

# Una aproximación Java al desarrollo de sistemas de información georreferenciados, patrones de desarrollos a bajo coste para trabajo en intra/internet<sup>1</sup>

M. Á. Latre, P. Álvarez, R. Béjar, Ó. Cantán, J. Valiño

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
María de Luna 3  
50015 Zaragoza, SPAIN  
{latre, alvaper, rbejar, ocantan, juan}@ebro.cps.unizar.es

**Resumen.** Este artículo presenta una aproximación en Java para el desarrollo de sistemas de información georreferenciados. Los requisitos de usuario se refieren a características del sistema como visualización y modificación SIG, interoperabilidad con información tabular, acceso concurrente distribuido para lectura y modificación de la información geográfica. El artículo muestra una estrategia que, aprovechando componentes y funcionalidades tecnológicas de base con bajo coste (base de datos, clases Java, rmi, ...), permite construir sistemas de información de prestaciones funcionales muy significativas. Lo expuesto en este artículo se ejemplifica a través del desarrollo de un sistema de información geológico-minero distribuido que se encuentra en uso por parte de la Administración Pública.

**Palabras clave.** Visualización SIG, Java, sistemas distribuidos, sistemas de información georreferenciados, inter-intranet

## 1. Introducción

El descenso continuado experimentado por el precio de la tecnología SIG en los últimos años ha hecho posible que muchas organizaciones consideren la posibilidad de utilizar SIG para proporcionar nuevos servicios. También viene siendo cada vez más habitual que la información geográfica sea gestionada por la organización de la misma forma que los datos no espaciales, integrando este tipo de información en sus bases de datos corporativas y accediendo a ella desde un entorno distribuido, tal y como hacen con el resto de la información. Igualmente, las tecnologías basadas en internet están teniendo un fuerte auge y representan una de las tendencias más fuertes en el mundo de la informática de los últimos tiempos.

Una posibilidad para distribuir información geográfica o para proporcionar acceso a esta información desde un entorno distribuido podría estar basada en la utilización de herramientas comerciales como, por ejemplo, ArcInfo de ESRI y su Motor de Base de Datos Espacial. Desarrollar un sistema de información distribuido con estas herramientas puede ser sencillo y rápido, pero el coste del sistema se eleva enormemente.

La posibilidad de dar acceso a la información de forma esporádica desde un entorno intranet y también desde internet, sugiere que Java [ECKEL98] es una buena elección como tecnología para el desarrollo de un sistema de información de estas características. Características como la portabilidad y la posibilidad de utilizar RMI como mecanismos de comunicación entre aplicaciones remotas, en lugar de otros mecanismos más complejos como CORBA, no hacen sino reafirmar la idea de la utilización de Java.

La aproximación que proponemos para el desarrollo de sistemas de información de estas características viene determinada por sus propias necesidades: un sistema distribuido y accesible desde diversos puntos debe ser construido a un bajo coste. Las bases de datos corporativas, incluyendo también la información geográfica, va a ser accedida desde distintos lugares y en diversas formas, por lo que parece lógico ubicarlas en un servidor central. Una aplicación cliente para acceder a esta información debe ser desarrollada. Para mantener un bajo costo de desarrollo, la aplicación se desarrolla integrando distintos componentes que bien proceden de sistemas de información de características similares desarrollados previamente, bien se diseñan y desarrollan con el objetivo de que también puedan ser reutilizados posteriormente. La utilización de Java como lenguaje de programación de estos componentes no sólo presenta ventajas en lo que a reutilización del software se refiere, sino también en lo que a facilidades para el acceso esporádico al sistema desde una intranet o la propia internet.

---

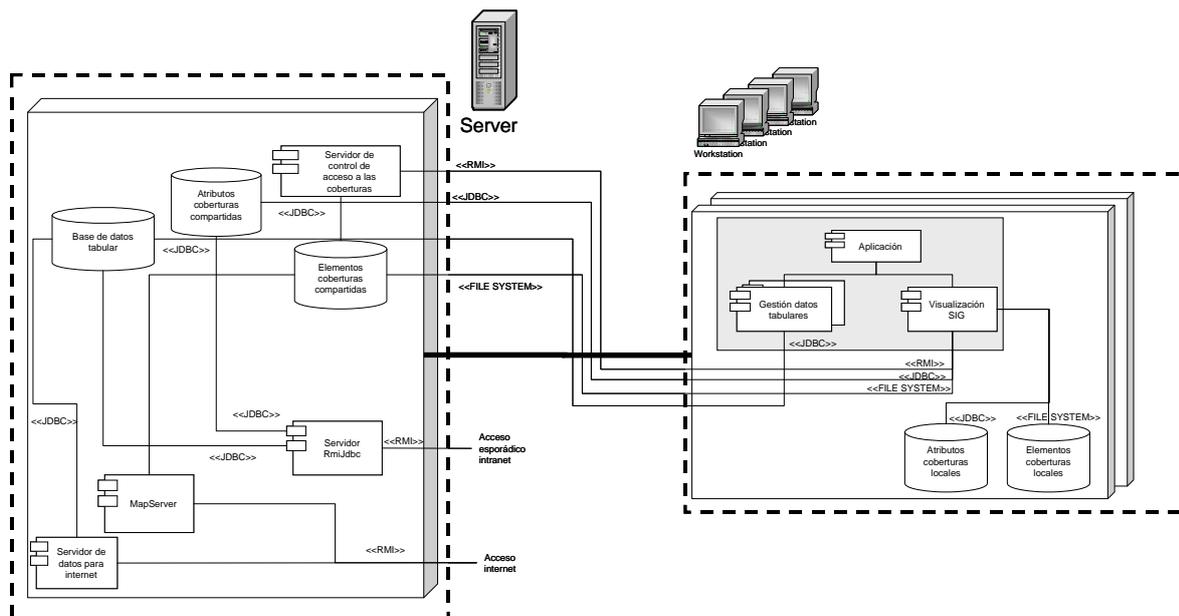
<sup>1</sup> **Agradecimientos:** La tecnología básica de este sistema ha estado parcialmente financiada por la *Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología* (CICYT) mediante del proyecto TIC98-0587.

De esta forma, este acceso se basa en la utilización de los componentes como applets y la creación de los servidores adecuados que actúen de mediadores entre la información física y los propios applets.

En este artículo se organiza de la siguiente manera: la arquitectura global de un sistema de información georreferenciado se describe en la siguiente sección. La aplicación y su componente SIG se explican con más detalle en las siguientes. El caso práctico de aplicación al desarrollo de un sistema geológico-minero y una sección de conclusiones cierran el artículo.

## 2. Arquitectura de un sistema de información georreferenciado

En la Figura 1 se muestra una posible arquitectura para un sistema de información georreferenciado que ofrece mecanismos para acceder a la información que contiene desde distintos puntos.



**Figura 1.** Arquitectura básica de un sistema de información georreferenciado.

El sistema debe trabajar tanto con información tabular como con coberturas geográficas. En nuestro enfoque, la información tabular estará centralizada en una base de datos corporativa, aunque, en función de las características concretas del sistema de información y de las capacidades del sistema gestor de bases de datos disponible, podría, igualmente, plantearse una solución distribuida. La información tabular estará disponible para ser accedida y modificada a través de JDBC [SUNJDBC].

La forma de trabajo con la información geográfica dependerá del formato en que se encuentren y de su modo de almacenamiento. En el caso de que las coberturas geográficas estén almacenadas en forma de ficheros, como es el caso del formato Shapefile de ESRI [ESRI98], la ubicación de los mismos dependerá del tipo de acceso que se vaya a realizar. Dado que el tamaño de algunos de estos ficheros de información geográfica puede ser elevado, aquellos que contienen información que no es modificada desde el entorno del sistema de información, es decir, a la que sólo se accede en modo lectura, pueden ser replicados en cada uno de los nodos que vayan a formar parte del sistema como clientes, permitiendo un acceso local que no produzca sobrecarga en la red. En el caso de los ficheros de coberturas a los que es necesario acceder tanto en lectura como en escritura desde múltiples lugares de la red, ha de prestarse atención a la concurrencia en el acceso a las mismas, garantizando la exclusión mutua en el caso de las modificaciones para evitar la corrupción de la información. Varias alternativas existen a la hora de garantizar esta seguridad en el acceso: desde utilizar los servicios de un sistema gestor de bases de datos comercial, construir y desarrollar un servidor de coberturas propio, o la que finalmente hemos adoptado, la utilización de un servidor de acceso a las coberturas. El servidor de acceso a las coberturas simplemente actúa como un semáforo, otorgando o denegando las peticiones de acceso a las coberturas compartidas por parte de los clientes, siendo estos últimos los que posteriormente deben acceder a las mismas. Esta solución, de bajo coste desde el punto de vista de económico (requiere un bajo tiempo de desarrollo y no exige el pago de licencias de software a terceros), apenas introduce ningún tipo de retardo en el acceso a la información.

El modo habitual de operación con el sistema de información consiste en utilizar una aplicación cliente desarrollada en Java. Esta aplicación se compone de varios componentes que proporcionan las capacidades para

la gestión de información y visualización SIG requeridas por el sistema. La aplicación puede funcionar tanto como aplicación individual, convenientemente instalada y configurada, o como applet ejecutable en un navegador de internet desde cualquier punto de la intranet de la administración. En el primer caso (mostrado en la Figura 1), los ficheros correspondientes a información geográfica no modificable se ubican en la misma plataforma en la que se ejecuta la aplicación.

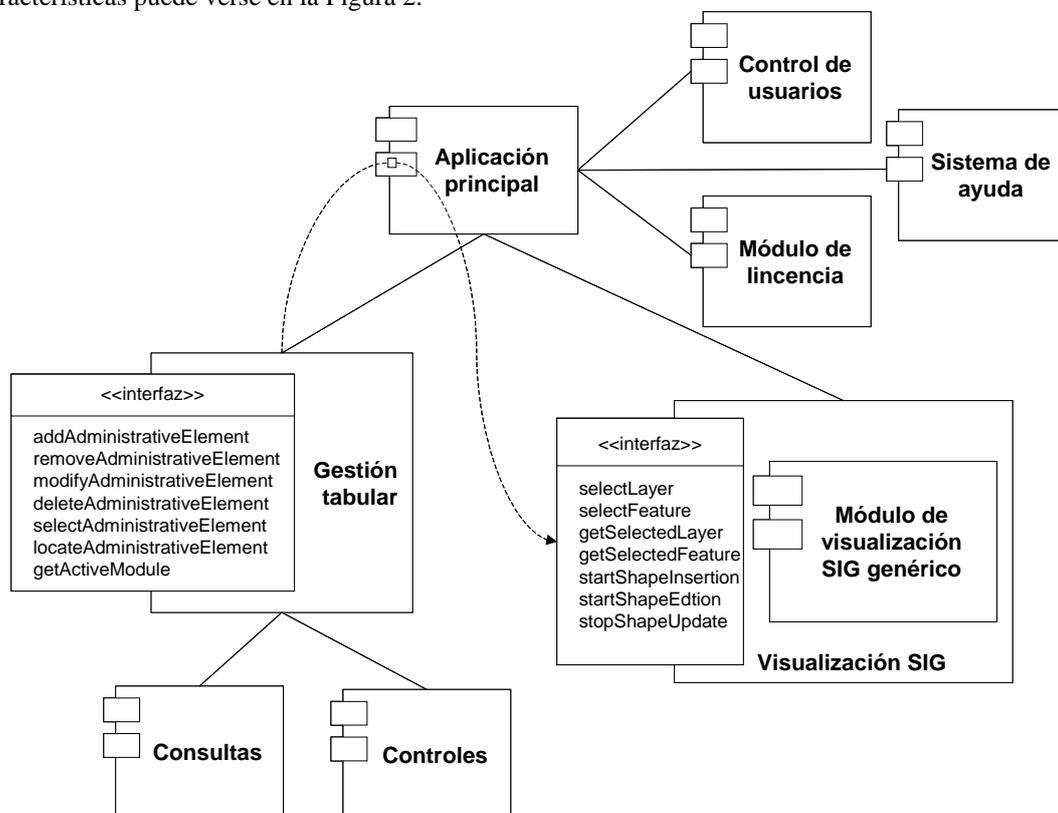
La utilización de la aplicación como applet permite el acceso a la información del sistema de forma esporádica y sin necesidad de realizar ninguna instalación previa en el cliente. El usuario tan sólo tiene que utilizar un navegador de internet y descargar el applet del servidor en el que se ubique. En este caso de utilización de la aplicación como applet, toda la información de interés en el sistema ha de ser almacenada en el servidor central y es accedida por el cliente a través de un interfaz RMI-JDBC [GIBELLO], compuesto por un servidor RMI-JDBC y un controlador RMI-JDBC que implementa el interfaz JDBC en el cliente.

Determinadas organizaciones podrían estar también interesadas en la publicación a través de la red de parte de la información del sistema, desde proporcionar al público en general acceso restringido a la lectura de ciertos tipos de información hasta permitir a ciertos individuos u organizaciones el acceso específico (lectura y/o escritura) a parte de los datos. El usuario de internet interactúa con el sistema de información a través de un navegador de internet, utilizando un applet ligero, de forma que no se requiera un gran ancho de banda. Para proporcionar este acceso, se hace uso de un servidor HTTP (que proporciona la página html que contiene el applet), un servidor de datos y un servidor de mapas [SM98] [DAVIS98] desarrollado con el objeto de poder ser fácilmente reutilizable [FBLVBM00], que proporcionan la información tabular y geográfica requerida por el applet.

Así, obtenemos un único sistema de información, que cuya información puede ser accedida en múltiples formas, cubriendo cada una de ellas necesidades específicas.

### 3. Aplicación para acceder al sistema de información

Tal y como se ha explicado previamente, la aplicación puede componerse ensamblando distintos módulos, algunos de ellos específicos para el sistema de información concreto, otros totalmente genéricos o ligeramente adaptados a la misma. Una estructura típica de los componentes que pueden formar parte de una aplicación de estas características puede verse en la Figura 2.



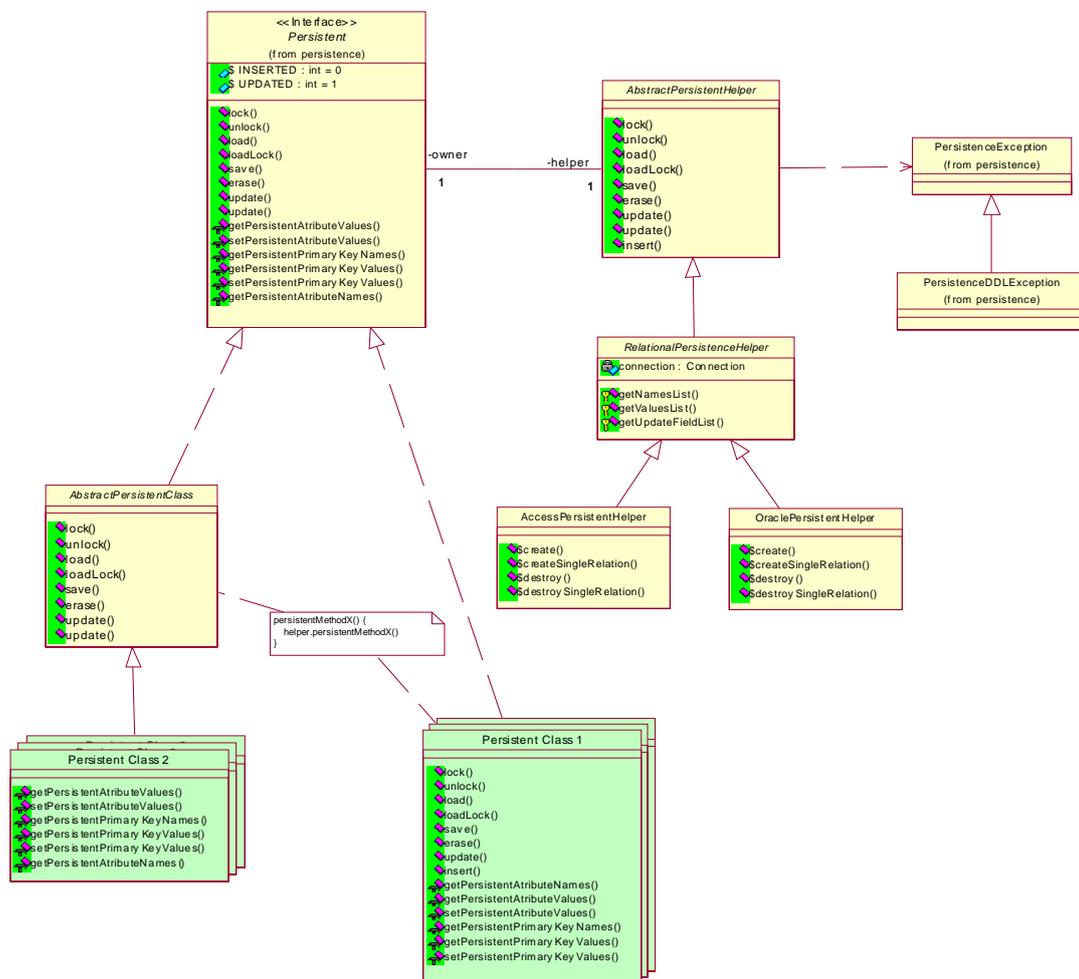
**Figura 2:** Componentes típicos en una aplicación cliente

La aplicación principal está basada en una arquitectura MDI que actúa como contenedor de los componentes que la conforman y es la responsable de establecer los mecanismos de comunicación entre ellos, proporcionado

para ello el acceso a las interfaces de cada módulo al resto de ellos y un canal de eventos, a través del cual, los módulos interesados en un determinado evento lanzado por otro módulo se suscriben a él.

La gestión de la información no espacial corre a cargo del componente de gestión tabular, que proporciona tanto la interfaz gráfica de usuario a través de la cual es posible añadir, eliminar o modificar elementos, como el modelo de dominio del problema y la lógica de negocio necesarias para realizar estas operaciones. El patrón de diseño de persistencia (Figura 3) pretende dotar a los objetos que forman parte del dominio del problema de los métodos necesarios para la salvaguarda y recuperación de los mismos hacia y desde una base de datos. El patrón utilizado está diseñado con el objeto, por una parte, de no requerir la utilización de la única línea de herencia permitida por Java; por otra, de proporcionar independencia con respecto al sistema de almacenamiento utilizado (delegando en objetos de la clase *AbstractPersistenceHelper* (Figura 3), que hagan uso de tecnologías como JDBC [SUNJDBC]) y por último, de permitir su utilización tanto dentro de una única aplicación, siguiendo un patrón de diseño *Model-View-Controller* [GHJV94] o *Model-View*, como capa del dominio del problema en una arquitectura a dos o más niveles [SG96].

Las funcionalidades del componente de gestión tabular pueden incrementarse incorporando las un módulo de consultas genérico, que permita realizar búsquedas de los elementos del sistema que satisfagan ciertas restricciones, así como obtener estadísticas básicas acerca de los elementos seleccionados. También pueden proporcionarse al usuario un conjunto de consultas predefinidas, agrupadas en un módulo de controles, que, basado en los mismos mecanismos y funcionalidades que el de consultas, permita establecer estas consultas predefinidas de forma cómoda en cada sistema de información concreto.



**Figura 3:** Patrón de persistencia utilizado para el modelo del dominio

La responsabilidad del componente de visualización SIG es la análoga a la del componente de gestión tabular, sólo que trabajando con la información geográfica del sistema. Este componente de visualización proporciona una interfaz que es utilizada por el componente de gestión tabular para gestionar la información geográfica asociada a los elementos del sistema, de forma que es posible:

- Mostrar la información geográfica asociada con un elemento de la gestión tabular o un grupo de ellos.
- Insertar, modificar y borrar la información geográfica asociada a un elemento tabular.
- Mostrar la información tabular asociada a un elemento geográfica.

Las características de este componente se describen a continuación con más detalle en la sección 4 *Componente de visualización SIG*.

Las operaciones permitidas a cada usuario dependen del nivel de acceso que este posea en el sistema, y son autorizadas o denegadas por un componente también genérico de control de usuarios, que es igualmente responsable de facilitar la gestión de los usuarios autorizados a interactuar con el sistema y los niveles de acceso de los mismos.

La aplicación se completa con módulos genéricos como el de ayuda, que habrá sido especializado para el sistema concreto, y el de control de licencia, que permite establecer un mecanismo y una política de control de licencias e instalaciones de tanto el sistema y como de la aplicación de forma genérica e independiente del sistema.

## 4. Componente de visualización SIG

Al tratarse de un sistema de información georreferenciado, la aplicación cliente del sistema de información va a tener varias necesidades de visualización o edición SIG. Mientras que algunas de ellas van a ser comunes con otro tipo de aplicaciones SIG, habrá varias de ellas que serán específicas del sistema de información concreto que se esté construyendo (Véase la sección 5.1 *Especialización del componente SIG*).

### 4.1. Un componente de visualización genérico

Las características SIG de la aplicación se basan en las del componente genérico JGISView, componente software que fue desarrollado para proporcionar capacidad SIG a las aplicaciones que lo fueran a integrar [FNCZM00][LBFAM00]. Fue desarrollado para facilitar y acelerar el desarrollo de este tipo de aplicaciones proporcionando un conjunto reutilizable de funcionalidades SIG. Permite mostrar información geográfica en mapas multicapa, navegar por ellos y obtener la información textual y numérica que tienen asociadas las distintas capas. De este modo, puede ser usado de forma inmediata en cualquier aplicación que necesite mostrar o gestionar información geográfica, también puede ser utilizado para desarrollar soluciones más complejas y específicas, utilizando las capacidades que ofrece como base o, finalmente, ser utilizado para el desarrollo de applets. Finalmente, no sólo ofrece funcionalidad SIG a la aplicación que lo utiliza, sino que proporciona también una interfaz gráfica (menús, botones, ...) para los elementos más comunes, con el objeto de facilitar una integración lo más inmediata posible. De este modo, al poseer su propia interfaz gráfica, este componente puede también funcionar como aplicación independiente.

Sus principales características son:

- Trabaja con coberturas vectoriales y ráster, pudiendo utilizar en el caso de las vectoriales distintos tipos de renderers (pintado de los distintos elementos de una capa con un símbolo único, agrupándolos por características comunes o en intervalos de valores de alguno de sus atributos numéricos, visualización de etiquetas de los elementos), para presentar al usuario la información en el modo más adecuado.
- El usuario posee las herramientas típicas para el manejo de mapas, como puedan ser zoom, panning, selección de elementos, obtención de sus atributos alfanuméricos, obtención y manipulación de la escala, herramientas para medir distancias y áreas, visualización de las coordenadas, e inserción y modificación de etiquetas.
- Esta desarrollado íntegramente en Java, por lo que es fácilmente portable.
- Para su desarrollo, se ha utilizado la tecnología de JavaBeans [SUNJB], que permite tanto su utilización desde un entorno visual, como su utilización como biblioteca de clases convencional. Como JavaBeans de interfaz de usuario se encuentran, por ejemplo, un componente leyenda, que muestra las capas que se están visualizando en un mapa, su estado de visibilidad y que permite ordenarlas; un cuadro de escala, que muestra y permite modificar la escala de visualización, y un cuadro de coordenadas, que muestra las coordenadas sobre las que se encuentra el puntero del ratón cuando éste se encuentra sobre el mapa.
- Puede acceder a servidores de mapas en internet que ofrezcan la interfaz definida por el OpenGIS Consortium en su versión 0.9 [OPENGIS99].
- Proporciona herramientas para seleccionar y modificar en las coberturas vectoriales la información geográfica (punto, línea, polígono) así como sus atributos.
- Permite al usuario modificar coberturas al proporcionar herramientas sencillas para insertar y editar elementos.

## 5. Caso de uso: un sistema de información geológico-minero

La arquitectura y aplicación descritas en las secciones anteriores han sido aplicadas en el desarrollo del Sistema de Información Geológico-Minero para una Comunidad Autónoma. Su Servicio de Minas e Investigación Minera está al cargo de la gestión administrativa de la información que poseen acerca de los derechos mineros que conceden. Una parte importante de esta información se refiere a la ubicación geográfica de los terrenos donde se conceden estos derechos, por lo que el sistema de información a desarrollar debe contar con capacidades SIG.

Este sistema de información geológico-minero tiene por objeto la integración en un único sistema de toda la información relativa a la gestión administrativa del sector minero por parte de la Comunidad Autónoma. La información que agrupa consta de la cartografía geológica de la Comunidad, derechos mineros de concesiones, autorizaciones y permisos, bases de datos e inventarios de explotaciones disponibles por la Administración Pública, así como la información directamente obtenida sobre el terreno para los aprovechamientos activos más destacados.

El sistema está enfocado a su uso por una Comunidad Autónoma con una organización basada en un organismo central que lleva la responsabilidad pero que se nutre y da servicio a distintos servicios provinciales. Tanto el servicio central como los servicios provinciales tienen acceso continuado a la información de toda la Comunidad Autónoma. Otros puntos de la administración conectados por la misma intranet también pueden acceder de forma esporádica a este sistema, al igual que los titulares de los derechos mineros otorgados pueden hacerlo a través de internet.

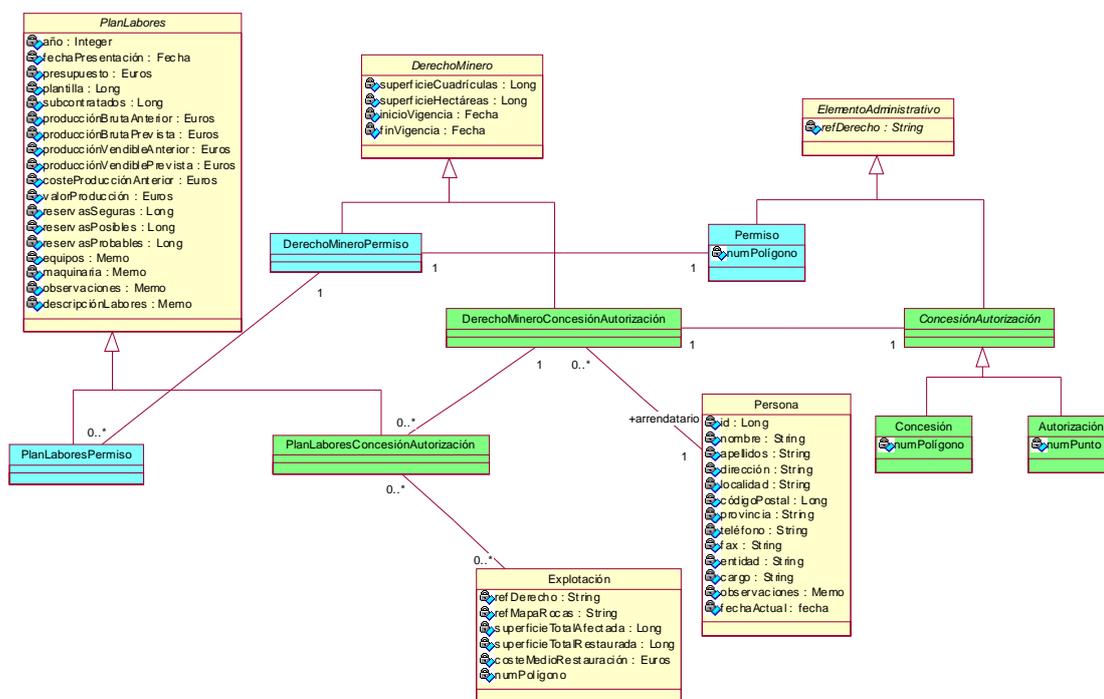


Figura 4. Parte del modelo de objetos del dominio del problema.

En la Figura 4 puede verse parte del modelo de objetos del dominio del problema correspondiente a los elementos con los que trabaja el sistema de información (concesiones, autorizaciones, permisos, datos de sus derechos mineros, datos de sus expedientes administrativos, planes de labores anuales de los derechos mineros, explotaciones mineras, plantas de tratamiento e indicios de yacimientos). Las concesiones, autorizaciones, permisos, explotaciones, plantas e indicios tienen como información geográfica asociada a ellos su ubicación física en el territorio de la Comunidad Autónoma.

La arquitectura utilizada para este sistema de información es la misma que la descrita en la Figura 1, donde las bases de datos y coberturas compartidas, junto con los servidores necesarios, se encuentran centralizados en un servidor Unix, los nodos cliente están ubicados en el Servicio Central de Minas y en los distintos Servicios Provinciales. Está también previsto que el acceso por internet se utilice para agilizar la gestión administrativa, permitiendo a los titulares de los derechos mineros tanto el acceso a la información administrativa que les

conciene como la presentación de forma electrónica de aquella información que les sea requerida por la administración, como puedan ser los planes de labores anuales.

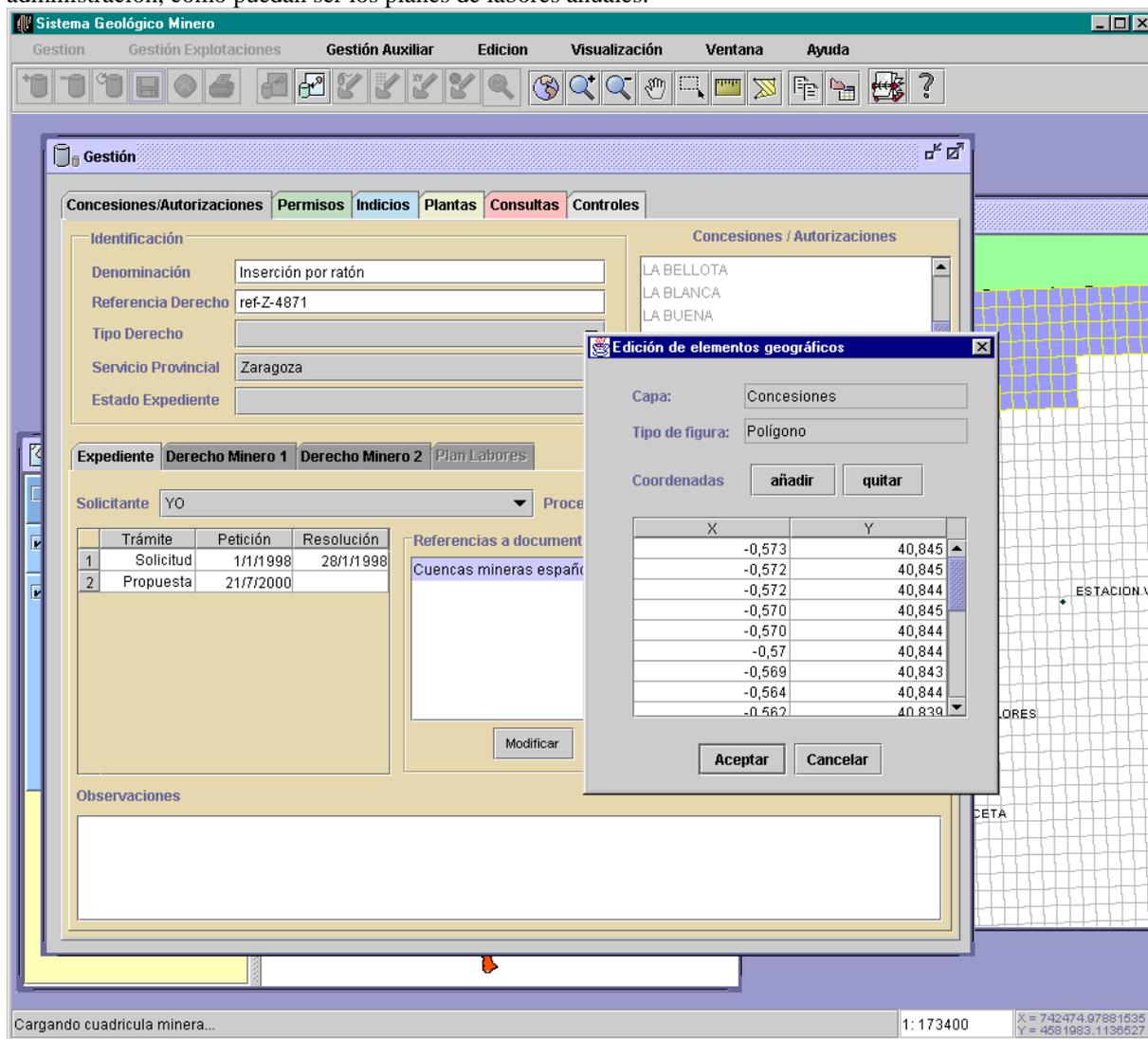


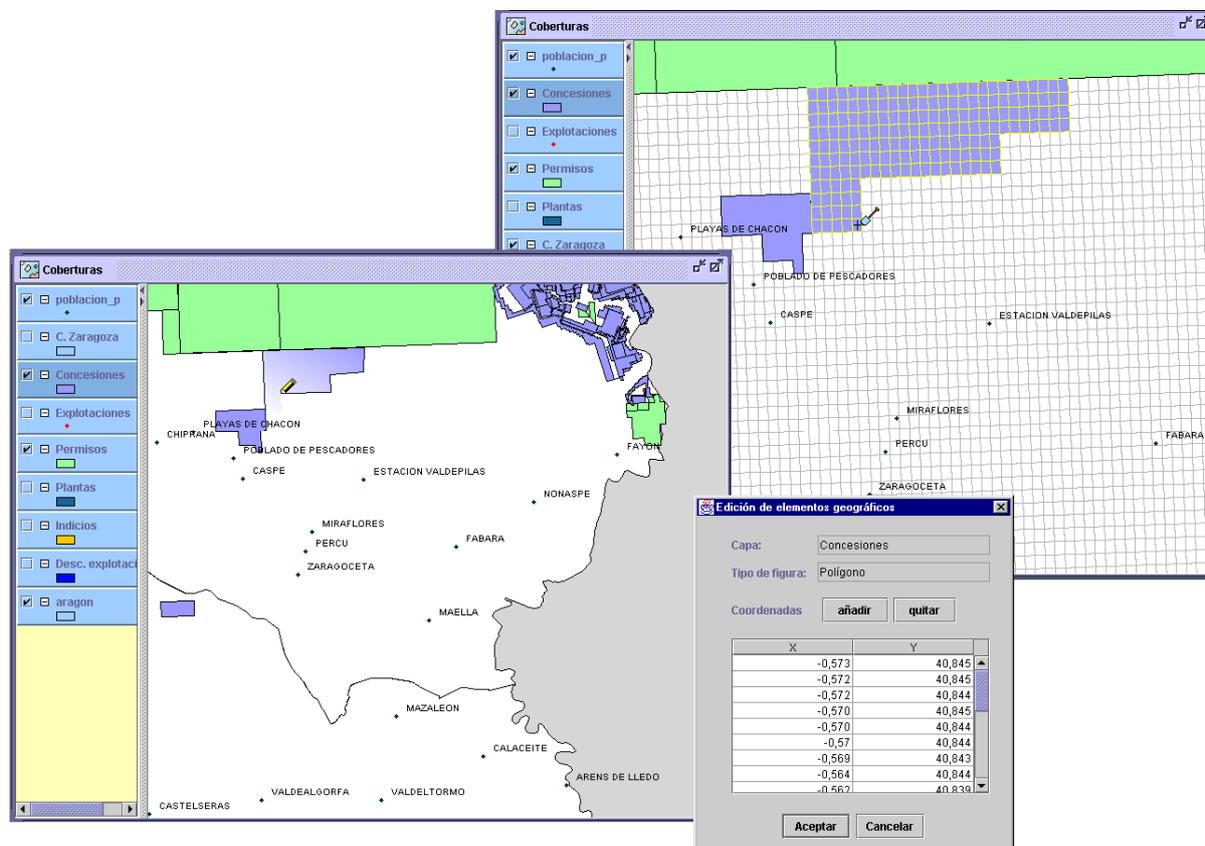
Figura 5. Interfaz gráfica de usuario de la aplicación del sistema de información geológico-minero

### 5.1. Especialización del componente SIG

El sistema de información geológico-minero tiene varias necesidades específicas que el componente de visualización genérico descrito en la sección 4.1 (*Un componente de visualización genérico*) no cubría. En particular, dado que una de las tareas más importantes que el sistema de información debe permitir es el de la adición y modificación de elementos mineros, la aplicación proporciona métodos para que el usuario pueda llevar a cabo estas tareas:

- El usuario puede insertar directamente las coordenadas de un elemento en un cuadro de diálogo, creándose o modificándose el elemento en la cobertura correspondiente. El sistema desarrollado trabaja con coordenadas en la zona 30 del sistema UTM. Como la Comunidad Autónoma se encuentra situada en las zonas 30 y 31, las coordenadas se convierten de forma automáticamente a las de la zona 30 en los casos en los que el usuario las haya introducido en coordenadas geográficas o en coordenadas UTM referidas a la zona 31 (Figura 6, abajo).
- El usuario puede dibujar sobre el mapa y con el ratón la figura del polígono que es está insertando (Figura 6, izquierda).
- Finalmente, el usuario puede hacer uso de la cuadrícula minera para realizar la inserción o modificación. La cuadrícula minera es un cuadrículado imaginario que cubre la superficie de España cada 20 segundos en latitud y longitud, y puede ser utilizada para definir elementos mineros de una forma normalizada, puesto que todas las nuevas concesiones, autorizaciones y permisos han de ajustarse a esta cuadrícula. En

este caso, la cuadrícula se muestra sobre la cobertura donde el usuario está realizando la modificación. Si el usuario está modificando un elemento existente, los cuadros de la cuadrícula correspondientes al mismo se muestran de otro color. El usuario puede, entonces, seleccionar y deseleccionar cuadrados en la cuadrícula para definir el nuevo polígono. Una vez que finaliza la edición, la aplicación convierte los cuadrados seleccionados en un polígono y los almacena en la cobertura correspondiente (Figura 6, arriba).



**Figura 6.** A la izquierda, interfaz para la inserción por ratón. Arriba, interfaz para la inserción o modificación por cuadrícula minera. Abajo, interfaz para la edición por coordenadas.

Como se ha explicado con anterioridad, la funcionalidad SIG específica se ha construido sobre la que proporcionaba el componente de visualización JGISView. En unos casos, cuando la funcionalidad es lo suficientemente genérica como para que otras aplicaciones puedan aprovecharse de ella (inserción con cuadro diálogo, inserción con ratón, conversión entre distintos tipos de coordenadas), aumentando las capacidades del JGISView. En el caso de la inserción por cuadrícula minera, se construyó por encima de éste un componente que, haciendo uso de las herramientas proporcionadas por el JGISView para la interacción con el usuario y de algoritmos para la conversión de selecciones sobre la cuadrícula a polígonos y viceversa, permite ofrecer al usuario esta funcionalidad de inserción por cuadrícula.

Una descripción más detallada de este sistema de información geológico-minero puede encontrarse en [FALBZM99] y [LBFAM00].

## 6. Conclusiones

Una aproximación general al desarrollo de sistemas de información georreferenciados, junto con su aplicación al desarrollo de un sistema de información geológico-minero, han sido presentados en este artículo. Utilizando estrategias de diseño basadas en orientación a objeto y en tecnología de componentes y un lenguaje de programación como Java es posible la construcción de un sistema de información distribuido a bajo costo.

La utilización de Java en el desarrollo de sistemas de información puede facilitar el desarrollo de un sistema de estas características en aspectos tales como:

- La implementación de los procesos servidores como, por ejemplo, el control necesario para el acceso concurrente a las coberturas y del resto de coberturas: el sistema operativo de la máquina servidora no es relevante, al ser Java un lenguaje multiplataforma y, además, se puede utilizar RMI, en lugar de una solución de un grado de complejidad mayor, como pueda ser CORBA.

- Por la misma razón, el sistema operativo en el que se ejecutan las aplicaciones clientes tampoco es un problema.
- Permite una gran reutilización el código. La aplicación cliente puede reutilizarse para un acceso esporádico realizando tan sólo pequeños cambios, como, por ejemplo, transformarla en applet.
- Debido a que la mayor parte de los navegadores de internet son capaces de interpretar este lenguaje, Java es también una buena solución para proporcionar acceso a través de internet.
- La utilización de JDBC permite la utilización de cualquier base de datos (tanto bases de datos relacionales para el almacenamiento de la información tabular como los ficheros que contienen las coberturas geográficas) que proporcione controladores para esta tecnología estándar. De esta forma, la aplicación se desliga totalmente del tipo de base de datos utilizada.

La principal desventaja de Java como lenguaje de programación procede en parte de una de sus mayores ventajas: el hecho de ser un lenguaje multiplataforma. Esto obliga a que, por norma general, el código de Java se interprete, en lugar de compilarse, siendo de esta forma más lento y con tendencia a un mayor consumo de memoria que otros lenguajes cuyo código es compilado. De todas formas, esto es cada vez un problema menor, ya que están surgiendo nuevas herramientas de optimización [ECKEL98].

## Referencias

- [FALBZM99] P. Fernández, P. Álvarez, M. Á. Latre, R. Béjar, F. J. Zarazaga, P. R. Muro-Medrano, “*Sistema de Información Geológico-Minero con Capacidad SIG*”, VIII Conferencia Anual de Usuarios de ESRI, 20-21 de Octubre de 1999, Madrid.
- [LBFAM00] M.Á. Latre, R. Béjar, P. Fernández, P. Álvarez, P.R. Muro-Medrano, “*Trying Java Technology in a Geologic-Mining Information System distributed over an inter/intranet environment*”, Proceedings TeleGeo’2000, 2<sup>nd</sup> International Workshop on Telegeoprocessing, pp. 93-101. 10-12 de mayo de, 2000 Sophia-Antipolis, Francia.
- [SM98] Alexandre Sorokine, and Irina Merzliakova. “Interactive map applet for illustrative purposes.” *Proceedings of the 6th international symposium on Advances in geographic information systems*, 1998, Pages 46-51.
- [DAVIS98] Davis, Frank G. F. et al. “Wyoming Geological Database: an Internet Map Server Application.” *ESRI International User Conference*, 1998
- [FBLVBM00] P. Fernández, R. Béjar, M.Á. Latre, J. Valiño, J.Á. Bañares, P.R. Muro-Medrano, “*Web mapping interoperability in practice, a Java approach guided by the OpenGis Web Map Server Interface Specification*”, EC-GIS 2000, 6th European Commission GI and GIS Workshop, Lyon, France, 28-30 de junio de 2000.
- [ESRI98] Environmental System Research Institute. “*ESRI Shapefile Technical Description*.” ESRI White Paper, July 1998.
- [SUNJDBC] Sun Microsystems, Inc. “*JDBC API Documentation*.”
- [SUNJB] Sun Microsystems, Inc. “*JavaBeans API specification v 1.01*”.  
<http://java.sun.com/beans/docs/spec.html>
- [GIBELLO] Gibello Pierre-Yves. “*A client/server JDBC Driver based on Java RMI*.”  
<http://dyade.inrialpes.fr/mediation/download/RmiJdbc/RmiJdbc.html>
- [ECKEL98] Eckel, Bruce. “*Thinking in Java*.” Prentice Hall PTR, 1998.
- [GHJV94] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides: *Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Publishing Company (1994).
- [SG96] M. Shaw, D. Garlan, “*Software architecture. Perspectives on an emerging discipline*”, Prentice-Hall, 1996.
- [FNCZM00] P. Fernández, J. Noguerras, O. Cantán, J. Zarazaga, P. R. Muro-Medrano, “*Java Application Architectures to Facilitate Public Access to Large Remote Sensed and Vector Geographic Data*”. Proceedings of the Second International Symposium on Telegeoprocessing (Telegeo 2000) pp 81-91.