

# Sistema de Información para Patrimonio Histórico

J.C. Torres, F. Soler, P. Cano, A. León, V. Luzón, D. Martín

Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad de Granada. Granada. España

## Resumen

Los sistemas de información geográficos (SIG) permiten gestionar información referida a un territorio de forma eficiente, ágil y flexible. La gestión de información referida a elementos patrimoniales presenta un conjunto de requerimientos con características similares. Tanto en los procesos de documentación como en los de restauración y conservación es necesario ubicar gran cantidad de información sobre la superficie del elemento objeto de la actuación, permitiendo no solo su edición y visualización, sino incluso el análisis de dicha información.

Este trabajo presenta el diseño de un sistema de información para patrimonio cultural que proporciona la funcionalidad anteriormente descrita, el cual partiendo de algunas ideas y formas de trabajo de los sistemas de información geográficos ha adaptado estas ideas a las representaciones utilizadas comúnmente en el campo del patrimonio.

**Palabras Clave:** SISTEMAS DE INFORMACIÓN, SIG, DOCUMENTACIÓN

## Abstract

Geographic information systems (GIS) allow us to manage information related to a territory in an efficient and flexible way. Management of information concerning cultural heritage presents a set of requirements which are similar to those. In processes such as documentation, restoration and preservation it is necessary to locate a wealth of information on the surface of the model on which we are working, not only allowing editing and displaying it, but even analysing such information.

This paper presents a novel design of an information system for cultural heritage that provides the functionality described above, which starting from some ideas and working methods borrowed from GIS has adapted these ideas to representations commonly used in the field of cultural heritage.

**Key words:** INFORMATION SYSTEMS, GIS, DOCUMENTATION

## 1. Introducción

La digitalización 3D de elementos patrimoniales ha alcanzado un nivel de madurez razonable. Actualmente es posible generar modelos 3D con una gran precisión y con un esfuerzo menor que el necesario para modelar los elementos. Sin embargo la utilización de estos modelos está muy limitada (TORRES, 2009).

Por otra parte, un problema esencial en el tratamiento, conservación y recuperación del patrimonio histórico es la gestión de la documentación relativa al elemento patrimonial.

Se han realizado diversas propuestas que integran información documental con el modelo digital, la mayor parte de ellas orientadas a la difusión. Agnello et al. (AGNELLO, 2003) propone el uso de hipertexto. El método obliga a prediseñar los elementos a los que se va a asociar información y, por tanto, solo puede ser usado para sistemas con información estática. Hodač (HODAČ, 2005) usa un modelo 2D de la planta del edificio para indexar la información, vinculando a dicha representación el modelo 3D. Esto permite navegar por el modelo, pero impide asociar información a elementos tridimensionales. Con este mismo enfoque, Naglič (NAGLIČ, 2003) utilizan un sistema de información geográfica convencional. Meyer et al. (MEYER, 2006) aborda el diseño de sistemas accesibles vía web, pero limitando la interacción a componentes predefinidos. Ioannidis

et al. (IOANNIDIS, 2003) utiliza un sistema GIS al que conecta el modelo 3D para realizar kioscos informativos en Micenas, pero sin posibilidad de consulta o edición desde el modelo 3D. En todas estas propuestas se ha utilizado software existente, sin conseguir una conexión bidireccional entre la documentación y el modelo 3D.

Virtual Inspector es una interfaz de visualización orientado a la inspección de complejas representaciones de objetos 3D optimizados y enriquecidos con enlaces a información descriptiva multimedia, utilizado como kiosko en distintas exposiciones, gracias a su fácil reconfiguración. No obstante este sistema sólo permite colocar anotaciones sobre el modelo, por lo que no funciona como un sistema de información.

Ninguno de estos sistemas proporciona una herramienta flexible para la gestión de información de patrimonio. Por este motivo planteamos la necesidad de desarrollar herramientas adaptadas a la gestión de patrimonio, con una funcionalidad semejante a la de un sistema GIS (TORRES, 2009).

En este trabajo se describe el sistema que se está desarrollando en el proyecto de excelencia PE09-TIC-5276 financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Nuestro sistema se inspira en los sistemas GIS para ofrecer una funcionalidad versátil y genérica para la gestión de información asociada a elementos patrimoniales, y puede trabajar directamente con modelos digitalizados de alta resolución.

## 2. Funcionalidad del Sistema

La idea básica es desarrollar un sistema semejante, en funcionalidad y en modo de trabajo, a un sistema GIS. En esta sección se van a revisar brevemente los aspectos relevantes de los sistemas GIS que se van a usar de base en nuestra propuesta.

Hay tres ideas esenciales de los sistemas GIS que hemos adaptado en nuestra propuesta. La primera es la gestión de información georreferenciada. Los sistemas GIS procesan información relativa a posiciones de la superficie de la tierra (no contemplamos de momento funcionalidades de sistemas GIS 3D). El sistema propuesto guardará información relativa a la superficie de un elemento patrimonial (como una fachada, la superficie de un edificio, una escultura, o un yacimiento arqueológico). Para ello, el sistema GIS establece una correspondencia entre posiciones de la tierra y puntos del mapa. Esta correspondencia permite interrogar sobre las coordenadas de un punto del mapa, y poner en correspondencia distintos mapas. La correspondencia se realiza usando un sistema de proyección.

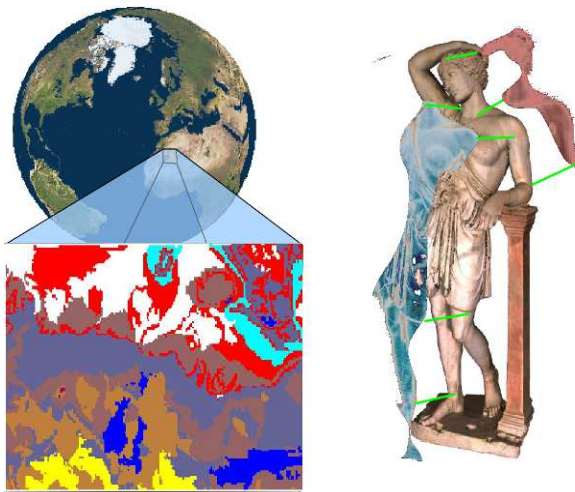


Fig. 1. Proyección en un mapa (izquierda) y en un modelo 3D (derecha). Obsérvese que las capas en el modelo 3D no son planos.

En nuestro caso, no podremos usar proyecciones, ya que la superficie del objeto puede ser arbitrariamente compleja. Por tanto, necesitamos formas alternativas de establecer la correspondencia. El que esta correspondencia no sea una “simple” proyección conlleva que no tenga sentido dibujar los mapas como imágenes 2D, ya que el usuario no podrá hacerse una idea de cómo se localiza cada punto del mapa sobre la superficie del objeto. Tendremos que dibujar siempre los mapas de atributos sobre el modelo 3D.

Otra idea esencial es almacenar la información como mapas temáticos (Figura 2). Cada mapa almacena un atributo del territorio (como altura, pendiente, densidad de población o propietario). Esto garantiza economía en el almacenamiento y versatilidad. Por un lado no se repite información como ocurriría si mezclásemos atributos en los mapas. Por otro, siempre se pueden combinar distintos mapas para generar atributos nuevos

(como densidad de población de zonas con pendiente baja). Además de esta forma la estructura del sistema es más simple.

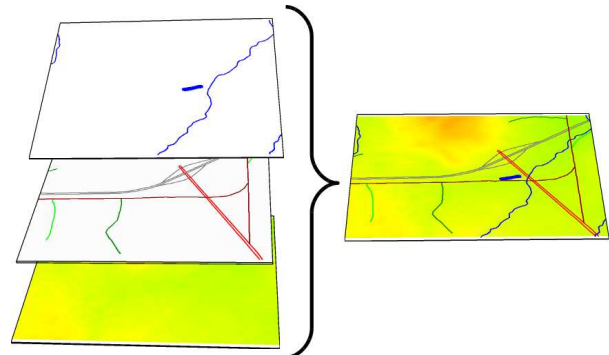


Fig. 2. Cada mapa almacena los valores de un único atributo. El sistema debe permitir combinar varios mapas para visualizarlos o realizar operaciones con ellos.

Otra idea básica es separar la visualización de los mapas del valor de los atributos que guardan (ver Figura 3). Es decir, los mapas guardan atributos (como temperatura) y la visualización de éstos se realiza aplicando reglas definidas para el mapa, y que no afectan a los valores de los atributos. Esto se suele hacer asignando a cada mapa una paleta de colores, que indica las propiedades visuales de cada atributo.

La visualización se realiza superponiendo capas, aplicándole a cada capa los colores y opacidades que corresponden a sus atributos de acuerdo con la paleta de color preestablecida.

De esta forma, es posible realizar operaciones entre mapas, lo que permite analizar la información espacial. Las operaciones se pueden realizar directamente sobre las capas de información, operando con ellas celda a celda.

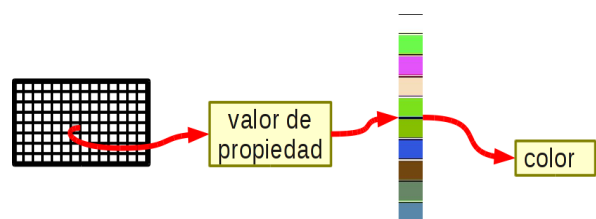


Fig. 3. Los mapas almacenan valores de propiedades, que se asocian a colores usando una paleta de colores, que es independiente del mapa y se puede modificar en cualquier momento.

## 3. Implementación

Nuestro sistema realiza la asociación de puntos de la capa de información con la superficie del modelo geométrico utilizando un *octree*. Un *octree* es un árbol octal, que se utiliza para indexar espacialmente: cada nodo representa una porción cúbica del espacio 3D. Si el nodo es interno sus ocho hijos representan cada uno de los ocho octantes en los que se subdivide dicho nodo.

En el sistema que proponemos, el *octree* tiene una doble función: indexar espacialmente la superficie del objeto y permitir asociar propiedades al mismo. Cada nodo terminal del árbol, denominado *voxel*, contiene una lista con los elementos geométricos que se localizan dentro de la porción de espacio que delimita. Junto con esta información, cada *voxel* tiene asociado un conjunto de atributos pertenecientes a este fragmento del modelo.

El sistema crea el modelo geométrico a partir de un modelo poligonal, como los generados como resultado del proceso de digitalización con escáner láser.

Al cargar un modelo en la aplicación, creamos el *octree*, que quedará guardado posteriormente en disco para no tener que volver a ser creado. Fijamos el máximo nivel de resolución del *octree*, de forma que el tamaño de cada nodo hoja se corresponda con la resolución con la que queremos guardar propiedades en el modelo.

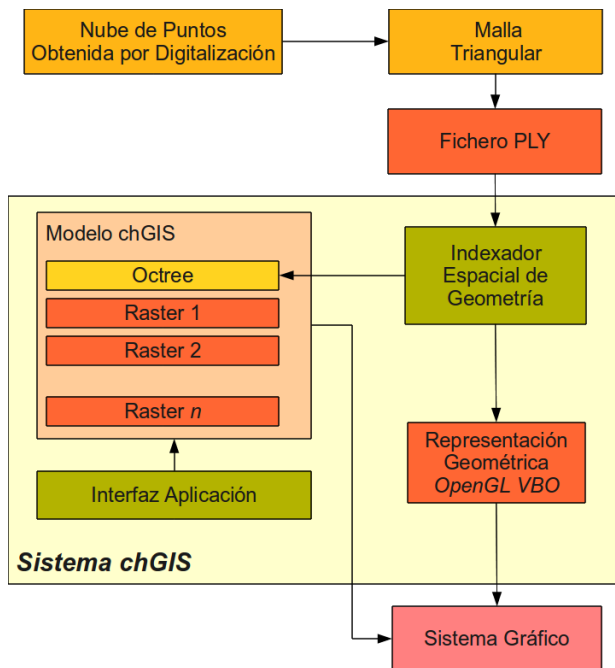


Fig. 4. Estructura del sistema CHIS

Los nodos terminales del *octree* se almacenan haciendo un recorrido en pre-orden. De esta forma se puede asociar a cada nodo un índice. Los atributos se almacenan en una estructura lineal, de forma que en la posición *i-esima* se almacena el atributo del *voxel i-esimo* según el recorrido en pre-orden establecido. De esta forma podemos establecer la correspondencia entre atributos y la superficie del elemento geométrico.

Para visualizar el modelo se recorre el *octree*, accediendo a los atributos y a los elementos geométricos. Se obtiene el color a usar buscando los atributos en la paleta de colores de la capa, y se dibujan los elementos geométricos aplicando el color generado.

El problema más complejo en este punto es asociar colores diferentes a cada fragmento de los triángulos en función de las celdas por las que cruza. La asociación de colores a los fragmentos de triángulos se realiza en un programa especial ejecutado en la GPU del ordenador (shader), esto permite realizar el dibujo de forma interactiva.

Cuando se dibuja más de una capa superpuesta se aplica el procedimiento de superposición habitual en los sistemas GIS. En primer lugar se superponen las distintas capas, generando un mapa de color que se dibuja sobre el modelo 3D.

En este momento se ha implementado el núcleo del sistema, incluyendo la representación del modelo geométrico y de las capas ráster. Se han programado los algoritmos de visualización y un editor de capas ráster. La estructura de datos permite gestionar octrees de hasta veinte niveles de profundidad, lo que supone manejar modelos de más de un millón de celdas de lado (esto es, una resolución de un milímetro en modelos de más de un kilómetro).

#### 4. Evaluación

El software se está evaluando sobre modelos reales de patrimonio obtenidos mediante escáner láser, procedentes en su mayor parte del Conjunto Arqueológico de Itálica y de la Alhambra. Los resultados son ampliamente satisfactorios.

La Figura 5 muestra una captura del proceso de edición interactiva de una capa ráster sobre la Amazona herida de Écija con una resolución de un milímetro.

En la Figura 6 se muestra, de forma ampliada, un fragmento de la capa ráster mostrado en la Figura 5. Puede apreciarse el tamaño de las celdas en el borde de las áreas.

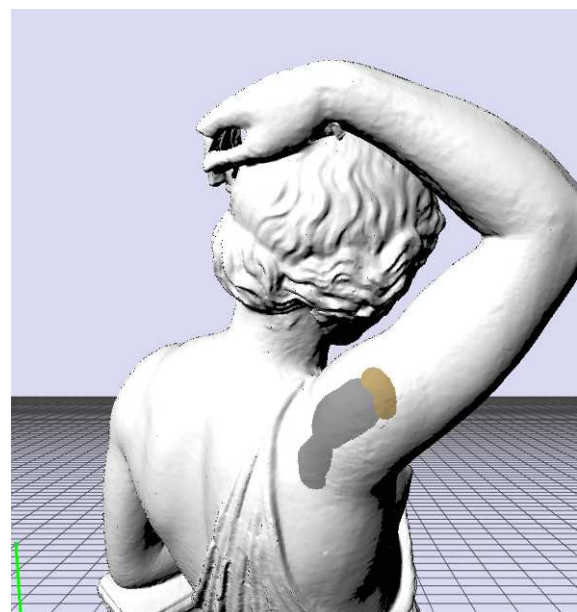


Fig. 5. Captura de pantalla de la aplicación editando una capa ráster.

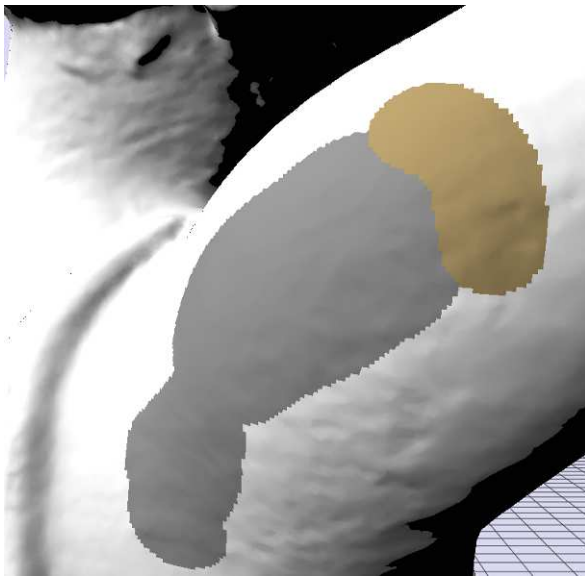


Fig. 6. Vista ampliada de la zona de la capa raster editada en la Fig. 5.

La Figura 7 muestra la misma zona del modelo coloreando las celdas formando un tablero. Puede apreciarse que la forma y tamaño de la intersección de las celdas con la superficie no es regular, ya que nuestras celdas son cúbicas, siendo el tamaño de celda la arista del cubo. La intersección de las celdas con la superficie genera un polígono convexo de entre tres y seis lados. El tamaño máximo de la celda está acotado, en cualquier caso, por la diagonal principal del cubo. Este modelo se ha generado con un tamaño de celda de un milímetro. La Figura 8 muestra el mismo modelo con un tamaño de celda de 16 cm.

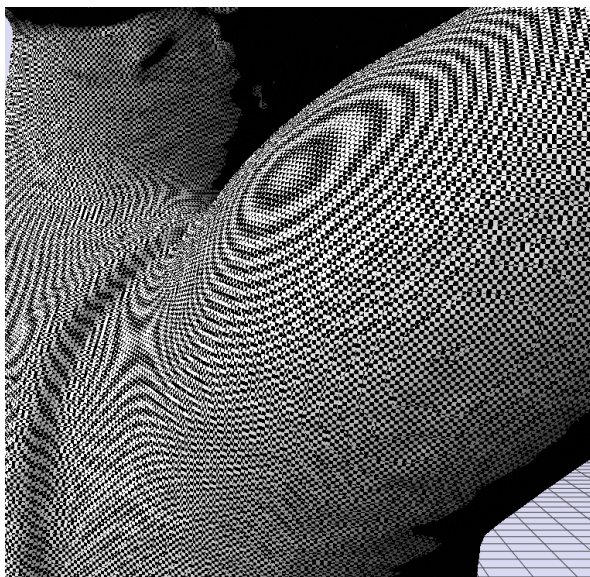


Fig. 7. Distribución de celdas sobre la superficie del modelo con resolución de 1 mm

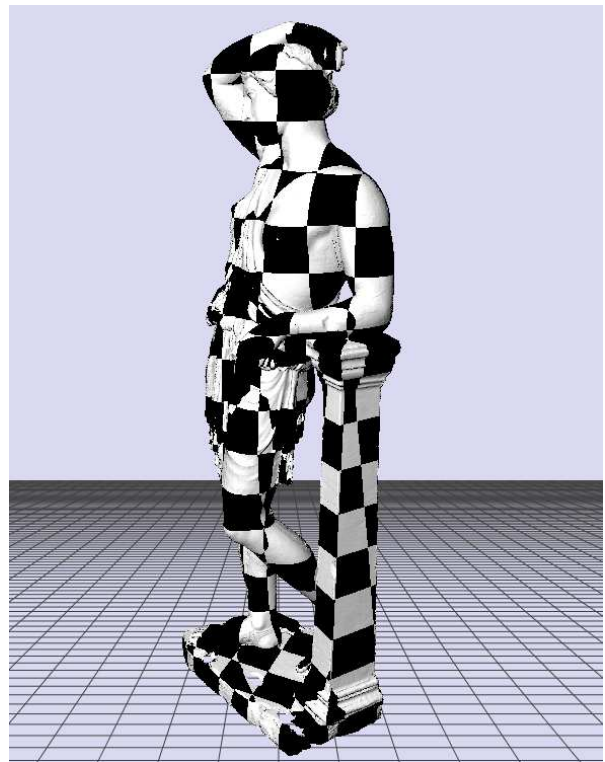


Fig. 8. Distribución de celdas sobre la superficie del modelo con resolución de 16 cm

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía a través del proyecto de excelencia PE09-TIC-5276.

La Amazona herida ha sido digitalizada en el Museo Histórico Municipal de Écija.

## Bibliografía

- AGNELLO, F. et al. (2003): “*Cultural Heritage and Information Systems, an Investigation into a Dedicated HypertextP*”. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 34, 5.
- CIGNONI, P. et al. (2008): “Meshlab: An Open-Source Mesh Processing Tool”. *Sixth Eurographics Italian Chapter Conference*, pp. 129-136.
- HODAČ, J. (2005): “*3D Information System of Historical Site. Proposal and Realisation of a Functional Prototype*”. *Acta Polytechnica* 45, 1.
- IOANNIDIS, C. et al. (2003): “An Integrated Spatial Information System for the Development of the Archaeological Site of Mycenae”. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34, 5.
- MEYER, E. et al. (2006): “Intrasite Level Cultural Heritage Documentation: Combination of Survey, Modeling and Imagery Data in a Web Information System”. En *7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*.
- MEYER, E. et al. (2007): “A Web Information System for the Management and the Dissemination of Cultural Heritage Data”. *Journal of Cultural Heritage* 8, pp. 396–411.
- NAGLIČ, K. (2003): “Cultural Heritage Information System in the Republic of Slovenia”. En *ARLADNE 5 Workshop on Documentation, Interpretation, Presentation and Publication of Cultural Heritage*. Prague.
- TORRES, J.C. et al. (2009): “Aplicaciones de la Digitalización 3D del Patrimonio”. *Virtual Archaeology Review*. Vol. 1 (1) pp. 45-48.