

# Integración de SIG con visualización 3D interactiva para la gestión y seguimiento de excavaciones arqueológicas

Antonio José Seoane Nolasco y Luis Antonio Hernández Ibáñez

VideaLAB. Grupo de Visualización de la Universidade da Coruña. España

---

## Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) disponen de grandes capacidades de gestión de información. Sin embargo, en muchos casos no existen o son limitadas las capacidades de visualización de dicha información sobre terreno tridimensional con gran detalle, las cuales pueden ser de gran ayuda o deseables en múltiples aplicaciones. En este artículo se presenta la integración del SANTI, un sistema de visualización tridimensional de grandes extensiones de terreno e información geográfica, con gvSIG, un SIG de software libre y gratuito. Se describirán las capacidades del sistema de visualización, cuál ha sido el planteamiento para realizar la conexión entre ambos sistemas y como se está aplicando en un proyecto en desarrollo para la gestión de la excavación de Castro de la Lanzada, situado en la costa de Galicia (España).

**Palabras Clave:** SIG, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, VISUALIZACIÓN 3D, TERRENO 3D

---

## Abstract

Geographic Information Systems (GIS) provide large information management capabilities. However, in many cases the feature of the visualization of this data over a huge detailed three-dimensional terrain does not exist or are limited, which can be very useful or desirable in many applications. This paper presents the integration of SANTI, a three-dimensional visualization system of large terrain areas and geographical data, with gvSIG, a free GIS software. We describe the capabilities of the visualization system, the approach to connect the two systems and how it is applied to a project in development for the management of the excavation of the Castro de la Lanzada located at the Galician coast (Spain).

**Key words:** GIS, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 3D TERRAIN, 3D VISUALIZATION

---

## 1. Introducción

Las excavaciones arqueológicas requieren de un trabajo tanto de coordinación y gestión de la excavación como de la catalogación y clasificación de los objetos hallados para su posterior estudio. La información asociada puede ser de múltiples tipos: textos descriptivos, datos numéricos, imágenes, vídeos, escaneos laser, modelos digitales del terreno, etc. Es deseable que toda esta información de distinta naturaleza, así como su localización exacta donde fue hallada, pueda ser añadida, editada y visualizada de manera adecuada.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten el almacenamiento de información georreferenciada y proporcionan un gran número de herramientas para realizar consultas y análisis de datos, así como la capacidad para visualizar la información sobre una representación bidimensional del terreno y poder manejarla de forma interactiva (LONGLEY, 2003). Sin embargo, se encuentran muy limitados a la hora de representarla sobre un modelo tridimensional del mismo. Incorporar esa tercera dimensión permitiría una visualización más fiel de la información y particularmente útil en arqueología, donde permitiría visualizar los distintos estados de la excavación según cambia la forma del terreno y aparecen restos de construcciones, además de poder visualizar correctamente la ubicación de las distintas piezas arqueológicas que aparecen a distintas profundidades. Aunque se están incorporando la capa-

cidad de visualizar terreno 3D sus capacidades no son las mismas que las de un motor de visualización especializado o su coste es muy elevado y normalmente también existen limitaciones a la hora de representar otros tipos de datos como puede tratarse de modelos 3D de objetos hallados o nubes de puntos obtenidos a partir de escaneos laser.

Por otra parte, los sistemas de visualización tridimensionales permiten múltiples alternativas para mostrar tanto modelos 3D de objetos como para modelos tridimensionales del terreno de gran detalle, pero no integran la capacidad de añadir y gestionar información georreferenciada.

En este artículo se presenta la integración de un motor de visualización tridimensional basado en la tecnología SANTI (Sistema Avanzado de Navegación sobre Terrenos Interactivo) con un SIG de software libre dentro de un sistema orientado a arqueología. Esta herramienta combina toda la potencia de visualización del motor 3D con la potencia del SIG para gestionar, consultar y analizar la información geográfica. En los siguientes puntos se describirá cómo se está realizando la integración, la representación de los distintos datos y la comunicación de los distintos subsistemas, así como su aplicación práctica a la excavación del Castro de la Lanzada.

## 2. Requisitos del sistema de visualización con conexión con un SIG

El sistema desarrollado se engloba dentro del contexto de un proyecto en desarrollo para la gestión de la excavación del Castro de la Lanzada situado en la costa de Galicia. Para este proyecto se requería una aplicación que permitiera el registro y catalogación del estado de la excavación e información acerca de los objetos hallados, un SIG de bajo coste en el que se pudiesen ver distintas capas de información vectorial (ubicación de piezas, zonas de excavación, etc.) con distintos tipos de datos asociados a cada entidad como textos, imágenes o modelos 3D de los objetos hallados.

El usuario debería poder crear capas e introducir mediante fichas o formularios sencillos la información asociada a cada elemento.

Además era deseable que la zona de la excavación y las capas de información pudieran ser visualizadas sobre el terreno en 3D, examinar la forma del mismo y también visualizar la posición exacta de cada hallazgo incluyendo la profundidad en la cual se hubiera encontrado.

También se dispondría de distintos modelos 3D de objetos hallados y nubes de puntos obtenidas mediante láser de distintos momentos de la excavación y que también debían poder ser visualizadas correctamente y a ser posible integrados en el terreno en la ubicación correcta.

Siguiendo estos requisitos se planteó la integración de dos subsistemas aprovechando lo mejor de cada uno. Por una parte un SIG libre y gratuito como gvSIG, que ya ha probado su buen funcionamiento en múltiples casos y donde se aprovecharía la potencia del SIG y el SANTI, cuyo mayor potencial se encuentra en la visualización interactiva de terreno e información geográfica en 3D.

## 3. Visualizador SANTI

Como visualizador se utilizó el SANTI (Sistema Avanzado de Navegación sobre Terrenos Interactivos), desarrollado desde 1998 en su totalidad por el grupo VideALAB de la Universidade da Coruña.

El SANTI es un visualizador 3D interactivo en tiempo real especializado en la representación y gestión de grandes extensiones de terreno (HERNÁNDEZ, 1999) que permite al usuario navegar y examinar a voluntad la geografía contenida en un modelo digital del terreno formado por datos de elevación y por imágenes utilizadas para texturizarlo.

En los últimos años se ha incorporado la capacidad de representar sobre el modelo 3D cualquier tipo de información geográfica, utilizando modelos geométricos básicos (puntos, líneas, polígonos) o más complejos como modelos tridimensionales de los elementos a representar (HERNÁNDEZ, 2005; VARELA, 2005).

A continuación se describen con más detalle las características más relevantes para este proyecto:

### *Tipos de datos visualizados*

**Terreno 3D.** Modelo digital tridimensional del terreno (MDT) formado por geometría multiresolución en un formato propio basado en mallas regulares. El motor de terreno adapta dinámicamente la calidad de visualización pudiendo manejar de forma fluida modelos extensos de más de 70000km<sup>2</sup> con una resolución de 10 metros entre cotas de elevación.

Dicho modelo incorpora imagen aérea y de satélite que se texturiza sobre la geometría. También se encuentra en un formato multiresolución propio del motor de terreno cuya resolución puede llegar hasta 12cm por pixel.

**Modelos 3D integrados.** En ocasiones es necesario utilizar mallas irregulares que permitan una mayor adaptación del terreno. El SANTI permite incorporar parcelas de terreno en formatos 3D comunes como modelos independientes. Si se desea, estos modelos pueden ser texturizados por el motor de terreno de forma automática utilizando la imagen aérea. También se proporciona la capacidad de visualizar cualquier tipo de modelo 3D, ubicando dicho modelo en una posición geográfica 3D determinada o bien en una ventana independiente dentro del visualizador.

**Capas vectoriales.** Un tipo de información geográfica que puede ser mostrada son capas vectoriales que pueden estar formadas por puntos, líneas o polígonos. Se superponen y adaptan al terreno 3D de forma automática y se puede cambiar su aspecto definiendo el color, grosor y transparencia de cada capa.

**Iconos 3D.** Se pueden incluir iconos que pueden situarse en cualquier posición 3D sobre el terreno y pueden señalar la posición exacta en el terreno o por encima o debajo del mismo de cualquier elemento de interés, por ejemplo para señalar la posición debajo de tierra de las piezas encontradas en una excavación arqueológica.

Los iconos se aplican a capas de información geográfica con entidades de tipo punto o polígono y deben estar previamente generados, bien como imágenes que se utilizarían como carteles 3D o bien como modelos 3D.

### *Interacción*

Para facilitar y simplificar la interacción, la navegación sobre el terreno 3D se realiza únicamente utilizando el desplazamiento y botones del ratón. También dispone de una ventana de gestión de capas (Figura 3), que es la parte del interfaz del visualizador que permite mostrar u ocultar capas de información geográfica, tanto vectoriales como iconos 3D que previamente se hubieran añadido al sistema. Permite además, modificar las propiedades de visualización como color, transparencia o grosor en el caso de las capas vectoriales o transparencia en el caso de cualquier modelo 3D.

Además, los iconos 3D asociados a entidades de las capas vectoriales pueden ser seleccionables, para realizar alguna acción dentro del SANTI como mostrar fichas de información, iniciar una animación, o enviar un evento a otra aplicación.

## 4. Integración del SANTI con un SIG

Para la integración del visualizador con el SIG se optó por la opción de mantener el visualizador como una aplicación independiente que es ejecutada por el SIG cuando la necesita y se comunica por ella a través de la red mediante un protocolo de

mensajes. Esta independencia permite que el SANTI se pueda integrar con cualquier SIG que implemente dicho protocolo de comunicación. El esquema general de esta integración se puede ver en la Figura 1.

Debido a que el visualizador es una aplicación que requiere de bastantes recursos del computador, esta alternativa permite que el usuario pueda decidir si quiere abrir el visualizador si el ordenador en el que se encuentra trabajando dispone de la potencia suficiente o seguir trabajando sólo con el SIG en caso contrario.

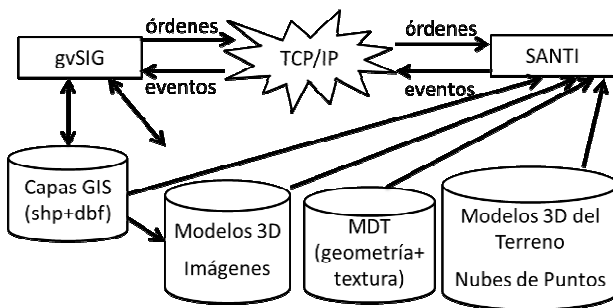


Fig. 1. Esquema de la conexión SANTI-SIG.

### Comunicación por red

La comunicación se realiza utilizando el protocolo TCP/IP en un entorno cliente-servidor en el que el SIG actúa como cliente y el visualizador como servidor. Es bidireccional y se realiza a través de mensajes que envía una aplicación y es recibida por la otra. En este contexto un mensaje es un documento en formato eXtensible Markup Language (XML) que se envía en su totalidad como una única cadena de texto a través de la red.

Teniendo en cuenta la función se definieron dos tipos de mensajes: *órdenes* y *eventos*. Una *orden* es un mensaje que envía el SIG al SANTI y que permite cambiar el estado del visualizador (posición de la cámara, información visible, etc.). Un *evento* es un mensaje que se envía en dirección contraria, del SANTI al SIG y que permite informar de cualquier cambio producido en el SANTI, bien por un comportamiento automatizado (p.ej. una ruta animada que llega a su punto final) o por que se ha modificado la información visualizada o la forma de visualizarla directamente sobre el SANTI en lugar de hacerlo a través del SIG. Esto permite mantener la coherencia entre el estado y la información mostrada en el SIG y el visualizador, de forma que cada cambio producido en el visualizador es notificado al SIG para que éste se actualice.

En un mismo documento XML se pueden enviar varios mensajes. En ambos casos cada tipo de mensaje lleva un código asociado (*Orden* o *Evento*) y un nombre que identifica el tipo de orden o evento. Además, cada mensaje tiene una lista de pares (nombre, valor) que permiten especificar los parámetros específicos de cada mensaje.

A continuación se muestran dos ejemplos de estructura de documentos XML, el primero para un mensaje que envía una *orden* y el segundo para uno que envía un *evento*:

```
<SANTIGIS>
<Orden nombre="orden1">
```

```
<parametro nombre="nombre1" valor="valor1">
<parametro nombre="nombre2" valor="valor2">
</Orden>
</SANTIGIS>
<SANTIGIS>
<Evento nombre="evento1">
<parametro nombre="nombre1" valor="valor1">
<parametro nombre="nombre2" valor="valor2">
</Evento>
</SANTIGIS>
```

Las órdenes y eventos principales utilizados para la comunicación se describen a continuación:

#### Tipos de órdenes:

- **Añadir/Eliminar capa GIS.** Permiten añadir o eliminar capas del sistema de gestión de información geográfica del SANTI. Sólo las añade o elimina del interfaz de usuario. En este tipo de mensajes se incluye como opciones la ubicación de los ficheros con las capas, los nombres asociados y las propiedades de representación (p.e. color).
- **Cargar/Descargar capa GIS.** Permiten cargar o descargar de la memoria del ordenador capas que se encuentren añadidas al SANTI.
- **Mostrar/Ocultar capa GIS.** Permiten mostrar u ocultar una capa cargada.
- **Ir A.** Permite posicionar la cámara del SANTI para mantener sincronizada la vista 2D del SIG con la vista 3D del visualizador.
- **Ejecuta Script.** El SANTI proporciona una serie de funciones que permiten extender o adaptar su funcionalidad mediante scripts programados en el lenguaje Lua. Esta orden permite llamar a cualquier función definida en un script cargado en el SANTI, de forma que se puede definir una orden nueva creando una función en Lua que la realice y llamando a dicha función a través de esta orden.

#### Tipos de eventos:

- **Capa Agregada/Eliminada.** Informa de que una capa fue añadida a la interfaz o eliminada.
- **Capa Cargada/Descargada.** Informa que una capa fue cargada o descargada de memoria.
- **Capa Activada/Desactivada.** Informa que una capa fue mostrada u ocultada.
- **Capa Click.** Informa de que ha sido seleccionado un icono 3D. Envía como parámetro el nombre de la capa a la cual pertenece el icono y el número de entidad seleccionada. Permite indicarle al SIG que un icono ha sido pulsado y de esta manera abrir la ficha de información asociada para mostrar o editar los datos relacionados.
- **Capa Fallo Carga.** Informa de un fallo a la hora de cargar una capa.
- **Capa Cambio Parámetro.** Informa de que se ha modificado un parámetro de visualización de una capa desde

el SANTI. Se utiliza para poder mantener la coherencia de visualización con el SIG.

- **Modificación de Cámara.** Informa de que se ha modificado la posición de la cámara desde el SANTI. Se puede utilizar para mantener sincronizada la vista 2D del SIG con la vista 3D del visualizador.

#### Tipos de datos

Hay distintos tipos de datos empleados por el SIG y el SANTI. Los datos comunes deben encontrarse en una ubicación accesible por ambas aplicaciones.

Por una parte se encuentra el MDT, que sólo está accesible para el visualizador y no desde el GIS debido a que los datos se encuentran en un formato propio del motor de terreno.

Los modelos 3D que pueden encontrarse en cualquiera de los formatos comunes de 3D que sea capaz de leer el motor gráfico OpenSceneGraph (<http://www.openscenegraph.org>).

Las capas vectoriales deben estar en formato SHAPE (.shp) y deben contener un único tipo de entidad que puede ser punto, línea o polígono.

## 6. Aplicación a la excavación del Castro de la Lanzada

Este sistema se encuentra actualmente en desarrollo con el objetivo de ser aplicado para la gestión de la excavación del Castro de la Lanzada en Galicia. Aunque el protocolo de comunicación permitiría conectar el SANTI con cualquier SIG, para este proyecto se planteó la utilización y conexión con el SIG de software libre gvSIG (<http://www.gvsig.org/>). Los requisitos del sistema descritos en uno de los puntos anteriores se cubren mediante las funcionalidades que se describen a continuación.

Desde el gvSIG se puede:

- Crear y visualizar de capas 2D de tipo punto línea y.
- Registrar y modificar mediante fichas de los datos asociados a las distintas entidades de las capas vectoriales, que incluyen desde textos, imágenes o modelos 3D.



Fig. 2. Modelo de nube de puntos de la excavación con capas vectoriales e iconos 3D.

- Cargar, descargar, ocultar o mostrar las capas 2D en el SANTI, así como cambiar los atributos de color, grosor y transparencia manteniendo la coherencia entre los datos mostrados por ambas aplicaciones.
- Actualización del centro de la vista del SANTI cuando se modifica la región mostrada en la vista del SIG.

Y desde el SANTI se realiza la:

- Visualización de terreno 3D. Se utiliza el modelo digital multiresolución para los alrededores y un modelo 3D específico para la zona de la excavación en el que se pueden integrar distintos modelos de nube de puntos 3D provenientes de escaneos láser de las distintas etapas de la zona excavada (Figuras 2 y 4).



Fig. 3. Ventana de gestión de capas y terreno 3D con modelo de nube de puntos e iconos 3D.

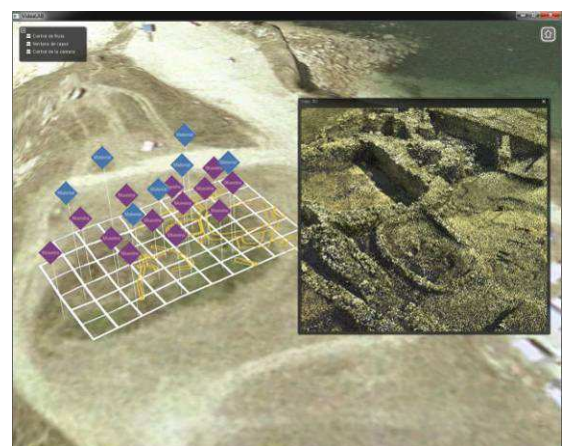


Fig. 4. Terreno 3D con capas vectoriales e iconos 3D, y modelo 3D visualizado en una ventana independiente dentro del SANTI.

- Visualización de las capas 2D vectoriales de tipo línea y polígono sobre el terreno 3D (Figuras 2 y 4).

- Visualización de las capas 2D vectoriales de tipo punto como iconos 3D sobre el terreno, señalando en 3D la posición de cada entidad de tipo punto. Entre otros se sitúan en 3D las piezas encontradas durante la excavación a la profundidad a la que han sido halladas bajo tierra. Estos iconos pueden ser seleccionados con el ratón, lo que permite, comunicando este evento, mostrar en el SIG la ficha de información con los datos asociados a dicha entidad para su visualización o modificación (Figura 3).
- Visualizar modelos 3D de objetos hallados en la excavación en una ventana independiente. Estos modelos 3D estarían asociados a entidades de una capa GIS (Figura 4).
- Modificar la vista de la cámara e informar al SIG de la nueva posición para mantener la coherencia entre las vistas.
- Editar las propiedades de los elementos visualizados mediante la ventana de capas (Figura 3).

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

La visualización de información geográfica sobre terreno 3D de gran detalle es deseable en muchos campos entre los que se encuentra la arqueología.

En este artículo se ha descrito como se está realizando la integración del visualizador SANTI con gvSIG en un sistema en desarrollo que se aplicará a la gestión de una excavación arqueológica. Combinando las mejores capacidades de ambas aplicaciones se están proporcionando unas capacidades de visualización tridimensional que mejoran la forma de ver y analizar la información heterogénea (imágenes, modelos 3D, nubes de puntos, etc.) generada u obtenida durante la excavación.

Como trabajo futuro se plantea la mejora del sistema y extendiendo el número de órdenes para el protocolo de comunicación. También se pretende incorporar nuevos formatos de datos geográficos a demás de SHAPE y mejorar el acceso a los datos permitiendo dicho acceso en remoto y a través de gestores de bases de datos, en lugar de realizarlo directamente sobre ficheros independientes.

## Bibliografía

- HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. SEOANE, A. LÓPEZ, R. JASPE, A. VARELA, A. (2005): "Real-time visualization of geospatial features through the integration of GIS with a realistic 3D terrain dynamic visualization system". *XXII International Cartographic Conference (ICC2005)*. The International Cartographic Association (ICA-ACI). A Coruña.
- HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. y SEOANE, A. (1999): "Una aplicación para la navegación en tiempo real sobre grandes modelos topográficos". In *IX Congreso Español de Informática Gráfica*, CEIG.
- LONGLEY, P. y BATTY, M. (Ed.) (2003): *Advanced Spatial Analysis: The CASA Book of GIS*. ESRI.
- VARELA, A. HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. SEOANE, A. LÓPEZ, R. JASPE, A. (2005): *Gestión del tráfico mediante la integración de un GIS con un sistema de navegación realista en 3D sobre el territorio*. Congreso ITS. Málaga.