

Estudio comparativo de software SIG y SGBD en entornos Open Source y propietario aplicados a la Base Topográfica Nacional 1:100.000 (BTN100).

*Jose Antonio Merino Martín⁽¹⁾, Juan José Alonso Gamo⁽¹⁾, Rafael Sierra Requena⁽¹⁾,
y Francisco Sánchez Quilis⁽¹⁾*

⁽¹⁾ Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento. C/ General Ibáñez de Ibero nº 3, 28003, Madrid, ign@fomento.es

RESUMEN

La Base Topográfica Nacional a escala 1:100.000 (BTN100) es un conjunto de datos geográficos que presenta de forma continua, para la totalidad del territorio nacional, información geográfica básica (geométrica y temática) de los principales fenómenos, interrelacionados de acuerdo a una serie de condicionantes topológicos [1], [2].

El mantenimiento de la BTN100, basado en la actualización continua y su correspondiente control de calidad permanente, requieren de un software de Sistema de Información Geográfica (SIG) y un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) que permita la multi-producción desde distintos departamentos y la gestión de grandes cantidades de información. Por todo ello se hace necesaria la elección del software SIG y SGBD adecuado.

Partiendo del mismo conjunto de datos, y realizando las mismas operaciones de visualización, análisis y gestión de la información geográfica, se pretende comparar distintos software SIG, tanto libres (QGIS, gvSIG, etc.) como propietarios (GeoMedia, ArcGIS, etc.), principalmente basándonos en dos parámetros: tiempo y número de comandos o consultas para realizar cada operación. Además, cada uno de estos software SIG se analizarán trabajando contra dos SGBD, PostgreSQL (libre) y Oracle (propietario).

Asimismo, se reflejan otro tipo de constricciones o políticas que se escapan de los análisis puramente técnicos y que vienen marcadas por el entorno productivo desde un organismo público, así como por la coyuntura económica existente, en el país en general y en la administración pública en particular.

Palabras clave: *análisis comparativo, BTN100, SIG, base de datos, SGBD, software libre.*

ABSTRACT

The National Topographic Database at 1:100,000 scale (NTDB100) is a dataset that stores seamless basic spatial information (both geometric and thematic) for the main geographical features within the national territory of Spain. These features are spatially related and conveniently connected according to specific topological constraints.

The maintenance of BTN100 based on a permanent update and its subsequent quality control requires a GIS software and a Database Management System (DBMS) which provide a multiproduction environment (from different departments) and which are capable of managing a large amount of data. For this reason the election of the appropriate GIS and DBMS is a priority for the project.

The aim of this article is to compare different SIG software, both free software (QGIS, gvSIG) and proprietary software (GeoMedia, ArcGIS), mainly evaluating two parameters: time and number of commands or queries needed to carry out each operation. For a proper comparative, we worked and dropped conclusions using for every option the same data set and following the same visualization, updating and management workflows. Moreover each of these GIS will run against two different DMBS: PostgreSQL (free software) and Oracle (proprietary).

Furthermore this comparative of software takes into account not only the technical aspects but also the constraints and policies of the public administration and the current economic situation that in this moment affects the country and our environment in particular.

Key words: *comparative analysis, BTN100, GIS, database, DBMS, free software.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

Este artículo pretende realizar un estudio comparativo entre diferentes aplicaciones de gestión de Sistemas de Información Geográfica (SIG), tanto libres como propietarios, enfocado a la producción de información geográfica (IG). La gestión de esta IG se realizará asimismo tanto en un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) libre como en otro propietario. La IG objeto de estudio está centrada en la producción a escala 1:100.000, y se estudiará tanto el aspecto topográfico de la geometría como el cartográfico.

1.2. Marco

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) [3] es el organismo competente en materia de producción de información geográfica para las bases topográficas y cartográficas de ámbito nacional. Son varias por tanto las bases geográficas que el IGN diseña, actualiza y mantiene: es el caso de la Bases Topográficas Nacionales a escalas 1:25.000 y 1:100.000 (BTN25 y BTN100), o de las Bases Cartográficas Nacionales a escalas 1:200.000 y 500.000 (BCN200 y BCN500).

La Base Topográfica Nacional 1:100.000 (BTN100) se define como un conjunto de datos geográficos topográficos que sirven como base geográfica tanto para consultas geográficas y el análisis directo, como para la creación e implantación de servicios geográficos y la obtención y actualización de productos de datos geográficos y

cartográficos derivados. Se trata de una base de datos geográfica continua a escala 1:100.000 cuya información se encuentra almacenada en coordenadas geográficas. Su Sistema Geodésico de Referencia (SGR) es ETRS89. Su información está disponible a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) [4].

A partir de BTN100, mediante tareas de generalización, simbolización y detección y resolución de conflictos cartográficos se obtiene la Base Cartográfica Nacional 1:200.000 (BCN200) de utilidad esencialmente cartográfica, que permite obtener productos cartográficos derivados de forma semiautomática.

1.3. Premisas

De cara al estudio comparativo se han definido una serie de premisas que constriñen y enmarcan el trabajo, con el fin de que todo el software y los SGBD se encuentren en las mismas condiciones.

Enfoque

- Se trata de un estudio básico, con base en una serie de acciones muy concretas y sencillas, por lo que los resultados han de tomarse con cautela y son meramente orientativos, sin que las conclusiones tengan por qué ser determinantes a la hora de tomar cualquier decisión respecto a cualquiera de los software analizados.
- El estudio se desarrolla dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, por lo que en todo momento los trabajos se han ceñido a la política de mantenimiento de software y hardware vigente, empleando en ambos casos, las versiones más recientes que ha sido posible.
- Las tareas se basan fundamentalmente en la producción de IG, por lo que prima la visualización y edición de esta, ya que son estos los trabajos desarrollados en el Área donde se encuadra el estudio. Por tanto, se dejan de un lado otras de las herramientas y funcionalidades relacionadas con el software SIG como el análisis topológico, el análisis de redes, la generación de servicios, etc.
- Se ha establecido como primordial el hecho de que la IG se encuentre almacenada en coordenadas geográficas (ETRS89) y las distintas tareas se realicen en coordenadas proyectadas (concretamente en UTM huso 30) ya que la naturaleza del conjunto de datos a producir en lo que se refiere a su escala, permite la captura de los datos en estas condiciones, independientemente de que en una fase posterior se realicen los controles topológicos que se consideren más adecuados.

El periodo durante el cual se ha desarrollado el análisis, se ha limitado a un mes, considerándose tiempo suficiente por el carácter de estudio básico mencionado anteriormente.

Hardware y software

Los recursos físicos y aplicaciones empleadas en el estudio son los siguientes:

- Servidor 1 (virtual, 1 núcleo Intel Xeon 2.67 GHz, 4 GB RAM):
 - o Windows Server 2008 R2 Standard 64 bit
 - o PostgreSQL 9.2.6-3 64 bit con extensión PostGIS 2.0.4-1
 - o Oracle 11.2.0.1 64 bit con la extensión Oracle Spatial incluida en el software

- Servidor 2 (virtual, 1 núcleo Intel Xeon 2.67 GHz, 4 GB RAM):
 - o Windows Server 2008 R2 Standard 64 bit
 - o PostgreSQL 9.2.6-3 64 bit con extensión PostGIS 2.0.4-1
 - o Oracle 11.2.0.1 64 bit con la extensión Oracle Spatial incluida en el software
 - o ArcSDE 10.2 64 bit (ArcGIS Server sólo instalado a efectos de licenciamiento)

- Cliente de escritorio (portátil, 4 núcleos Intel Core i5 2.67 GHz, 4 GB RAM):
 - o Windows 7 Professional 64 bit
 - o Quatum GIS 2.0.1
 - o gvSIG 2.1.
 - o Intergraph GeoMedia 14.00.0001 con módulo PostGISGDO 1.2.1
 - o ArcGIS Desktop 10.2 con geprocesamiento en 64 bit no habilitado
 - o Otros programas auxiliares:
 - pgAdmin 3-1.18.1
 - SQL Developer 4.0.0.13.30
 - Camtasia Studio 8

- Red Ethernet Gigabit

En este estudio, se ha realizado una instalación por defecto de todo el software, lo cual encaja con el reducido número de usuarios que suelen conectarse a las bases de datos. Esto implica que el formato de datos empleado es, en el caso de Oracle Spatial, SDO_GEOMETRY (excepto cuando se trabaja con ArcSDE que se ha empleado ST_GEOMETRY), y en el caso de PostGIS, ST_GEOMETRY, en cada software con las particularidades/extensiones propias al modelo Simple Features; todos los datos manejados en BTN100 son bidimensionales.

Todas las aplicaciones empleadas soportan además la especificación SFSQL, aunque las pruebas realizadas siempre han tenido lugar a través del entorno de escritorio de cada software, nunca a través de sentencias SQL directas.

Volumen de información

Tamaño de las imágenes manejadas (GB): total=21,3; medio=1,8

Tamaño total de todas las capas vectoriales visibles en el estudio: 178 MB

Tamaño de las capas vectoriales editadas en el estudio (sin índices, metadatos u otros elementos que no sean estrictamente datos) es el mostrado en la Tabla 1.

| Tabla | Tamaño en Oracle (MB) | Tamaño en PostgreSQL (MB) | Tabla | Tamaño en Oracle (MB) | Tamaño en PostgreSQL (MB) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| BTN100_0301L_RIO | 29 | 26 | BTN100_0304S_EM-BALSE | 1 | 1,19 |
| BTN100_0503S_ZONA_USO | 7 | 6,66 | BTN100_0301S_RIO | 0,63 | 0,82 |
| BTN100_0601L_AUTO-VIA | 3 | 2,13 | BTN100_0614P_FARO | 0,13 | 0,05 |
| BTN100_0505P_ALOJOCIO | 3 | 2,09 | | | |

Tabla 1: Tamaño de las capas vectoriales editadas en el estudio

2. ESTUDIO COMPARATIVO

2.1. Planteamiento

En base a las premisas expuestas anteriormente y partiendo del mismo conjunto de datos, se decidió definir una serie de tareas que sirvieran de muestra a los trabajos relacionados con la producción de BTN100 y BCN200. Son un total de cinco tareas que presentan una relación cronológica con los procesos de producción de los mencionados productos.

Cada una de estas *tareas* consta de varias *operaciones* que han sido descritas de forma precisa con el fin de asegurar la igualdad de condiciones en el software.

Para cada una de las operaciones se han establecido los siguientes parámetros: tiempo y número de comandos / número de consultas, que permiten establecer una valoración del software en el entorno antes descrito.

| Tareas y operaciones | |
|--|--|
| 1.- Visualización ráster | 4.- Visualización digital |
| 1.1.- "Zoom +" con 1 imagen | 4.1.- Carga de datos |
| 1.2.- "Zoom +" con 12 imágenes | 4.2.- Desplazamiento |
| 1.3.- Desplazamiento | 4.3.- Zoom |
| 1.4.- "Zoom" encuadre | |
| 2.- Captura vectorial | 5.- Edición cartográfica |
| 2.1.- Captura de objetos geográficos puntuales | 5.1.- Insertar elemento cartográfico |
| 2.2.- Captura de objetos geográficos lineales | 5.2.- Desplazamiento de geometría cartográfica |
| 2.3.- Captura de objetos geográficos superficiales | 5.3.- Cortar y editar atributo |
| 3.- Análisis | |
| 3.1.- Análisis semántico | |
| 3.2.- Análisis espacial | |

Tabla 2: Tareas y operaciones del estudio

El software *Camtasia Studio* se empleó para grabar en video todas las operaciones en la máquina cliente, de modo que posteriormente pudieran medirse los tiempos empleados en cada una.

Con el fin de realizar un estudio con la mayor igualdad posible en las condiciones de los distintos software, además de las premisas antes expuestas, se definieron las

operaciones y resultados a obtener, de tal forma que se asegurase la misma metodología ante la misma operación fuera cual fuera el software empleado.

Algunas aplicaciones disponen de herramientas que en ocasiones pueden facilitar el trabajo, aunque no son imprescindibles para acometer las operaciones descritas. Estas herramientas se comentan en el apartado 2.4. *Funcionalidades*.

Por otra parte, en ocasiones, las aplicaciones utilizan distintas secuencias de operaciones para llevar a cabo las mismas tareas, no sólo para las operaciones descritas, sino para otras muchas que pueden realizarse; esto explica el hecho de que en ocasiones las tareas que nos interesan puedan verse beneficiadas o perjudicadas de un software a otro.

Las capas *MarcasAreas* y *MarcasLineas* han servido como guía en determinadas operaciones, generalmente las relacionadas con la visualización.

2.2. Tareas y operaciones

A continuación describimos las *tareas* y sus correspondientes *operaciones* ya resumidas antes en la Tabla 1.

1. Visualización ráster

Se trata de operaciones de visualización (zoom, desplazamiento, etc.) sobre las imágenes de máxima actualidad del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) pertenecientes al Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT): PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0013, 14, 15, 28, 29, 30, 52, 53, 54, 77, 78 y 79.

Las imágenes se ubicaron en una carpeta compartida en red en formato ECW (todas ellas en ETRS89 y proyección UTM huso 30):

Las operaciones relacionadas con esta tarea fueron:

1.1. “Zoom +” con 1 imagen

Se realizó “zoom +” de ventana, sólo con la imagen 13 visible, a cada uno de los tres rectángulos de la capa de guías *MarcasAreas* partiendo de un “zoom” general sobre la imagen.



Figura 1: Imagen 13 con la capa *MarcasAreas* activada

1.2. “Zoom +” con 12 imágenes:

Se volvió a realizar “zoom +” de ventana sobre los tres rectángulos anteriores, pero en esta ocasión teniendo visibles todas las imágenes (13, 14, 15, 28, 29, 30, 52, 53, 54, 77, 78 y 79) y partiendo de la vista encuadrada a todas ellas.

1.3. Desplazamiento

Se desplazó el conjunto de todas las imágenes, a escala 1:1500, arrastrando de N a S y haciendo coincidir las líneas de la capa *MarcasLineas* con el límite superior de la ventana de visualización.

1.4. “Zoom” encuadre

Se realizó un zoom de encuadre sobre el conjunto de todas las imágenes.

2. **Captura vectorial**

Se realizaron operaciones básicas de edición de geometrías primitivas (punto, línea y área) con todas las imágenes visibles. La escala de edición fue de 1:10.000.

2.1. Captura de punto

Se insertó el objeto geográfico BTN100_0614P_FARO con ETIQUETA “Faro de Cabo de Torres” en el extremo de la carretera autonómica que lo comunica.

2.2. Captura de línea

Se digitizó un tramo de la Autovía “A-8 E-70” compartiendo geometría con ocho vértices del perímetro de la ciudad de Gijón/Xijón. Los puntos inicial y final de la línea se encontraban en los enlaces de conexión a otras vías.

2.3. Captura de área

Se capturó el “Parque de Isabel la Católica” como BTN100_0503S_ZONA_USO, TIPO_0503=’07’ (zona de uso característico, tipo: “VERDE”), haciendo coincidir su perímetro con el del río Piles y las calles que le circundan.

3. **Análisis**

3.1. Análisis semántico

Se visualizó en una tabla, el resultado de una consulta con el filtro:
ETIQUETA NOT LIKE 'Albergue%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Balneari%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Baños%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Cabaña%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Càmping%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Camp%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Casa%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Frontón%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Estació%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Instalación%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Parador%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Picadero%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Piscina%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Pista%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Polideportivo%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Poliesportiu %' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Refugi%' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Velódromo %' AND ETIQUETA NOT LIKE 'Tenis%'

para los objetos geográficos contenidos en BTN100_0605P_ALOJ_OCIO.

Se trata de un análisis de “etiquetas genéricas” contemplado en el control de calidad de BTN100.

3.2. Análisis espacial

Se obtuvieron los tramos de río lineal (clase de objeto BTN100_0301L_RIO) con atributo COMPO_0301='01' (componente: “EJE”) que cumplen el operador espacial "estar contenido en" dentro de masas de agua, entendiendo por estas el conjunto de las geometrías de BTN100_0301S_RIO y BTN100_0304L_EMBALSE.

Al igual que el análisis previo, también se trata de una consulta que sirve como control de la consistencia del modelo, ya que según este, todos los tramos de río lineal en el interior de masas de agua deben tener el atributo COMPO_0301='02' (componente: “CONEXIÓN”).

4. Visualización digital

En esta tarea se cargaron, visualizaron y desplazaron las geometrías con y sin simbología cartográfica a la escala de trabajo 1:100.000. Las imágenes permanecieron desactivadas. La simbología se corresponde con la desarrollada para el producto BCN200, que coincide con la empleada en el Mapa Provincial de España a escala 1:200.000 (MP200).

4.1. Carga de datos

Teniendo visualizado el área cubierta por las doce imágenes (pero con las imágenes no visibles), (1) se cargaron las capas que aparecen en la Tabla 3 con el orden por defecto que asigna la aplicación SIG. Luego, (2 y 3) se visualizaron las capas previamente ordenadas según se indica en la Tabla 3, sin escala de referencia, y posteriormente a la escala de referencia 1:100.000, superponiendo las geometrías lineales a las superficiales y las puntuales a estas últimas. Finalmente (4 y 5), se cambió de posición la capa BTN100_0504P_LUG_INT desde la última posición a la primera, igualmente, sin escala de referencia, y posteriormente a la escala de referencia 1:100.000.

4.2. Desplazamientos

Se llevaron a cabo dos desplazamientos uno de E a O y otro de N a S, comenzando en el entorno de la ciudad de Gijón, según marcas de la capa de ayudas *MarcasLineas* a escala 1:50.000 y visualizando todas las imágenes.

4.3. Zoom

Se realizó “zoom +” de ventana, con todas las imágenes visibles, a cada uno de los tres rectángulos de la capa de guías.

BTN100_0504P_LUG_INT
BTN100_0505P_ALOJ_OCIO
BTN100_0506P_EXP_MIN
BTN100_0501P_NUC_POB
BTN100_0614P_FARO
BTN100_0502P_DISEMINADO
BTN100_0601L_AUTOVIA
BTN100_0602L_AUTOPISTA
BTN100_0603L_CARR_NAC
BTN100_0604L_CARR_AUTON
BTN100_0605L_PISTA
BTN100_0606L_CALLE
BTN100_0608L_ENLACE
BTN100_0301L_RIO
BTN100_0302L_CAU_ART
BTN100_0507L_PRESA
BTN100_0607L_ITINERARIO
BTN100_0306S_RIA
BTN100_0301S_RIO
BTN100_0303S_LAGUNA
BTN100_0304S_EMBALSE
BTN100_0305S_HUMEDAL
BTN100_0503S_ZONA_USO
BTN100_0501S_NUC_POB
BTN100_0502S_DISEMINADO
BTN100_0101S_ENT_TERRIT

Tabla 3: Capas y órdenes de visualización

5. Edición cartográfica

Se editaron geometrías cartográficas, manteniendo todas las imágenes visualizadas.

5.1. Insertar elemento cartográfico

Se insertó un tramo de la Autovía (BTN100_0601L_AUTOVIA) con ETIQUETA='A-8 E-70' compartiendo geometría con ocho vértices del perímetro de la ciudad de Gijón/Xixón. Puntos inicial y final en los enlaces de conexión a otras vías y escala de edición 1:10.000.

5.2. Desplazamiento de geometría cartográfica

Se desplazó la carretera autonómica (BTN100_0604L_CARR_AUTON) con ETIQUETA='VV-3' para evitar el conflicto de redacción cartográfico en la desembocadura del Río España con una escala de edición de 1:5.000. Se desplazaron tres vértices de la carretera.

5.3. Cortar y editar atributo

Se empleó la herramienta de edición “Cortar” en el Río Albares (BTN100_0301L_RÍO) a su paso por el Embalse de Trasona (BTN100_0303S_EMBALSE) para que el tramo interior al embalse fuera COMPO_0301=’02’, para cumplir así con lo expuesto en las especificaciones y documentación oficial del producto [5]. La escala de edición fue 1:10.000.

2.3. Ejecución de tareas y definición de parámetros mensurables

La ejecución de las tareas descritas en el apartado anterior se llevó a cabo en momentos en los que el tráfico en la red local era bajo. Por ser servidores dedicados a este test, fue fácil comprobar que todos ellos se encontraban libres de cargas de trabajo durante la realización de los test. Asimismo, se aseguró que nadie empleaba ninguno de los servidores mientras se estaba realizando cualquiera de ellos.

Todas las operaciones se realizaron al menos dos veces, aunque únicamente se anotó el resultado de la última.

La medición de cada operación se ha tratado de homogeneizar en base a las consideraciones que se describen a continuación y a lo que el usuario ve en el entorno gráfico al utilizar la aplicación.

Para homogeneizar la medición de las operaciones, en todos los casos, se estableció el instante inicial de la medición, como el primer *frame* de video donde se pasa de una imagen donde no se ha ejecutado aún el comando, a otra donde se advierte un cambio en la imagen que nos indica que la operación ha comenzado a ejecutarse. El tiempo comienza a medirse en esta segunda imagen. Como ejemplos de imágenes donde comienza la medición podemos citar:

- Imagen donde desaparece la línea que marca el zoom de ventana.
- Imagen donde el icono del ratón pasa de ser una mano cerrada a una abierta, mostrando igualmente que se ha levantado el dedo del ratón al hacer un desplazamiento de imágenes.
- Imagen donde desaparece el menú que tiene el comando previamente elegido y que se va a ejecutar.
- Imagen donde un botón deja de estar hundido (pulsado) porque se ha levantado el dedo del ratón.
- Imagen donde se ve que un *checkbox* pasa a estar seleccionado.

El instante en el que se termina de medir se indica a continuación en la definición de cada parámetro, no obstante, como norma general, se consideró que los objetos geográficos dibujados en pantalla tenían que haberse redibujado por completo (en ocasiones indicado por un icono que marca el fin de la tarea, ej.: un reloj de arena o una bola del mundo que dejan de estar activos) y la herramienta actualmente seleccionada tenía que volver a estar disponible para poder dar por finalizada la operación, no bastando con que el cursor dejara de mostrar que el sistema estaba trabajando.

Por defecto, el programa de grabación de videos trabaja con un ratio de captura de 30 *frames* por segundo, por lo que las lecturas de tiempos por debajo del segundo, se multiplicaron por 3,33 para convertirlas en centésimas de segundo. Todos los valores se redondearon al alza (1,5≈2).

Consideraciones en relación al número de comandos:

- No se tienen en cuenta los comandos necesarios para establecer el entorno de trabajo, tales como, configurar el cazado, hacer zoom a la zona de edición, etc., ya que se entiende que estas operaciones se realizan una sola vez durante una sesión de edición, o incluso una vez para varias sesiones.
- Rellenar un campo de base de datos con un rótulo o etiqueta, es un único comando.
- Seleccionar una opción de uno de los menús verticales, es un único comando.
- Rellenar varios elementos dentro de una ventana de diálogo, es un único comando.
- Mover un vértice es un único comando.
- Cazar un vértice y aceptarlo con botón izquierdo del ratón es un único comando.
- Hacer clic con botón derecho y seleccionar una opción de un menú contextual es un único comando.

Con el fin de poder establecer una valoración orientativa del software, se establecieron los siguientes parámetros de medida para cada una de las operaciones:

| Operación | Definición parámetro(s) | Valor(es) |
|------------------------------|--|------------------|
| 1.1, 1.2 | Suma de tiempos parciales de cada zoom a cada rectángulo guía. El tiempo de cada uno se mide desde que se suelta el botón del ratón en el segundo punto del zoom de ventana, hasta que se visualiza toda la imagen ampliada. | segundos |
| 1.3 | Suma de tiempos de respuesta en cada desplazamiento. El tiempo de cada uno se mide desde que se suelta el botón del ratón una vez desplazada la imagen, hasta que se visualizan todas las imágenes. | segundos |
| 1.4 | Tiempo desde que se ejecuta el zoom a todas las imágenes, hasta que se visualizan todas. | segundos |
| 2.1, 2.2, 2.3, 5.1, 5.2, 5.3 | Tiempo que el objeto geográfico tarda en hacerse persistente en base de datos una vez que ya ha sido dibujado. También se mide el número de comandos necesarios para dibujarlo. | segundos; número |
| 3.1, 3.2 | Tiempo que tarda en visualizarse la tabla con el resultado de la consulta (en el caso de tener que hacerse en varios pasos, el tiempo es la suma de los tiempos parciales). También se mide el número de comandos necesarios para obtener el resultado de la consulta. | segundos; número |
| 4.1, 4.2, 4.3 | Suma de tiempos parciales que tardan en visualizarse todas las capas en las distintas partes de que consta esta operación. La operación 4.1 consta de 5 partes, la 4.2 de 2 partes y la 4.3 de 3 partes. | segundos |

Tabla 4: Parámetros empleados para la medida de las operaciones

A continuación se muestra una tabla con los resultados de cada operación, para cada software SIG y SGBD.

| Ope- rac. | Geomedia | | | ArcGIS | | | QGIS | | gvSIG | |
|--------------|----------|-----------------|---------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------|-----------------|
| | ráster | Pos- tgreSQL | Oracle | rás- ter | PostgreS- QL | Oracle | rás- ter | Pos- tgreSQL | ráster | Pos- tgreSQL |
| 1.1. | 0,87 | | | 0,47 | | | 0,80 | | 3,10 | |
| 1.2. | 1 | | | 0,50 | | | 0,80 | | 3,10 | |
| 1.3. | 0,83 | | | 0,53 | | | 0,83 | | 3,10 | |
| 1.4. | 0,30 | | | 0,17 | | | 0,35 | | 0,16 | |
| 2.1. | | 0,63;3 | 0,83;3 | | 3,33; 3 | 2,60; 3 | | 2,67; 4 | | 0,6; 4 |
| 2.2. | | 0,57;5 | 1,20;5 | | 4,10; 6 | 2,73; 6 | | 2,57; 7 | | 1,23;7 |
| 2.3. | | 0,77;9 | 2,73;9 | | 5,00; 6 | 3,13; 6 | | 3,13; 7 | | 2,34;9 |
| 3.1. | | 1,53;3 | 1,27;3 | | 0,87; 2 | 1,67; 2 | | 11,33;3 | | 1,12;5 |
| 3.2. | | 33,93;6 | 39;6 | | 111,97; 6 | 73,30; 6 | | 319,20; 9 | | -- |
| 4.1. | | 27,83 | 40,17 | | 62,40 | 72,37 | | 50,69 | | 101,24 |
| 4.2. | | 1 | 1,33 | | 9,70 | 9,93 | | 4,66 | | 20,66 |
| 4.3. | | 2,56 | 2,87 | | 18,70 | 17,57 | | 8,23 | | 36,21 |
| 5.1. | | 5,7; 5 | 3,40; 5 | | 5,17; 6 | 5,40; 6 | | 6,10; 7 | | 2,12;7 |
| 5.2. | | 4,20;6 | 2,70;6 | | 1,80; 7 | 2,07; 7 | | 25,30; 8 | | 3,23;1 1 |
| 5.3. | | 1,53;6 | 1,5;6 | | 5,70; 5 | 5,87; 5 | | 18,15; 7 | | 18,45; 9 |

Tabla 5: Resultados de la medida de las operaciones

2.4. Funcionalidades

A continuación se describen algunas funcionalidades del software empleado que tienen relación con las operaciones descritas en este estudio, sin que ello suponga que permiten cumplir con las premisas de este trabajo, pero que en otro flujo de trabajo similar podrían ser interesantes.

| | |
|--------------------------|--|
| | |
| 1.1. 1.2. 1.3. 1.4. | - Es posible la generación de huellas de imagen (Image Footprints) que permiten la selección de imágenes individuales a partir de una cuadrícula de éstas, sin necesidad de cargar bloques de imágenes. Sin embargo, no se han empleado en este estudio, para igualar condiciones. |
| 2.2. 2.3. 5.1. 5.2. 5.3. | - Maintain coincidence. Nos permite utilizar la geometría existente para poder dibujar entidades lineales y superficiales. Con esto se asegura que la superposición es exacta, vértice a vértice. - Escritura continua en BD. Realiza la escritura sobre la BD vértice a vértice, por lo que no es necesario “salvar” la edición una vez se hayan terminado de introducir todos los vértices de uno o varios elementos |
| 3.1. 3.2. | - Es posible la generación inmediata de consultas Query layer , que sin ser editables (no requieren de la creación y consiguiente escritura de la capa) pueden ser empleadas como paso intermedio para otras consultas espaciales más desarrolladas, como es el caso de 3.2. (Union query). En ese mismo sentido una consulta espacial (Spatial Query) permite seleccionar una capa con filtro implícito (Filter) sin tener que generarlo previamente. Otras funcionalidades que no se han empleado, pero resulta interesante comentar son; - Consultas Dinámicas. Con ellas, cuando se realiza una consulta espacial para detectar errores en las relaciones espaciales entre elementos, esta se actualiza en el momento en el que se corrige el error. - Filtro Espacial. Permiten filtrar a través de una geometría dada |

| | |
|--------------------------|---|
| | |
| 2.1. 2.2. 2.3. | - El complemento Auto Trace permite la captura de geometrías ayudándose de las existentes, con el fin de asegurar la coincidencia vértice a vértice. Sin embargo, requiere de la selección posterior del elemento insertado para la edición de sus atributos. |
| 3.2. 3.3. 5.1. 5.2. 5.3. | - Es posible la visualización del elemento con geometría cartográfica en edición con a su escala de referencia, posibilitando a la vez su transparencia. |
| 4.1. | - Es posible realizar la carga directa de la simbología asociada a los objetos geográficos cargados gracias a la existencia en Postgre de la tabla layer_styles que asigna a una capa la simbología definida en lenguaje XML y almacenada con el mismo nombre. - Es posible generar bibliotecas de simbología a partir de ficheros SLD así como su exportación |

| | |
|--------------------------|---|
| | |
| 1.1. 1.2. 1.3. 1.4. | - La visualización de las imágenes ráster directamente de un disco en red es muy rápida, pero se puede considerar el uso de accelerated raster rendering . Igualmente se puede considerar el uso de servicios cacheados con ArcGIS Server. Ninguna de estas opciones se ha usado en |
| 2.2. 2.3. 5.1. 5.2. 5.3. | - Si quisiéramos filtrar los datos vectoriales que se muestran para mejorar el rendimiento, podríamos emplear Definition query en su modalidad espacial, con filtros (where) pero estos deben crearse para cada capa manualmente. Otra opción es usar Clip to shape . La última operación establece únicamente un filtro visual y en ambos casos el rendimiento, en el entorno del estudio, es bajo. - Feature cache permite cargar en RAM datos vectoriales de la zona deseada para mejorar el rendimiento (no se ha usado en los pasos 4.2 y 4.3, si en 2.x y 5.x). - Trace junto con snapping permite hacer un seguimiento de líneas cuando se quiere crear o editar una geometría coincidente con otra. - Templates (plantillas de edición) : permiten editar más rápido al pre configurar establecer todas las combinaciones deseadas de atributos para los objetos dibujados. Evita rellenar datos manualmente, lo cual acelera mucho la edición manual. - Es posible editar elementos a la escala de referencia con lo que se visualiza el ancho del elemento cartográfico, además de ver la ubicación del trazo antiguo y la transparencia en el nuevo elemento antes de ser situado definitivamente. Otras funcionalidades que no se han empleado, pero resulta interesante comentar con: |
| 3.2. | Se pueden crear Query layer para hacer consultas espaciales SQL. Sin embargo, las capas generadas no son editables. No se han empleado en este estudio. |
| 4.2. 4.3. | Se pueden tener en cuenta los grupos de capas base, basemap layers para todas las capas de información vectorial que no vayan a ser editadas, a modo de referencia, aunque no se ha usado en este estudio. |

| | |
|-------|---|
| | |
| 1. | - Es posible generar teselas de imágenes que aumentan el rendimiento de la carga de los ráster, pero se han encontrado problemas en las zonas de solape entre imágenes y no ha sido utilizado. |
| 2.,2. | - No dispone de una herramienta específica para el auto trazado de líneas posicionándose por encima del objeto a capturar. |
| 3.2. | - Se echa en falta en las versiones de gvSIG 2 una herramienta para realizar consultas espaciales (Spatial Query Selection). Sí que existía en versiones anteriores (1.11...etc) pero para las nuevas está en fase de desarrollo. Por este motivo no aparece en la comparativa de esta fase |
| 4, 5 | - Permite generar bibliotecas de simbología personalizadas a partir de ficheros SVG. |

3. CONCLUSIONES

- El primer aspecto a reseñar al analizar la tabla de tiempos es que no parece la columna de Oracle para QuantumGIS y gvSIG. Esto es debido a que la gestión de Oracle con Quantum y gvSIG fue demasiado costosa hasta el punto de no considerarlo adecuado para su comparación con el software propietario. Posiblemente este último punto fue debido a las particularidades del entorno de este estudio, especialmente debido a las características del servidor y quizá a la ausencia de cacheado vectorial en el software *Open Source* mencionado.

- En la visualización de las imágenes, no se aprecian diferencias de rendimiento sustanciales entre distintos software (excepto en el caso de gvSIG que es sensiblemente inferior).

- Respecto a la captura vectorial (tarea 2), Geomedia presenta mejor rendimiento con la gestión facilitada por PostgreSQL, mientras que ArcGIS mejora con la gestión de Oracle. En lo que se refiere a la comparación del software de los datos se desprende que el rendimiento de Geomedia es el que ofrece los mejores resultados, seguido de gvSIG.

- En lo que se refiere al análisis semántico todo el software y SGBD presentan resultados similares, a excepción de QuantumGIS que presenta tiempos sensiblemente mayores. Sin embargo, en lo que se refiere al análisis espacial destaca que para Geomedia el comportamiento es similar entre los dos SGBD, mientras que en ArcGIS los resultados son mejores con Oracle, y globalmente peor con respecto a Geomedia.

- La visualización de elementos cartográficos ofrece resultados más similares (a excepción de gvSIG que obtiene mayores tiempos) destacando el mejor rendimiento de Geomedia, seguido de QuantumGIS y ArcGIS. En lo que se refiere a los SGBD PostgreSQL presenta mejores resultados.

- En la edición cartográfica de objetos geográficos los resultados han sido muy variados sin poder llegar a extraer ningún patrón de comportamiento.

- En lo que se refiere al análisis de “comandos empleados” el software libre requiere, por norma general, más comandos para las mismas operaciones.

Otros aspectos a considerar serían:

- Cabe señalar la siguiente aclaración en relación a las tareas de edición (2 y 5) en relación con el software ArcGIS. Por una parte, este software permite dos modalidades de trabajo; edición versionada y no versionada. En el estudio se ha empleado la primera porque permite utilizar “deshacer”. La edición no versionada no es tan compleja como la versionada, lo cual hace que los tiempos de edición mostrados puedan mejorar ligeramente.

- Una de las premisas del proyecto era utilizar la última versión del software, en este caso hemos utilizado gvSIG 2.1 ya que nos permitía la conexión a PostGIS 2.0.

- Como idea final, es muy importante tener en cuenta el proyecto en el que se va a trabajar, con el fin de seleccionar el software y el hardware más adecuado en cada caso.

4. GLOSARIO

SIG. Sistema de Información Geográfica
SGBD. Sistema Gestor de Bases de Datos
IGN. Instituto Geográfico Nacional
CEGET. Centro Geográfico del Ejército
CNIG. Centro Nacional de Información Geográfica
CSG. Consejo Superior Geográfico
SIGNA. Sistema de Información Geográfico Nacional
IDEE. Infraestructura de Datos Espaciales de España
BTN25. Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000
BTN100. Base Topográfica Nacional a escala 1:100.000
BCN200. Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000
Serie C. Serie a escala 1:100.000 del CEGET
MP200. Mapa Provincial a escala 1:200.000 del IGN
SGR. Sistema Geodésico de Referencia

5. REFERENCIAS

- [1] MERINO MARTÍN JOSE A.; GULLÓN MUÑOZ-REPISO, TANIA; RUIZ RAMIREZ, ANGELA; GONZÁLEZ MATESANZ, F.J.; SANCHEZ TELLO, Jose Luis. (2013). "BTN100/BCN200: Collaborative framework for cost optimization" (2013). ICA 2013
- [2] MERINO MARTÍN JOSE A.; GULLÓN MUÑOZ-REPISO, TANIA; RUIZ RAMIREZ, ANGELA. (2013). "Nueva Base Topográfica Nacional 1:100.000". BTN100 JIDEE 2013. http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIIDE13/jueves/47_BTN_100.pdf
- [3] Instituto Geográfico Nacional (IGN). <http://www.ign.es/ign/main/index.do>
- [4] Centro de descargas. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>
- [5] BTN100 Documentación oficial. http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/documentos/Doc_auxiliar_BTN100.zip
- [6] Geomedia. <http://geospatial.intergraph.com/products/GeoMedia/Details.aspx>
- [7] QuantumGIS. <http://www.qgis.org/es/site/>
- [8] ArcGIS. <http://www.esri.com/products/technology-topics/standards/standards-tables>
<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//002p00000001000000>
http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/A_quick_tour_of_setting_up_a_geodatabase_in_Oracle/002n00000001000000/
- [9] gvSIG. <http://www.gvsig.com/>
- [10] MERINO MARTÍN JOSE A.; RUIZ RAMIREZ, ÁNGELA; GULLÓN MUÑOZ-REPISO, TANIA. (2013). BASE TOPOGRÁFICA NACIONAL 1:100.000. Jornadas Internacionales de gvSIG 2013. http://downloads.gvsig.org/download/events/gvSIG-Conference/9th-gvSIG-Conference/articles/Article-9j_BTN100.pdf