

# CityGML como modelo de datos para la representación, intercambio y visualización de información sobre el patrimonio arquitectónico

Iñaki Prieto<sup>1</sup>, Aitziber Egusquiza<sup>1</sup>, Francisco Javier Delgado<sup>2</sup>, Rubén Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de construcción, Tecnalia. Parque tecnológico de Bizkaia. Derio.

<sup>2</sup>MoBiVAP (Modelado, Biomecánica, Visualización Avanzada del Patrimonio), Universidad de Valladolid. Valladolid. España

---

## Resumen

La documentación del patrimonio arquitectónico se ha convertido, en los últimos años, en una prioridad para las instituciones encargadas de la gestión y conservación del patrimonio. Una de las posibles soluciones consiste en utilizar estándares como CityGML para almacenar información 3D e información semántica relacionada con el patrimonio arquitectónico. Este artículo presenta la metodología de trabajo que estamos siguiendo en el proyecto ADISPA que consiste en: generar y almacenar la información a documentar en CityGML; y analizar las herramientas y estándares para interoperabilidad, compatibilidad e intercambio con el fin de explotar la información del modelo de datos en aplicaciones de modelado, anotación y visualización 3D.

**Palabras Clave:** CITYGML, W3DS, X3D, WEBGL, PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

---

## Abstract

Cultural heritage documentation has become a recent priority for institutions and organizations in charge of its management and conservation. One approach could be the use of international standards such as CityGML data model applied to the representation of 3D and semantic information about cultural heritage objects. This paper introduces the methodology currently followed in the ADISPA project which basically consists of three steps: generate, store and use the information modeled in CityGML. Besides, this paper analyses the existing standards and tools in order to share, reuse and exchange the information represented by CityGML data model between several applications for 3D modeling, annotation and 3D visualization.

**Key words:** CITYGML, W3DS, X3D, WEBGL, ARCHITECTURAL HERITAGE

---

## 1. Introducción

En los últimos años, las políticas europea (DAE, 2010) y nacional (PLAN AVANZA2, 2011) están promoviendo la aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la documentación del patrimonio arquitectónico en un intento de facilitar tanto la difusión como la gestión. Sin embargo la documentación es una tarea que presenta importantes retos tecnológicos.

La documentación del patrimonio puede abordarse desde tres puntos de vista diferentes dependiendo del nivel de detalle o escala de trabajo. Así, en entornos arqueológicos la documentación requiere un elevado nivel de detalle, mayoritariamente en 2D, y es gestionada mediante sistemas de información. En segundo lugar, en edificios, monumentos u objetos aislados, cuya geometría sea especialmente relevante, la documentación se realiza utilizando técnicas y herramientas de modelado 3D. Finalmente, a nivel de ciudad, región o país, la gestión del patrimonio se realiza utilizando tecnologías relacionadas con los Sistemas de Información Geográfica (GIS).

El objetivo del proyecto ADISPA<sup>1</sup>, en el que participan la Universidad de Valladolid y el Centro Tecnológico Tecnalia, es el diseño e implementación de soluciones que faciliten la generación de modelos para la documentación digital del patrimonio permitiendo diagnosticar el estado actual y asistir a la planificación de intervenciones para la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico. Para lograr este objetivo es clave definir un modelo de datos que sirva de marco común de trabajo entre diferentes herramientas de modelado, anotación y visualización 3D, entre otras. Este modelo de datos estará basado en CityGML<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Análisis, digitalización e interoperabilidad entre sistemas para el patrimonio arquitectónico. BIA2009-14254-C02. Proyecto de Investigación Fundamental No Orientada en desarrollo, 2010-2012. Parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación

<sup>2</sup> [www.citygml.org](http://www.citygml.org)

## 2. Metodología

Para cumplir este objetivo el flujo de trabajo se puede descomponer en tres grandes tareas (ver figura 1): generación, almacenamiento y explotación de información sobre el patrimonio arquitectónico. La generación consiste en capturar la información tridimensional mediante distintos métodos de digitalización 3D (escáner, fotogrametría o diseño) y añadir la semántica propia de los elementos estructurales de forma manual o automática. En el almacenamiento, los datos son exportados al modelo de datos basado en CityGML añadiendo información relativa al patrimonio arquitectónico. Por último, la explotación consiste en acceder a la información almacenada a través de servicios Web para utilizarla en aplicaciones de visualización 3D.

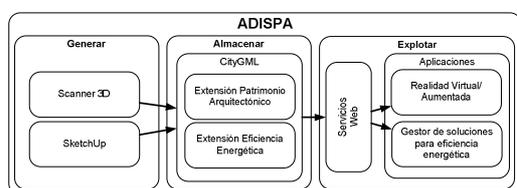


Fig. 1. Arquitectura del proyecto ADISPA

## 3. Generar la información: Segovia como caso de estudio.

El caso de estudio del proyecto ADISPA está centrado en el casco histórico de la ciudad de Segovia y concretamente en los alrededores de la Iglesia de San Martín y su plaza, incluyendo la Calle Juan Bravo, museo de la Judería Vieja, la calle Puerta de la Luna, el Paseo del Salón y la calle Puerta del Sol.

La iglesia de San Martín está situada en la actual plaza de Juan Bravo, en la ciudad Patrimonio de la Humanidad de Segovia, España. Data del siglo XII. Se trata de un templo de origen mozárabe con estilo románico. El centro didáctico de *La Judería*, antigua casa de Abraham Señero, es un centro dedicado a la vida cotidiana de las Juderías en Segovia. *El Paseo del Salón* es uno de los más antiguos jardines de la ciudad, creado en 1786.

Las etapas de procesamiento y análisis de información colocan el modelado 3D en el primer plano para la generación de información. Debido a la ingente cantidad de datos que proporciona la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), es necesario disponer de información a diferentes resoluciones que proporcione soporte a diferentes servicios y a diferentes usuarios. En general, existen dos métodos para obtener modelos 3D realistas:

1. Generación analítica mediante herramientas que permiten reducir la información provista por el láser a modelos a diferentes resoluciones.
2. Generación sintética a partir de la planimetría urbana sobre la base geométrica obtenida a partir del láser escáner. Estos modelos se generan con la asistencia de herramientas de modelado CAD y, aunque menos precisos, son más eficientes y representativos (ver Figura 2).



Fig. 2. Museo de la Judería. Segovia.

## 4. Almacenar la información

### 4.1 El modelo de datos CityGML

CityGML es un modelo de datos estándar para la representación, almacenamiento e intercambio de modelos 3D de objetos urbanos (OGC, 2008). Se trata de un esquema de aplicación del Geography Markup Language (GML3) que permite el intercambio de datos espaciales. Ambos son estándares aprobados por el Open Geospatial Consortium (OGC). El objetivo de CityGML es definir de forma común las entidades básicas, atributos y relaciones que establecen un modelo de ciudad en 3D, independientemente de su campo de aplicación. Además, no sólo representa la geometría, topología y apariencia de los objetos de forma coherente y homogénea, sino también las propiedades semánticas y temáticas, taxonomías y agregaciones. El modelo temático está dividido en diferentes áreas: modelos digitales del terreno, los edificios, la vegetación, los sistemas de transporte, el mobiliario urbano, etc.

CityGML permite representar información gráfica a distinto niveles de detalle (Level of Detail - LOD), reutilizando la información semántica. Los diferentes niveles de detalle permiten la visualización y análisis de los datos a diferente resolución, dependiendo de los requisitos de cada área de aplicación. A continuación se describen brevemente los diferentes niveles de detalle: LOD0 representa solamente el modelo digital del terreno en dos dimensiones y media; LOD1 incluye un modelo de bloques donde los edificios se representan mediante prismas con techos planos; LOD2 diferencia las estructuras del techo; LOD3 permite reflejar paredes, tejados, balcones y objetos de transporte; LOD4: añade estructuras interiores como habitaciones, puertas, ventanas, escaleras y muebles. Gracias a los 5 niveles de detalle CityGML permite representar desde información sobre el territorio hasta del mismo edificio, reduciendo la brecha entre los modelos en entornos Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) y los modelos de datos espaciales.

Uno de los principios de diseño más importante de CityGML es el modelado coherente de la semántica y las propiedades geométricas/topológicas. A nivel semántico, los objetos del mundo real, como edificios, paredes, ventanas o habitaciones, se describen en términos de sus atributos, relaciones y jerarquías. De este modo, las relaciones entre características pueden ser obtenidas sin atender a la geometría del objeto. Además, CityGML es capaz de representar tanto la jerarquía semántica como la geométrica.

Aunque CityGML está pensado para ser un modelo universal independiente del dominio de aplicación, atendiendo a las necesidades de los usuarios es necesario crear nuevas entidades o caracterizar las ya existentes con nuevos atributos. Para facilitar este proceso e incrementar la flexibilidad del estándar, CityGML define las llamadas Application Domain Extension (ADE). Una vez especificada formalmente los documentos pueden validarse conforme a ella manteniendo la compatibilidad del modelo original con las herramientas ya basadas en CityGML.

Uno de los objetivos del proyecto ADISPA es contribuir a mejorar la interoperabilidad entre sistemas de gestión del patrimonio. CityGML es un formato alrededor del cual existe una gran colección de herramientas y otros estándares relacionados con tareas tales como la visualización, almacenamiento, edición, importación o exportación, etc. (ver figura 3).

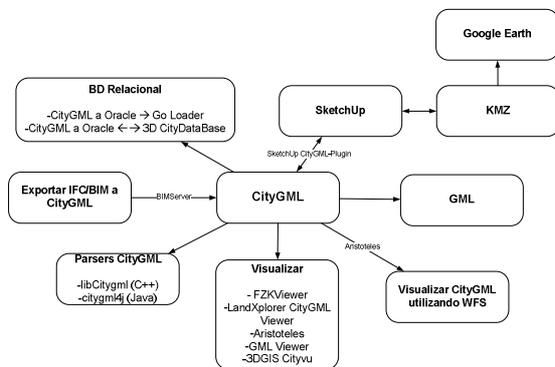


Fig. 3. Interoperabilidad de CityGML

#### 4.2 CityGML para escenarios de patrimonio arquitectónico

CityGML frente a otros estándares de representación de datos 3D, permite representar información geográfica desde el ámbito de ciudad hasta el de edificio gracias a los diferentes LOD. El edificio puede representarse en 3D incluyendo los detalles del interior al mismo tiempo que incorpora información sobre su entorno, a nivel de barrio o centro histórico. Así, CityGML permite fusionar información procedente de CAD (Computer Aided Design) y GIS en un único modelo de datos. Esta información, tradicionalmente no compatible, incrementa la utilidad de los modelos almacenados y el campo de aplicaciones que lo explotan.

En el área de patrimonio arquitectónico e histórico CityGML no cubre todas las necesidades de documentación del escenario. Para solventar este inconveniente CityGML puede ser extendido para incluir conceptos propios del estándar para documentar sitios arqueológicos y monumentos denominado “Core Data Standard for Archaeological Sites and Monuments” (COUNCIL OF EUROPE PUBLISHING, 2009). Este modelo, realizado por el comité de documentación (CIDOC) del Consejo Internacional de Museos (ICOM) y el grupo de documentación de la arqueología del Consejo Europeo, facilita la comunicación entre los organismos nacionales e internacionales responsables de la protección del patrimonio, ayudando en el desarrollo y documentación del patrimonio y facilitando la cooperación en la investigación gracias a un núcleo de datos internacional. En este mismo ámbito, este grupo de trabajo ha realizado una propuesta para documentar edificios históricos y monumentos de patrimonio histórico denominado “Core Data Index to Historic Buildings and Monuments of the Architectural Heritage” que caracteriza

los edificios y sitios por su nombre, ubicación, tipo funcional, fecha, historia, técnicas y materiales utilizados, condición física y estado de protección.

En el proyecto ADISPA estamos trabajando en la definición de una extensión de CityGML que permitirá documentar y representar la información de los entornos y del propio patrimonio arquitectónico. La principal ventaja del modelo resultante es que la información asociada a sitios arqueológicos y edificios históricos siempre va unida a su geometría 3D en un mismo modelo de datos, único y que soporta todas las necesidades de un centro histórico.

### 5. Explotar la información del modelo de datos

En esta fase se van a analizar algunas de las posibles aplicaciones basadas en tecnologías de realidad virtual / aumentada que utilizarán la información representada en el modelo de datos. Para ello, primero hay que extraer la información y después explotarla. En las siguientes secciones se explica en profundidad.

#### 5.1. Recuperar información

Uno de los objetivos del proyecto es que diferentes aplicaciones puedan reutilizar los mismos datos. Con ese fin, el acceso a la información almacenada se realizará a través de servicios Web que implementen interfaces estándar del OGC, tales como el Web 3D Service (W3DS), el Web Feature Service (WFS), el Web Coverage Service (WCS) y Web Map Service (WMS) con los que extraeremos información del modelo de datos.

La principal ventaja de esta aproximación es que proporcionan un punto de acceso estandarizado y multiplataforma entre el cliente y servidor compatible con multitud de herramientas GIS ya existentes. Además, como CityGML también es un estándar definido por la OGC, estos servicios Web pueden trabajar también con este estándar.

La figura 4 muestra un esquema con el flujo de información entre la capa de datos, la lógica de aplicación (Servicios Web) y la lógica de representación de un sistema multicapa distribuido utilizando solamente servicios estándar del OGC:

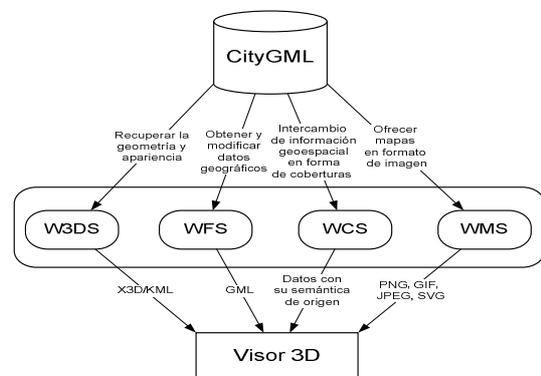


Fig. 4. Intercambio de datos utilizando servicios Web OGC

Aquí, el W3DS recupera la geometría y apariencia de los contenidos almacenados devolviendo como formato de salida X3D o KML que después serán visualizados en 3D (SCHILLING, A., KOLBE, T.H., 2010). Actualmente, la especificación W3DS está en fase de borrador como paso previo a su aprobación como estándar por el OGC. El WFS es otro servicio que permite obtener y modificar datos geográficos de tipo vectorial mediante operaciones de manipulación y consulta, utilizando como formato de intercambio GML. A su vez, el WCS permite descubrir, consultar y transformar información semántica o metadatos sobre coberturas geográficas (imágenes de satélite, fotografía aérea, mapas de elevación digital del terreno, etc.). Devuelve los datos con su semántica asociada (no sólo el objeto o imagen) para su posterior edición o análisis. Finalmente, el WMS proporciona mapas partiendo de información geográfica vectorial o ráster en los formatos PNG, GIF, JPEG o SVG. Sin embargo representa estos datos de forma estática, es decir, dichos datos no pueden ser modificados en el proceso.

## 5.2 Utilizar la información: Aplicaciones

El modelo de datos del que hemos hablado en los apartados anteriores describe la forma de representar la información, incluyendo conceptos, atributos y relaciones. Pero el objetivo final del proyecto ADISPA es desarrollar herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión y conservación del patrimonio arquitectónico. La información del modelo de datos podrá ser explotada tanto en aplicaciones del ámbito del edificio (herramientas tipo CAD) como en aplicaciones de gestión de entornos urbanos (basadas en GIS). Además, el mismo modelo proporciona soporte para la representación visual (realidad virtual/aumentada) y el análisis temático (rehabilitación energética, análisis estructural, etc.) tanto del edificio histórico como de su entorno.

CityGML no fue diseñado para representar la información gráfica sobre el modelo 3D de forma eficiente (KOLBE, 2008). Por esta razón se han analizado diferentes posibilidades a la hora de visualizar tanto la geometría como la apariencia del modelo. Existen otros lenguajes, como KML (Keyhole Markup Language), otro estándar OGC, centrado en proporcionar estructuras para representar contenidos multimedia asociados a un modelo 3D junto al propio modelo. KML es también el formato estándar de intercambio de datos adoptado por la popular aplicación Google Earth, lo que permite hacer interoperable la información arquitectónica con la tecnología su visualización y fusionarla con otras fuentes de información ya disponibles.

La implementación en XML de CityGML facilita su transformación hacia otros formatos de intercambio abiertos admitidos por herramientas relacionadas. CityGML está basado en GML, otro estándar abierto del OGC. Los otros formatos abiertos más relevantes con los cuales se puede interoperar desde CityGML son KML, X3D, VRML y Collada. KML (ver párrafo anterior) posee una estructura similar a GML y permite adjuntar modelos 3D representados con Collada, que fue diseñado como archivo de intercambio para facilitar compartir y reutilizar recursos digitales 3D entre diferentes herramientas a los creadores de contenidos digitales. VRML fue diseñado para describir objetos y mundos tridimensionales interactivos mientras que X3D (su sucesor) permite la creación y transmisión de datos 3D entre distintas aplicaciones Web (WEB3D, 2011). Su principal ventaja radica en su simplicidad y en que es posible

importar / exportar desde / hacia X3D desde la mayoría de formatos abiertos conocidos.

La tendencia actual de las aplicaciones es migrar progresivamente hacia la Web. Las tecnologías (formatos estándares, bibliotecas y plugins) que existen actualmente para visualización 3D se enmarcan dentro de la llamada Web 3D. A continuación se describen algunas de las más significativas:

1. WebGL: es un estándar abierto multiplataforma que proporciona un API para gráficos 3D de bajo nivel, que puede ser implementada en navegadores sin necesidad de plugins, y accedida como un interfaz DOM (Document Object Model) (WEBGL, 2011).
2. X3DOM: es un framework de código abierto experimental para apoyar en la discusión entre las comunidades W3C y Web3D sobre como puede integrarse la especificación de HTML5 y el contenido 3D (X3DOM, 2011). Esta basado en Javascript y WebGL.
3. HTML5: proporciona el elemento HTML llamado canvas en el que empujar gráficos 3D. De este modo puede incluir un objeto X3D en HTML como un objeto embebido.

Estas tres tecnologías permiten visualizar ficheros en formato X3D (BRUTZMAN, D., BEHR, J. 2010) que puede ser obtenido mediante el servicio W3DS sobre el modelo de datos CityGML (KOLBE, T.H., 2007). De esta forma podríamos visualizar la información arquitectónica en 3D representada en CityGML en varias aplicaciones Web siguiendo el siguiente flujo de trabajo (ver figura 5): 1º extraer la información del modelo de datos utilizando el servicio W3DS que devuelve el modelo 3D en el formato estándar X3D; 2º visualizar el fichero X3D en la aplicación Web utilizando las tecnologías WebGL, X3DOM y HTML5.

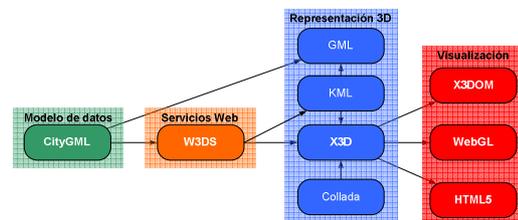


Fig. 5. CityGML para visualización 3D

## 6. Conclusiones

La interoperabilidad entre las diferentes aplicaciones y herramientas software que utilizan información relacionada con el patrimonio arquitectónico es un problema que actualmente puede ser reducido gracias al uso de estándares internacionales como CityGML, un estándar para Sistemas de Información Geográficos extensible para adjuntar información temática adicional como la de patrimonio. En el proyecto ADISPA estudiamos estas extensiones y las herramientas y sistemas de información que podemos desplegar que exploten ese modelo de datos.

La superposición de información semántica en el modelo de datos facilita el desarrollo de la inteligencia de las aplicaciones finales basadas en dicho modelo. Al mismo tiempo, la información geométrica del modelo puede ser visualizada sobre entornos de representación 3D en la Web gracias a la

interoperabilidad entre CityGML, otros formatos abiertos y los Servicios Web del OGC.

El uso de estándares ha demostrado ser la solución más eficaz para integrar varias herramientas multipropósito y reutilizar la documentación digital 3D del patrimonio capturada y modelada mediante técnicas basadas en láser y fotogrametría.

## Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Análisis, digitalización e interoperabilidad entre sistemas para el patrimonio arquitectónico” (ADISPA) que es un Proyecto de Investigación Fundamental No Orientada en desarrollo, 2010-2012. Parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

## Bibliografía

- BEHR, J., ESCHLER, P., JUNG, Y., ZÖLLNER, M. (2009): “X3DOM – A DOM-based HTML5/ X3D Integration Model”, en Web3D 2009.
- BRUTZMAN, D., BEHR, J. (2010): “Proposed X3D Graphics profile for mobile, HTML5 and augmented reality (AR) applications”, en SIGGRAPH 2010.
- CITYGML (2010): *CityGML Homepage*, en <http://www.citygml.org/> (accedido 01.04.2011).
- CITYGML WIKI, (2010): en <http://www.citygmwiki.org/>, (accedido 01.04.2011).
- COUNCIL OF EUROPE PUBLISHING, (2009): *Guidance on inventory and documentation of the cultural heritage*, ISBN 978-92-871-6557-2, capítulos 11.1-13.3.
- DAE (2010) “*Digital Agenda for Europe*”, en [http://ec.europa.eu/information\\_society/digital-agenda/publications/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/publications/index_en.htm) (accedido 01.04.2011).
- KOLBE, T.H. (2007): “*Web 3D Service & CityGML Update*”, en X3D Earth/OGC 3DIM meeting.
- KOLBE, T.H. (2008): “Representing and exchanging 3D city models with CityGML”, en: Zlatanova, S., Lee, J. (Eds.), *3D Geo-Information Sciences*. Springer. Berlin.
- OGC, (2008): “*OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*”, documento 08-007r1, versión 1.0.0, en <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (accedido 01.04.2011).
- PLAN AVANZA2 (2011): en <http://www.planavanza.es/InformacionGeneral/ResumenEjecutivo2/Paginas/ResumenEjecutivo.aspx> (accedido 01.04.2011).
- SCHILLING, A., KOLBE, T.H. (2010): “*Draft for Candidate OpenGIS® Web 3D Service Interface Standard*”, en [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=36390](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=36390) (accedido 15.03.2011).
- WEB3D (2011): “*X3D and Related Specifications*”, en <http://web3d.org/x3d/specifications/> (accedido 15.03.2011).
- WEBGL (2011): “*WebGL - OpenGL ES 2.0 for the Web*”, en <http://www.khronos.org/webgl/> (accedido 15.03.2011).
- X3DOM (2011): “*X3DOM Homepage*”, en <http://www.x3dom.org/> (accedido 15.03.2011).