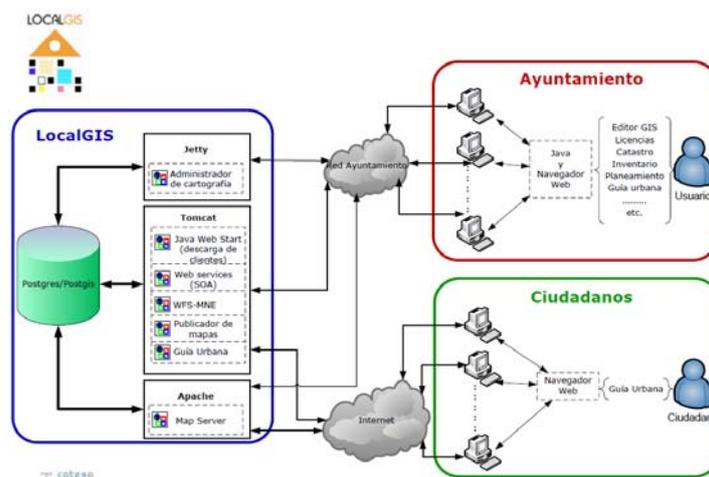


Figura 3: Arquitectura de LocalGIS

LocalGIS es un Sistema de Información Geográfica orientado a la gestión municipal, entre cuyas características destacan: gestión de licencias, gestión e intercambio con la Dirección General de Catastro, herramientas de administración y configuración del sistema, cálculo de rutas, generación de informes, movilidad, guía urbana, publicación de mapas, servicios web,... [12].

Soporte 3D: World Wind

World Wind es un programa desarrollado por la National Aeronautics and Spatial Administration (NASA) de código libre y que cuenta con una comunidad de usuarios activa [13].

World Wind proporciona un globo terráqueo virtual con una serie de funcionalidades y características básicas como son: superposición de imágenes de satélites y fotografías aéreas sobre modelos tridimensionales de la Tierra, Marte y la Luna, interacción con el planeta y superposición de topónimos y geometrías a las imágenes entre otras. Destacar la visualización de imágenes proporcionadas a través del estándar WMS.

Gracias a estas características, World Wind y en concreto el API de desarrollo en Java, se ha constituido como la solución a emplear para la incorporación de la vista 3D en un SIG.

Interoperabilidad y estándares OGC

Para la incorporación de la vista tridimensional en los SIG resulta imprescindible la representación del terreno proporcionada por los Modelos Digitales de Elevaciones

(MDEs). Dependiendo de las necesidades detectadas y de la finalidad deseada estos MDEs podrán ser Modelos Digitales del Terreno (MDTs) o Modelos Digitales de Superficie (MDS). En el sistema implementado estos modelos podrán ser obtenidos a través de servicios OGC WMS o bien a través de la carga de ficheros locales. La visualización de estos modelos y la capacidad de interactuar en la escena son características proporcionadas por World Wind al sistema.

Un primer paso para la representación de la información en los sistemas tridimensionales es la representación 2.5D. A través de la proyección de la información bidimensional sobre el terreno se logrará esta representación permitiendo la visualización de la información mediante la navegación en tres dimensiones.

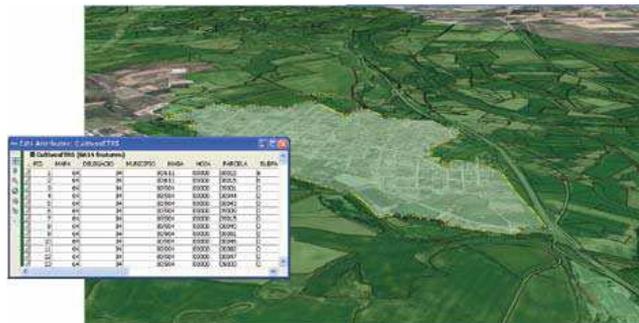


Figura 4: Representación de un fichero SHP sobre el MDT

Los datos en dos dimensiones disponibles en un SIG a través de las distintas capas de información (layers), independientemente de su origen, serán proyectados sobre el MDE, obteniéndose una representación en tres dimensiones. La aplicación SIG se encarga de la carga y tratamiento de la información, tal y como venía realizando hasta ahora, dejando las tareas de representación al sistema encargado del soporte 3D.

La información a representar en 3D será aquella con la que trabaje la aplicación SIG, ya sean capas vectoriales de cualquier origen (ficheros Shapefile, GML, DXF,...), imágenes ráster en los formatos soportados por la aplicación o las capas de información proporcionadas por los servicios WMS.

La integración de los estándares OGC en el interfaz 3D garantiza el acceso a la información desde los clientes, sea cual sea su emplazamiento, sin necesidad de almacenar la información requerida. Se asegura así la interoperabilidad del sistema, pudiendo aprovechar las distintas fuentes de datos publicadas bajo los estándares soportados.

Estilos y Modelos 3D

Para lograr la representación 3D de la información se ha introducido una extensión al estándar preexistente en el OGC para la descripción de los estilos de visualización de las capas, Styled Layer Descriptor (SLD). Esta extensión permite la definición de la información tridimensional a partir de las entidades 2D y 3D y se denomina Styled Layer Descriptor 3D (SLD 3D) [14]. Aunque no es un estándar aprobado por el OGC, sí es una propuesta recogida por este organismo para extender el estándar actual de manera que englobe la representación de escenas en tres dimensiones.

Par lograr una representación realista del entorno resulta necesaria la inclusión de los modelos 3D en las capas de información. La asociación de estos modelos a las entidades (features) aportará el grado de detalle deseado a la escena.

Teniendo siempre presente la interoperabilidad y la integración de los estándares OGC en el interfaz 3D se ha incorporado la generación y el renderizado 3D a través del Keyhole Markup Language (KML) que permitirá la exportación de la información para su representación en otros sistemas como Google Earth y la representación de los documentos generados con este formato.

La solución implementada permite:

- Definición de los estilos de visualización de las capas de información a través del SLD3D.
- Incorporación y renderizado de los modelos 3D.
- Generación y representación de los documentos KML.

SLD 3D

LocalGIS permite la definición de los estilos de representación de las capas a través del estándar SLD, para lo cual posee una serie de interfaces agradables e intuitivos que posibilitan la generación del esquema XML correspondiente al estándar OGC acorde a la representación definida por el usuario. Se han extendido estos interfaces para la incorporación de las propiedades 3D.

A través de estos interfaces se permiten asociar alturas, niveles de extrusión y modelos 3D entre otras características propias del renderizado 3D. Como resultado se obtendrá un esquema XML extendido de acuerdo a las recomendaciones del SLD 3D. Únicamente los clientes capaces de interpretar las extensiones generadas podrán aprovechar la información tridimensional, mientras que los clientes que interpreten únicamente el estándar SLD visualizarán la información bidimensional ignorando las propiedades 3D.

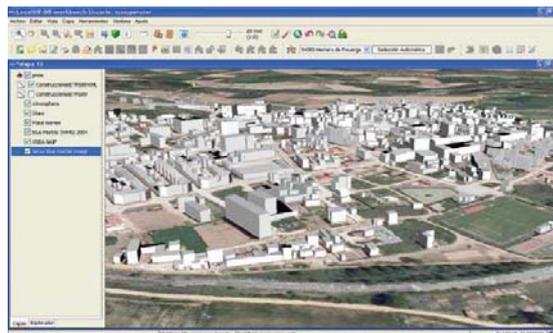


Figura 5: Representación de una escena 3D

```

- <Rule>
  <Name>default</Name>
  <Title>default</Title>
  <Abstract>default</Abstract>
  <MinScaleDenominator>0.0</MinScaleDenominator>
  <MaxScaleDenominator>1.7976931348623157E308</MaxScaleDenominator>
- <PolygonSymbolizer>
  + <Fill></Fill>
  + <Stroke></Stroke>
  - <se3d:Extrusion>
    - <se3d:Height>
      - <ogc:Mul>
        <ogc:PropertyName>ALTURA</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>5</ogc:Literal>
      </ogc:Mul>
    </se3d:Height>
  - <se3d:Offset>
    - <ogc:Mul>
      <ogc:PropertyName>ALTURA</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>5</ogc:Literal>
    </ogc:Mul>
    </se3d:Offset>
    <CssParameter name="SurfaceGeometry" default </CssParameter>
  </se3d:Extrusion>
  + <se3d:Material></se3d:Material>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>

```

Figura 6: Representación de una escena 3D

Gracias a la definición del SLD 3D se ha logrado la inclusión de la tercera componente espacial a partir de la información existente en los elementos 2D, permitiendo la generación automática de volúmenes. Se permite así la generación aproximada de las edificaciones a partir de la información en dos dimensiones, la generación de las infraestructuras existentes o la visualización de mapas temáticos en 3D entre otras muchas aplicaciones y usos.

Modelos 3D

Existen diversos formatos para la representación de modelos 3D entre los que cabe destacar 3DS, OBJ, DAE y X3D, cada uno de ellos empleado por distintos sistemas para la representación en tres dimensiones. En concreto se han incorporado los modelos DAE, 3DS y OBJ, que se encuentran entre los de mayor difusión, permitiendo en un futuro incluir nuevos formatos a los ya existentes.

Esto permitirá la inclusión de modelos artísticos de edificaciones que aporten mayor realismo a la vista proporcionada al usuario [15].

KML

Es un lenguaje basado en un esquema XML destinado a la representación de datos geográficos en tres dimensiones. Aunque originalmente fue desarrollado por Google en la actualidad se encuentra recogido en el OGC como un estándar.

El sistema implementado es capaz de generar los documentos KML a partir de los estilos SLD 3D definidos, pudiendo exportar estos documentos para su representación en otros sistemas como Google Earth. Igualmente se ha incluido el renderizado del KML en el soporte 3D, permitiendo la visualización de la información generada desde el propio sistema u otros sistemas externos.

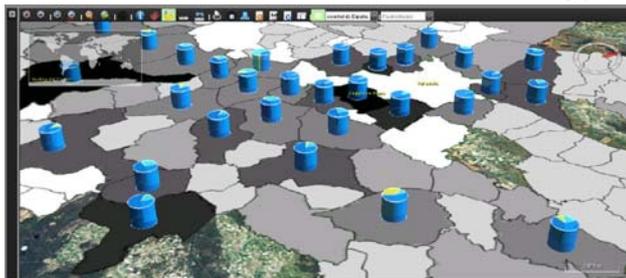


Figura 7: Modelos KML

El renderizado de información 3D para la representación de escenas realistas, tiene como problema inherente el gran volumen de información a manejar en el sistema. Para solventar este problema ha sido necesaria la implementación de la lógica de gestión necesaria para minimizar el mismo.

Interactividad 2D y 3D

Uno de los objetivos principales del proyecto es la interactividad entre el modo de trabajo y visualización 2D, propio de las aplicaciones SIG tradicionales y el modo 3D. Se pretende así que el usuario o técnico encargado de emplear el sistema pueda trabajar sobre una vista u otra indistinta o simultáneamente, de manera que los cambios u operaciones que se realicen sobre la vista 2D se vean reflejados inmediatamente en la vista 3D, y viceversa.

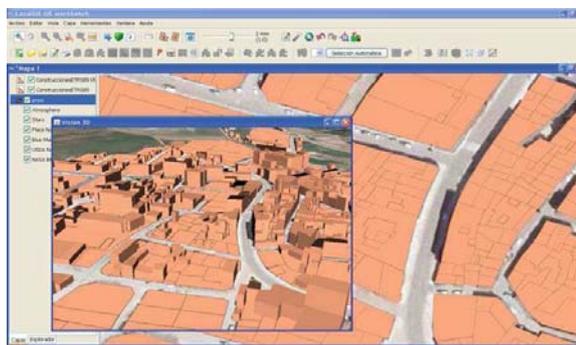


Figura 8: Interactividad Vistas 2D y 3D

Para lograr la interactividad del sistema se ha realizado una abstracción de los eventos, de manera que cualquier evento que se produzca en el interfaz 2D y/o en el 3D será identificado y reflejado en el interfaz correspondiente. El usuario o técnico encargado de emplear el sistema puede trabajar sobre una vista u otra indistinta o simultáneamente.

GISWEB 3D

Una de los usos más extendidos acerca de la visualización de la información cartográfica es su difusión a través de la Web. La incorporación de sistemas de alto rendimiento a través de la recomendación WMS-C y la integración de la vista 3D en los visores tradicionales de mapas, harán más accesible la información a todos los usuarios dotándoles de nuevas ventajas y posibilidades de uso. Este sistema proporciona al usuario la posibilidad de navegación a través de ambas vistas garantizando en todo momento un rendimiento elevado y permitiendo que estos

mapas puedan ser configurables de cara a ofrecer la información que desee el propietario del sistema, con independencia de soluciones propietarias.

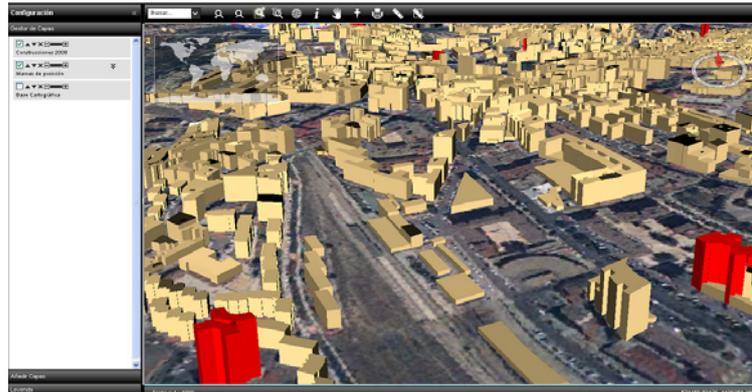


Figura 9: Aplicación Web 3D

A través del cumplimiento del estándar WMS se mostrará en el sistema tanto la información cartográfica tradicional en 2D, como los Modelos Digitales de Elevación. Además gracias a la integración del KML en la vista 3D se ofrece al usuario una nueva forma de explotar la información, facilitando su identificación y aprovechando la tercera componente espacial como nueva variable de información.

Un usuario desde cualquier navegador podrá visualizar la representación detallada de su ciudad, los parajes cercanos, rutas turísticas, indicadores de población, estudios de geomarketing y cualquier información, aprovechando las ventajas que la representación tridimensional proporciona.

CONCLUSIONES

Con la ejecución de este proyecto se han proporcionado a Geoserver nuevas características para su constitución como un servidor de cartografía, ya que permite almacenar y mostrar conjuntos de capas y mapas, manteniendo la configuración de estilo y orden definidos en el momento de creación de los mismos. Todo ello, ofreciendo un alto rendimiento gracias a la elección adecuada de las capas gestionadas a través del sistema de cacheado de teselas. Este rendimiento obtenido permitirá en instalaciones con hardware modesto ofrecer servicios de publicación de altas prestaciones, con accesos masivos.

Como líneas futuras se pretende incorporar en esta gestión integral otros servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales como CWS, WFS, etc.

La integración de los Modelos Digitales del Terreno, la información cartográfica en dos dimensiones y la información en 3D definida a través del KML y de los formatos de modelado 3D, permite la visualización con un gran nivel de detalle de construcciones, infraestructuras, espacios naturales, etc. Además gracias al seguimiento del estándar SLD3D, se abre una nueva vía de explotación de la información para su presentación al usuario final.

A su vez, la sincronización de los dos modos de visualización posibles permite definir una nueva forma de trabajo para los usuarios de estos sistemas, permitiendo utilizar indistintamente las dos vistas de acuerdo a las necesidades concretas de cada momento.

Con este sistema se permite adicionalmente la difusión y explotación de la información geográfica (2D y 3D) vía Web sin depender de soluciones comerciales y propietarias, facilitando la difusión de dicha información a todos los sectores de la población.

Para finalizar, resaltar las nuevas posibilidades de trabajo, funcionalidades, usos y negocios que la integración de las tecnologías mencionadas a lo largo de este artículo con los Sistemas de Información Geográfica ofrecen, augurando un futuro muy prometedor para este sector.

REFERENCIAS

- ◆ Nov. 2009, J.G. Arne Kepp, "Making Maps Fast - How to increase the performance of GeoServer".
- ◆ OGC, "OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification," Open Geospatial Consortium Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>.
- ◆ 2007, J. Masó y N. Julià, OpenGIS® Tiled WMS Discussion Paper 0.3, OpenGIS.
- ◆ 2004, S. Tu, E. Normand, S. Kuchimanchi, V. Bizot, S. Shu, M. Abdelguerfi, J. Ratcliff, y K. Shaw, "Integrating Web services into map image applications", págs. 44-49 Vol.1.
- ◆ OSGeo, "WMS Tiling Client Recommendation - OSGeo Wiki" Available: http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS_Tiling_Client_Recommendation.
- ◆ 2010, Víctor Olaya (Proyecto SEXTANTE), Manuel de la Calle (IGO Software), "Desarrollo personalizado de aplicaciones SIG 3D", IV Jornadas de SIG Libre: <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2010/uploads/Articles/a24.pdf>
- ◆ 2010, Víctor Olaya (Universidad de Extremadura), "Un globo 3D con capacidades avanzadas. de análisis espacial", IV Jornadas de SIG Libre: <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2010/uploads/Presentacions/Comunicacions/a30.pdf>
- ◆ 2007, Varela García, F.A. et al., "Ampliación de las capacidades de visualización de un SIG libre mediante la comunicación con un navegador 3D". I Jornadas de SIG Libre, Girona: Universitat de Girona. Available at: <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/1pdf/11.pdf>
- ◆ 2008, Grossner, K.E., Goodchild, M.F. & Clarke, K.C., "Defining a Digital Earth System. Transactions in GIS", 12(1), 145–160.
- ◆ 2006, Butler, D., "Virtual globes: The web-wide world. Nature", 439(7078), 776–778.
- ◆ Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Plan Avanza 2. LocalGIS. <http://www.planavanza.es/LineasEstrategicas/AreasDeActuacion/EjeContenidosYServicios/ServiciosDigitales/SolucionesEELL/Paginas/PlataformaPROY5.aspx>.
- ◆ Comunidad de Usuarios de LocalGIS. <http://www.rediris.es/list/info/localgis.html>
- ◆ Mónica Citores Fernández y Carlos J. Fuertes Fuertes. LocalGIS. En Actas de las III Jornadas de GIS Libre. Girona: COTESA. Available at: <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2009/uploads/Articulos/C11.pdf>
- ◆ I Jornadas Ibéricas de Infra-estructuras de Datos Espaciais 11 [10] Towards Visualization Rules for 3D City Models. Available at: http://www.geographie.unibonn.de/karto/3D_SLD.UDMS2007.sn.az.pdf
- ◆ 2006, Mäs, S., Reinhardt, W. & Wang, F., "Conception of a 3D Geodata Web Service for the Support of Indoor Navigation with GNSS. Innovations in 3D Geoinformation Science. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography", 307-316.