

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

LATRE ABADÍA, Miguel Ángel; MIGUEL SAUCO, Raquel;
MURO-MEDRANO, Pedro. R.

*Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Zaragoza*

*María de Luna 1, 50018, Zaragoza
latre@unizar.es*

Palabras clave: Inventario de puntos de agua, sistema de información, sistemas de información geográfica, interoperatividad, difusión de información.

RESUMEN

Este artículo presenta el actual sistema de información de puntos de agua (IPA) utilizado en la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro y las modificaciones que está sufriendo con el objeto de adecuarse a los requisitos impuesto por la Directiva Marco del Agua. El sistema de información se encuentra operativo dentro de dicha Oficina, forma parte del flujo de trabajo interno de la OPH y es intención de la misma proveer acceso al mismo de forma remota a otras entidades y organizaciones que puedan estar interesadas en la consulta de dicha información, así como incluir en el mismo sistema la gestión de la información relativa la DMA.

El sistema se basa en la integración en un único sistema de información de distintos componentes, algunos de ellos comerciales, otros desarrollados en Java por los autores, que operan entre sí utilizando estándares de comunicación abiertos. Asimismo, el sistema también se basa en la posibilidad de utilizar estándares que permiten la inclusión de funcionalidad menos específica, pero que reducen los requisitos y costes de instalación y de acceso a datos por parte de los usuarios.

EL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA EN LA ACTUALIDAD

La Oficina de Planificación Hidrológica (OPH) de la Confederación Hidrográfica del Ebro mantiene un inventario de más de 50.000 puntos de agua de naturaleza tanto superficial como subterránea, describiendo distintos aspectos hidrogeológicos y administrativos de los mismos y que es utilizado de forma habitual en los procedimientos de la OPH, como pueda ser la información favorable o desfavorable de solicitudes de explotación de puntos. La información que se almacena por cada punto incluye características básicas del punto, tanto espaciales como relativas a su naturaleza y la fuente de información, así como datos de perforación, revestimiento, columna litológica, piezometría, hidrometría, hidroquímica, equipos de extracción, ensayos de bombeo, tratamientos especiales, explotación y fotografías (Tabla 1). Todos ellos están georreferenciados, relacionados con otras coberturas geográficas y con los datos de los expedientes administrativos en que pueden agruparse en el caso de que estos puntos sean explotados. El sistema de información se integra en el

flujo de trabajo administrativo de la Oficina de Planificación Hidrológica a través de la introducción de la información, consulta de la misma y de la generación automática de informes o borradores de informes de tipo hidrogeológico o administrativo.

La gestión del inventario de puntos de agua incluye formas comunes de crear y modificar los datos tabulares con capacidades para mostrar gráficamente sus características espaciales, tales como localización, forma y coberturas relacionadas como ríos, cultivos o municipios. La gestión del inventario debe ofrecer diferentes vistas de la información necesitadas por el personal durante el ciclo de vida de un punto. Conjuntamente con esto, deben generarse algunos informes relacionados con las etapas del ciclo administrativo. La arquitectura del sistema puede verse en la Figura 1.

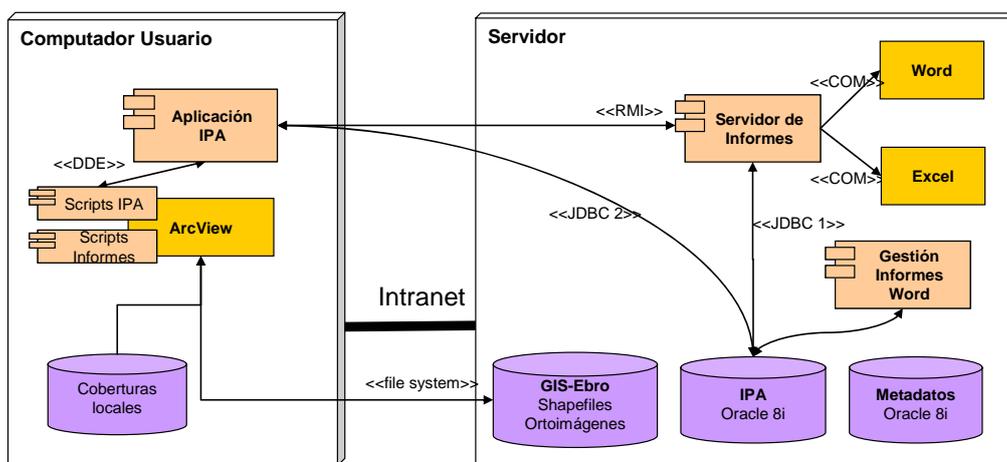


Figura 1. Arquitectura del sistema de información IPA

La información del inventario se viene recopilando de forma sistemática desde la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1985, momento en que se tomó como base el inventario elaborado por el IGME. Dicha información se encontraba almacenada originalmente en una base de datos Access que se agrupó posteriormente con los datos relativos a puntos de agua de naturaleza superficial, cuya gestión terminó unificándose en una única base de datos [Arqued et al, 1999]. Desde el año 2002, los datos se encuentran almacenados en una base de datos Oracle, que se encarga de almacenar y localizar de forma eficiente los datos y que se encarga asimismo de asegurar la integridad de los mismos, ya sea a través de restricciones estáticas (campos obligatorios, referencias existentes a otro tipo de información almacenada en la base de datos) o dinámicas (evitar la inserción o modificación de información que viole las restricciones lógicas o de calidad que se han establecido).

Tipo de información	Superficial	Subterráneo	Total
Puntos de agua	19118	33913	53031
Perforación	5	15792	15797
Revestimiento	5	18534	18539
Tratamientos especiales	---	432	432
Equipos instalados	2883	19780	22663
Ensayos de bombeo	1	4308	4309
Explotación	1373	24984	26357

Litología	11	31136	31147
Hidroquímica	8544	25234	33778
Fotografías	3059	11973	15032
Piezohidrometría	16209	147325	163534
Expedientes	16620	12208	28828

Tabla 1. Tipo y cantidad de información almacenada en el Inventario de Puntos de Agua

La información de la base de datos se accede y se mantiene a través de una aplicación desarrollada en Java. Las responsabilidades de ésta incluyen, por una parte, el acceso y la actualización de la información tabular relativa a los puntos de agua y a la de los expedientes que la integran, permitiendo la gestión (alta, baja, consulta y edición) de los puntos de inventario y expedientes administrativos, así como la gestión de las relaciones entre éstos. También permite la consulta y selección de grupos de puntos o de expedientes. Asimismo, es el encargado del control de usuarios y permisos, validando a partir de la información de usuario del sistema operativo el grado de acceso al sistema que el usuario va a tener (lectura o lectura y escritura, inventario o inventario y expedientes, por ejemplo). El aspecto gráfico de la interfaz gráfica de usuario puede verse en la Figura 2.

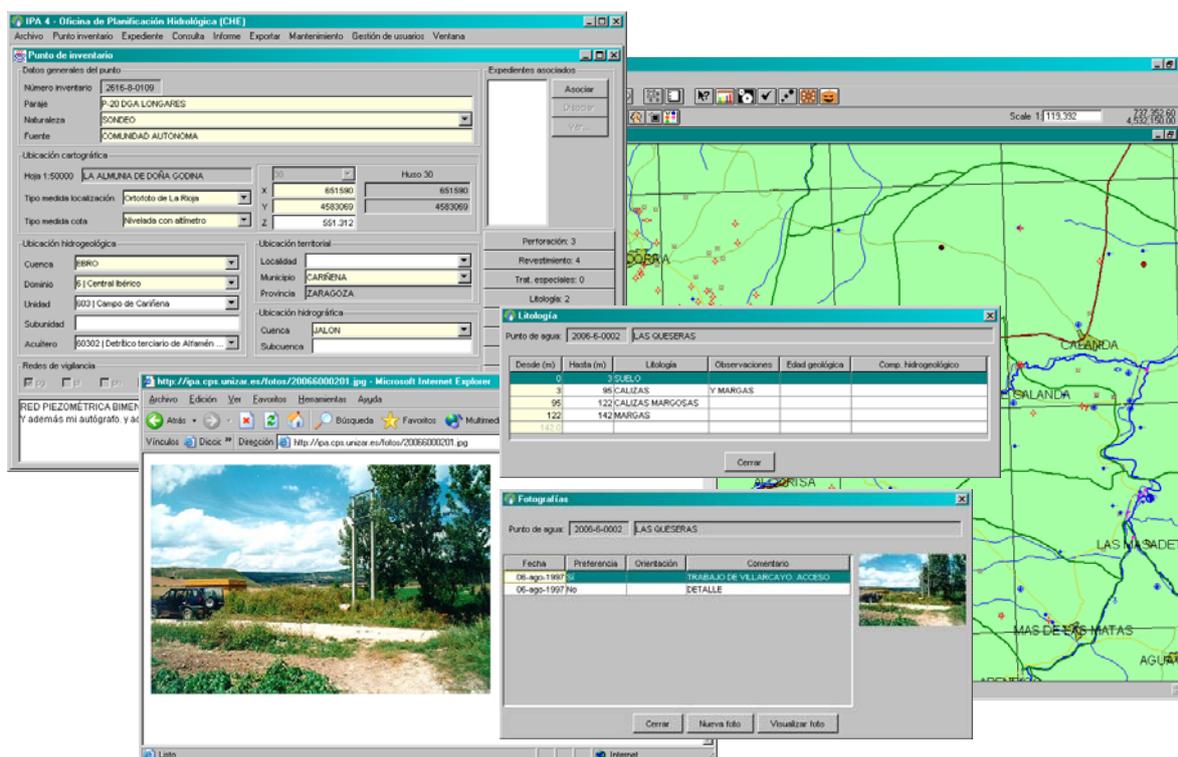


Figura 2. Algunas pantallas de la interfaz gráfica de usuario del IPA y la herramienta externa de visualización SIG.

La aplicación cliente del IPA es también la encargada de establecer los mecanismos de comunicación y coordinar esta última con una herramienta GIS desde la que se visualizan y editan los aspectos relativos a información geográfica del inventario. En el caso de la Oficina de Planificación Hidrológica, esta herramienta externa

es *ArcView 3* (Figura 2). El cliente se comunica con esta herramienta *SIG*, permitiendo a los usuarios trabajar de forma gráfica con los puntos del inventario (insertando nuevos puntos o rectificación de la ubicación de puntos ya existentes). Dado que las coordenadas de los puntos de agua se almacenan en la base de datos central, cuando un usuario desea utilizar una herramienta *SIG* como *ArcView* para trabajar con un punto o un conjunto de ellos, el cliente genera un fichero local en formato *shapefile*, que puede ser utilizado del modo habitual, coexistiendo con otro tipo de coberturas. Cuando se produce una modificación de la cobertura, la aplicación IPA recibe una notificación de *ArcView* y procede a actualizar el contenido de la base de datos.

El sistema se completa con un servidor de informes que se encarga de generar de forma automática aquellos informes o borradores de informes que, por sus características, requieren de un alto grado de interacción con la base de datos o la interacción con otros componentes que sólo interesa que sean ejecutados en un único lugar. El servidor interroga la base de datos, analiza los resultados y combina la información para generar un informe final cuyo fichero se ubica en un directorio accesible por la aplicación cliente, recibiendo el cliente una *URL* al informe que puede abrir utilizando la aplicación predeterminada. Dado que generalmente no se trata de un informe interno, sino de una resolución oficial, no es posible generar un informe totalmente finalista, sino que suele ser necesario un trabajo posterior sobre el mismo. Es por esto por lo que el documento se genera en el formato que mejor se ajuste al proceso de edición posterior (*Word, Excel, ArcView*).

En función de la complejidad del informe que deba ser generado, podemos distinguir dos tipos de informes: estáticos o dinámicos. Los primeros, relativamente sencillos de construir, cuentan con una estructura fija predeterminada, cuyos campos se rellenan utilizando una consulta que puede ser más o menos compleja con parámetros predefinidos a la base de datos. Dentro de esta categoría se incluyen las ficha en formato PFD o Excel de un punto o grupo de puntos de agua; los informes de estadísticas sobre totales a partir de los expedientes asociados a un punto o conjunto de puntos; la carpeta física del expediente; y gráficas de piezometría o hidro-metría (Figura 3, izq.).

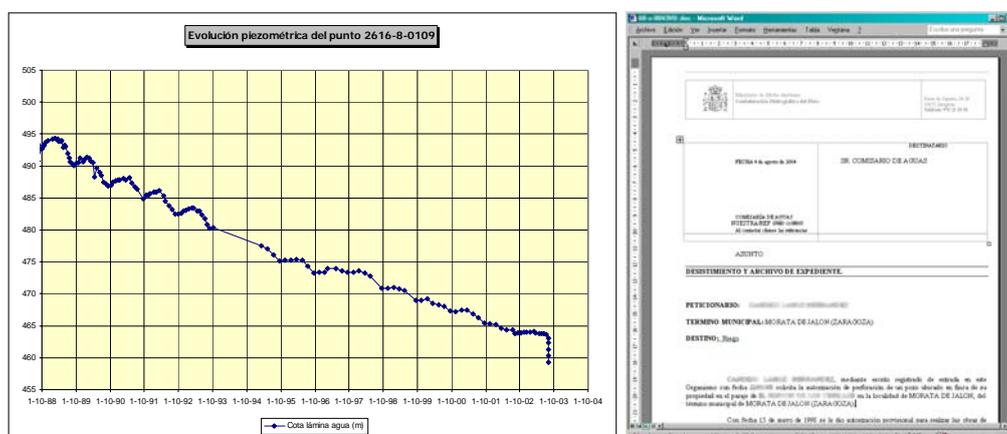


Figura 3. Algunos informes del IPA: Piezometría (izq.) y borrador de resolución (dra.)

La característica principal de los informes dinámicos es, por el contrario, que su estructura final no está fijada de antemano, sino que se determina en tiempo de ge-

neración del informe, dependiendo de su contenido específico. Este tipo de informes es de naturaleza administrativa y puede combinar la información de más de un punto de agua. Están estructurados en forma de secciones y párrafos que aparecen en el informe o no dependiendo de la naturaleza del expediente y de los puntos de agua asociados al mismo. El personal de la OPH puede determinar, con la ayuda de una aplicación de configuración complementaria al IPA, la estructura global del documento, las condiciones que deben cumplir los expedientes o sus puntos asociados para las distintas secciones o párrafos deben aparecer, el texto y gráficos específicos de la resolución administrativa así como la información procedente de la base de datos que debe figurar en ellos (Figura 3, dra.).

AMPLIACIONES DEL SISTEMA

La aplicación de la Directiva Marco del Agua plantea nuevos retos en lo que a gestión de información hidrogeológica se refiere, derivados de los nuevos conjuntos de datos que su aplicación conlleva. Como parte de la Estrategia Común de Implementación de la DMA (CIS) [Water Directors, 2001, 2003], se formó, entre otros, un grupo de trabajo GIS (GIS-GW) con el objetivo de proporcionar orientación común para implementar los elementos GIS, presentando un conjunto de buenas prácticas que pueden seguirse voluntariamente por los organismos encargados de aplicar la DMA [Vogt, 2002]. Estas prácticas, llevadas hasta el extremo, deberían conducir a la creación de una infraestructura de datos espaciales capaz, no sólo de cumplir con los requisitos de la DMA, sino también con los principios y objetivos de la iniciativa INSPIRE [INSPIRE] [JRC, 2002].

La iniciativa *IN*fraestructure for *S*patial *I*nfoRmation in *E*urope (INSPIRE) nació en noviembre de 2001, y tiene como objetivo principal la redacción de legislación europea, ordenando a los estados miembros que creen las bases necesarias de las Infraestructuras de Datos Espaciales en temas ambientales. INSPIRE, en estos momentos se encuentra en un estado de Propuesta de Directiva por parte de la Comisión Europea. A medio y largo plazo, la implementación de elementos SIG en el ámbito de la DMA es previsible que se realice en una estructura distribuida de acuerdo con las recomendaciones de INSPIRE, tal y como recogen las sugerencias del Grupo de Trabajo sobre SIG de la Estrategia Común de Implantación.

Incorporación de GIS-Ebro al sistema

Como resultado de los desarrollos para cumplir con la DMA, se está modificando la estructura del conjunto de información geográfica gestionado por la OPH, conocido como GIS-Ebro [Arqued et al, 2001], pasando de un modelo basado actualmente en coberturas y shapefiles, a un modelo orientado a objetos (*features*) y almacenado en la misma base de datos relacional que el IPA. La siguiente tabla muestra el tipo de datos que forman parte de GIS-Ebro o que formarán parte de él una vez se hayan incluido los datos del informe de la DMA.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Demarcación hidrográfica• Subcuencas• Autoridades competentes• Masas de aguas superficiales (ríos, embalses, zonas húmedas y otros) |
|--|

<ul style="list-style-type: none">• Segmentos de ríos y red hidrográfica conexas• Masas de agua subterráneas• Geología• Ecorregiones• Zonas protegidas• Estaciones de medida operacionales, de investigación y de referencia de aguas superficiales y subterráneas• Puntos de extracción de agua potable desde aguas superficiales• Estado, potencial ecológico y estado químico de aguas superficiales• Red de medida química operacional, química de vigilancia y de niveles de aguas subterráneas• Áreas de protección de agua potable y perímetros de protección• Áreas de protección de especies acuáticas económicamente significativas• Aguas recreacionales• Áreas sensibles y vulnerables a los nutrientes• Áreas de protección de hábitat, de aves y de la vida piscícola• Estatus de las áreas protegidas• Usos de suelo CORINE• Regadíos y parcelas de regadío• Modelo digital del terreno• Núcleos urbanos• Transporte
--

Tabla 2. Coberturas de GIS-Ebro

Previamente a la incorporación de GIS-Ebro a la base de datos, se ha elaborado un modelo conceptual que pretende integrar toda la información gestionada actualmente por la OPH, junto con la relativa a la Directiva Marco del Agua, tomando como base el modelo conceptual del IPA, el modelo implícito utilizado por las coberturas del GIS-Ebro, el modelo propuesto por el Grupo de Trabajo GIS del CIS en el documento guía [Vogt, 2002] y los trabajos del GIS Water Resources Consortium [Davis et al, 2000]. El modelo final se compone de cerca de 75 clases, 50 de ellas espaciales [Latre et al, 2004].

Una vez elaborado el modelo, se está procediendo a integrar esta información en la base de datos Oracle. A la información del IPA se le ha añadido la de la mayor parte de las coberturas de GIS-Ebro, realizando las transformaciones adecuadas de acuerdo con el modelo conceptual planteado y estableciendo las relaciones adecuadas entre ellas aprovechando que ahora residen en la misma base de datos. La información generada por otras actividades de la adaptación a la DMA se irá incorporando a la base de datos conforme se vaya obteniendo. El modelo de almacenamiento elegido permite, además, la posibilidad de contemplar distintas geometrías para las entidades geográficas, ya sea porque la geometría provenga de distintas fuentes, o sean más o menos adecuadas para su representación a distintas escalas.

El resultado va a ser un conjunto de información más cohesionada, donde existen referencias explícitas entre datos que están relacionados, posibilitando, así mismo, una gestión integrada de toda la información: misma política de copias de seguridad y control de versiones, posibilidad de utilizar las mismas herramientas y aplicaciones para acceder tanto al inventario como a la información de GIS-Ebro,...

Una vez que los datos residan en la base de datos, existirá la necesidad de proporcionar mecanismos de exportación de los datos almacenados en la base de datos a otros formatos. La aplicación cliente del IPA dispondrá de un módulo independiente que permitirá la exportación de los datos a formato shapefile. Igualmente, se está trabajando en la inclusión en la aplicación del IPA de un pequeño visualizador de información geográfica desarrollado en Java para la visualización directa del contenido de la base de datos en la propia aplicación del IPA. Dicho visualizador permitirá incluso la edición de la información de la misma, de forma análoga a como se viene utilizando la aplicación externa SIG. Ambos modos de funcionamiento pueden ser compatibles y mantenerse mientras sea necesario.

Inclusión de otros inventarios

Está previsto aumentar la capacidad de gestión del IPA incorporando en la misma base de datos y accediendo desde la misma aplicación a otros inventarios, como azudes, balsas, parcelas de regadío, centrales eléctricas y piscifactorías, recogiendo las relaciones existentes entre estas infraestructuras, los puntos de agua que pueden resultar afectados y los expedientes administrativos involucrados.

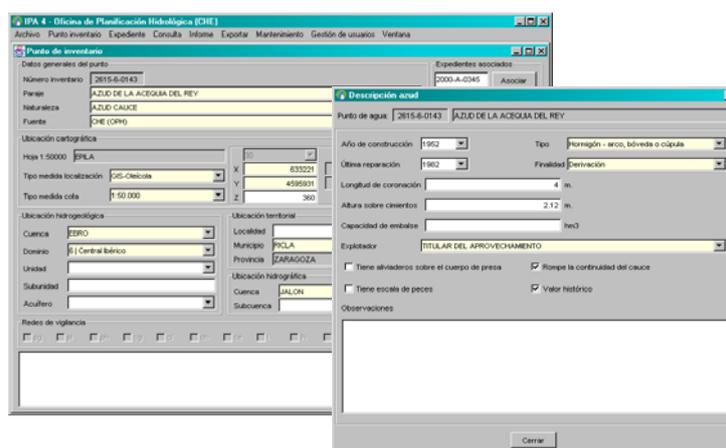


Figura 4. Interfaz gráfica de usuario para la gestión de azudes

La parte relativa a los azudes ya está realizada y en uso. Actualmente, se está trabajando en la inclusión de inventarios de centrales eléctricas y piscifactorías.

Acceso al sistema desde el exterior de la CHE

El sistema de información del Inventario de Puntos de Agua ha sido recientemente abierto al acceso desde el exterior, de momento, por empresas subcontratadas con el objeto que puedan reflejar en el sistema los resultados de la misma sin necesidad de acudir físicamente a las oficinas de la CHE. Así mismo, también será posible su utilización por el personal de otras administraciones públicas, como es el caso de las Comunidades Autónomas. El cliente para el acceso desde internet tiene la misma interfaz gráfica que el utilizado dentro de la OPH, aunque optimizado para su utilización en internet, tratando de minimizar el flujo de datos necesario para su funcionamiento.

El acceso remoto a la información geográfica plantea mayores problemas que el de acceso a la información tabular, debido al tamaño de la misma. Los conjuntos

de información geográfica son más voluminosos que los de información tabular y, además, en el caso de visualización, la cantidad de estos conjuntos de información es mayor, dependiendo del área de visualización con la que se desee trabajar.

Una posible solución para minimizar estos problemas pasa por utilizar una arquitectura basada en servicios como la que propone INSPIRE [Harrison, 2002]. Esta solución, no sólo permite resolver este problema específico de acceso a información geográfica, sino que abre un amplio abanico de posibilidades en lo que a distribución y gestión de la información geográfica se refiere, tanto a público en general como a grupos específicos de usuarios de información geográfica. La Figura 5 muestra la arquitectura de servicios que puede resultar de la aplicación de las ideas que propone INSPIRE para el desarrollo de Infraestructuras de datos espaciales al sistema de información de la OPH.

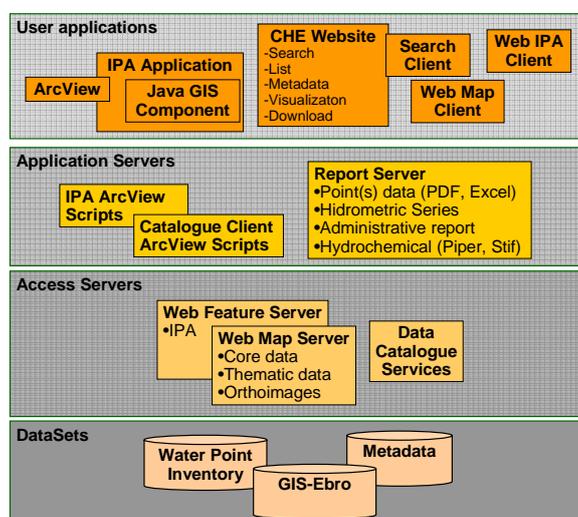


Figura 5. Arquitectura de servicios para la OPH

Los servicios (con interfaces de acceso estándares [OpenGIS]) que forman parte de una Infraestructura de Datos Espaciales basada en una arquitectura de servicios pueden adscribirse a una de las siguientes categorías: servidores web de geentidades (*web feature services*, WFS), capaces de proporcionar, a partir de una consulta, los datos de entidades geográficas necesarias en formatos como el GML; servidores web de mapas (*web map services*, WMS), capaces de proporcionar el mismo tipo de información, pero en formato de imagen JPEG o GIF, para poder ser visualizadas directamente; servidores web de coberturas (*web coverage services*, WCS) capaces de proporcionar la información en forma de cobertura ráster; e interfaz para consulta a catálogos (*catalog interface*, CAT), que define una interfaz común de acceso a la metainformación proporcionada por servidores de catálogo.

Así, utilizando servidores de mapas, la visualización de información geográfica puede realizarse sin necesidad de disponer localmente de la información que resida en el servidor y sin necesidad de descargarla en todo o en parte, debido a que el elemento de comunicación entre servidor y cliente remoto se limita a imágenes. Las peticiones desde los clientes se procesan en el servidor, que accede localmente toda la información geográfica que haga falta, para enviar finalmente una imagen al cliente, que la mostrará al usuario. El cliente solicitará nuevas imágenes al servidor

de mapas conforme el usuario realice actividades habituales en la visualización SIG, como zooms y movimientos.

La utilización de estos servicios no necesariamente tiene que limitarse para su utilización en la aplicación del IPA por parte de empresas subcontratadas y otras administraciones públicas. Es posible construir páginas web (y colgarlas en el portal de la OPH, <http://www.oph.chebro.es>) que permitan acceder a dichos servicios y, de este modo, proporcionar funcionalidad básica al público en general e incluso abordar los mecanismos de intercambio de información con la Comisión Europea (aunque sea únicamente a nivel de cuenca en lugar de a nivel de todo el Estado español) que se proponen para el largo plazo en el documento guía SIG. Esta estrategia permite el acceso a la información geográfica sin necesidad de disponer en el cliente ni de los datos ni de software específico para procesarlos, únicamente a través de una conexión a internet y de un navegador que permita ejecutar código Java o JavaS-crypt. (Figura 6)

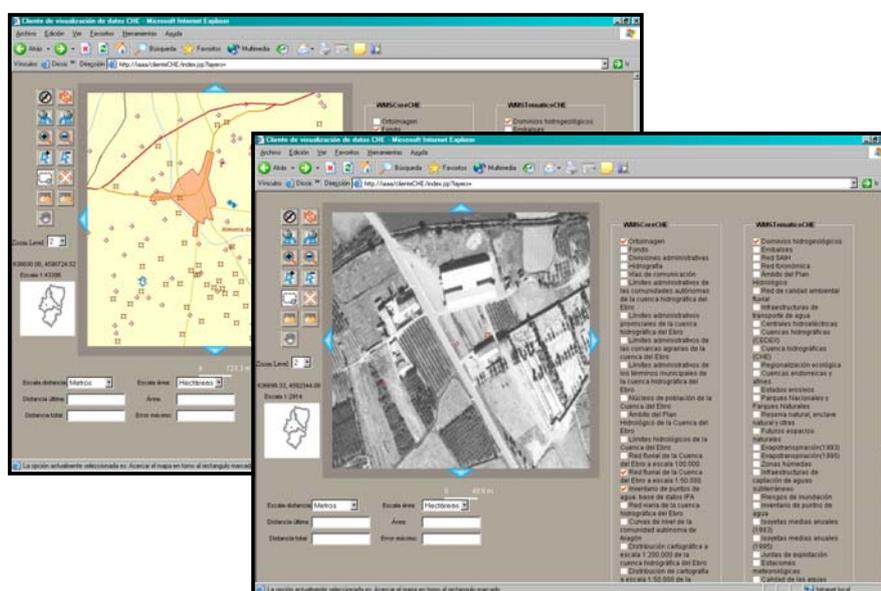


Figura 6. Clientes web de acceso a servidores estándar

La utilización de una arquitectura basada en servicios facilita no sólo el cumplimiento de las recomendaciones de intercambio de información con la Comisión Europea en el ámbito de la DMA, sino que también habilita un mecanismo más eficiente para el mantenimiento de la funcionalidad existente actualmente en la CHE que vaya a verse afectada por el cambio en el modo de almacenamiento, así como para el aumento de funcionalidad y aplicaciones de la misma.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha presentado el sistema de información del Inventario de Puntos de Agua operado por la CHE, así como las modificaciones y ampliaciones que se están llevando a cabo en el mismo dentro del marco general de la aplicación a la Directiva Marco del Agua. El sistema de información está en permanente evolución, guiado actualmente por los objetivos que aquí se han presentado.

El sistema de información se encuentra operativo dentro de dicha Oficina desde el año 2002, y parte de los objetivos a corto plazo en cuanto a la evolución del mismo pretendemos que sean alcanzados atendiendo a dos hitos a lo largo de este año 2004: finales de septiembre o principios de octubre (VIII Simposio de Hidrogeología y la Tercera Reunión Técnica con las CC. AA. para impulsar la implantación de la DMA en la cuenca del Ebro) y diciembre (fecha de entrega del primer informe de la DMA a la Comisión Europea).

AGRADECIMIENTOS

La tecnología de base de este trabajo ha estado parcialmente financiada por el proyecto TIC2003-09365-C02-01 del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arqued Esquía, V.M., Margelí Aguilar, M., Pardo Blanco, F., Bescós Roy, B. García Vera, M. (1999): *La base de datos IPA. Un inventario de puntos de agua de la cuenca del Ebro*. Congreso nacional de ESRI. Madrid.
- Harrison J. (2002): OGC Web Services: Geoprocessing and the New Web Computing Paradigm. Geoinformatics.
- OpenGIS Consortium Home Page. <http://www.opengis.org>
- Arqued Esquía, V. M., Losada García, J. A., Zarazaga Soria, F. J. (2001). *El sistema de información GIS-Ebro. Metadatos y catálogo de datos geográficos*. Bole.tic, septiembre – octubre 2001.
- Latre, M.Á., Álvarez, P. J., Béjar, R., Muro-Medrano, P.R. (2004). *Integrating Legacy Systems and the GIS Elements of the Water Framework Directive into a Spatial Data Infrastructure*. 10th EC-GI&GIS: ESDI: The State of the Art, Varsovia (Polonia) 23-25 de junio de 2004.
- Davis, K., Whiteaker, T., and Maidment, R. (2000). *Definition of the Arc Hydrology Data Model*. GIS in Water Resources Conference, University of Texas at Austin 23-25 February, 2000. <http://www.crrw.utexas.edu/giswr/resources/library/archydro.pdf>.
- INSPIRE. The Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) initiative homepage, <http://www.ec-gis.org/inspire>.
- INSPIRE. Propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad, <http://inspire.jrc.it/proposal/ES.pdf>
- Vogt, J. (ed.). (2002). Guidance Document of Implementing the GIS Elements of the Water Framework Directive, *European Communities* http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/guidance_outcome/wg_gis_guidance/ EN 1.0 &a=d.
- Water Directors (2001). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Strategic Document. <http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/strategy.pdf>
- Water Directors (2003). Carrying forward the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Progress and Work Programme for 2003 and 2004. <http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/strategy2.pdf>