

## SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

*Elena Conti Giménez-Frontín\**

*Isabel Cabezón González\*\**

*Rui Rendas da Silva\*\*\**

### Resumen

Este artículo describe la puesta en funcionamiento de una herramienta de información geográfica para la gestión y planificación de recursos hídricos de Cataluña desarrollada mediante plataformas OpenSource. Esta herramienta ha de permitir responder a sucesos extremos como la sequía, facilitando de manera intuitiva y rápida elementos de evaluación y toma de decisiones. Este Sistema de Información Geográfica (SIG) de gestión de los recursos hídricos se ha desarrollado para obtener resultados a medida del cliente. Su interfaz ágil y sencilla, su capacidad multiusuario, su alto rendimiento y escalabilidad y la ausencia de costes de licencia hacen que, con una inversión limitada, se obtenga una amortización muy rápida. Cabe destacar la automatización de procesos sistemáticos, geoprosesos y análisis multicriterio definidos por el cliente, que le permiten ahorrar tiempo y recursos, así como aumentar la productividad.

**Palabras clave:** Sistema de Información Geográfica (SIG), acceso abierto, gestión, agua, automatización.

### Abstract

This article describes the implementation of a geographical information tool developed on an OpenSource platform for the management and planning of water resources in Catalonia. This Geographic Information System (GIS) is designed to deliver fast and intuitive evaluation and decision-making criteria in response to extreme events, such as drought. Its strong customization, user

---

\* Cap del Dpt. d'Innovació Tecnològica. Àrea d'Innovació i Comunicació. DOPEC. [econti@dopec.com](mailto:econti@dopec.com)  
C/ Av. Madrid 127-133, 08028 Barcelona

\*\*DOPEC. [icabezon@dopec.com](mailto:icabezon@dopec.com) C/ Av. Madrid 127-133, 08028 Barcelona

\*\*\*DOPEC. [rendas@dopec.com](mailto:rendas@dopec.com) C/ Av. Madrid 127-133, 08028 Barcelona

Fecha recepción: 08 de agosto 2009

Fecha aceptación: 10 de noviembre 2009

friendliness, multiuser capability, performance and scalability, together with its license-free condition, allow for an extremely fast return on investment. The embedded automation of user-defined systemic processes, geo-processes and multi-criteria analyses provide significant time and resource savings and productivity gains.

**Key Words:** Geographic Information System (GIS), Open Source, water supply management, automation

## 1. Introducción

La incertidumbre es una característica de la disponibilidad de recursos hídricos debido a su dependencia fundamental del régimen pluviométrico. La carencia persistente de precipitaciones, que afecta a cada región según la capacidad y la gestión de sus reservas, puede conducir a un escenario de sequía.

El incremento de la frecuencia de estas situaciones en Cataluña implica que hay que estar preparado para gestionar estos períodos para poder garantizar el abastecimiento. Así pues, uno de los objetivos de la planificación hidrológica es la previsión de condiciones hídricas adversas.

Para garantizar el abastecimiento, la Agencia Catalana del Agua (ACA), órgano dependiente de la Generalidad de Cataluña, se puso como objetivo disponer de la información necesaria para mejorar la gestión de los recursos hídricos, empezando con la realización de un estudio exhaustivo de los recursos existentes y de su aprovechamiento actual.

Dopec desarrolló para el ACA un Sistema de Información Geográfica (SIG) para introducir, consultar y analizar la información relacionada con la explotación de los recursos hídricos. El sistema se ha diseñado sobre plataforma Open Source, liberando el coste de licencias de software y proporcionando al Cliente una herramienta sencilla y ágil. Este SIG se implantó durante el último episodio de sequía, proporcionando al cliente una solución rápida y de coste limitado.

## 2. Área de estudio

El presente estudio se enmarca dentro de la comunidad autónoma de Cataluña, región del noreste de España con una climatología básicamente mediterránea. Está compuesta por 946 municipios que se extienden en una superficie de 3,2 millones de hectáreas (ha), con una población de 7,5 millones de habitantes.

Para analizar la situación de los recursos hídricos disponibles y las medidas necesarias a tener en cuenta para garantizar el abastecimiento de agua potable se han inventariado principalmente las captaciones subterráneas y superficiales situadas a lo largo del territorio catalán y que representan más de 4.000 puntos de captación. También se ha recopilado información complementaria sobre otros elementos de las redes de abastecimiento en alta, como depósitos, conducciones y los puntos más importantes de depuración de las aguas residuales. Todos los elementos inventariados están soportados por cartografía de referencia como demarcaciones territoriales, masas de agua, cuencas, ortofotomapas, etc..

### **3. Características generales**

Para garantizar el desarrollo sostenible del territorio y una correcta gestión de los recursos naturales es fundamental el uso de herramientas específicas que ayuden a gestionar, planificar y tomar decisiones informadas.

Este SIG de gestión de recursos hídricos responde a la necesidad de representar y analizar información geográfica de forma sencilla y que requiera poco esfuerzo de mantenimiento. Esto permite una actualización frecuente de la información y una mejora sustancial de la fiabilidad de los datos.

El SIG desarrollado tiene herramientas típicas de visualización y herramientas de edición básica. Permite consultas multicriterio por atributos y por localización, generación e impresión de mapas temáticos y la impresión automática de los mapas correspondientes a los recursos hídricos de cada municipio. Cabe destacar la automatización de procesos sistemáticos, geoprosos y análisis multicriterio, ahorrando tiempo, recursos y aumentando la productividad del cliente.

El alto rendimiento de esta aplicación, su escalabilidad, la usencia de costes de licencia, sus resultados a medida del cliente y su capacidad multiusuario permiten una amortización muy rápida de la inversión.

### **4. Marco teórico-conceptual**

#### **4.1. Antecedentes**

A raíz de la escasez de lluvias el año 2005 en Cataluña, se publicó el Decreto 93/2005 que estableció medidas excepcionales en relación con la utilización de los recursos hídricos.

Dicho Decreto incorporaba una serie de actuaciones de obligado cumplimiento que permitieron establecer un sistema de seguimiento de la gestión del abastecimiento y planes de emergencia.

Este seguimiento permitió realizar un estudio sobre el aprovechamiento de los recursos propios municipales, comparando datos obtenidos durante la vigencia del Decreto con información disponible en la Agencia Catalana del Agua, como por ejemplo la información del Plan director de Abastecimiento en Alta de Cataluña, que fue dirigido por Dopec durante el período 2003-2006.

#### **4.2. Preparación de la emergencia**

Debido a que la sequía se prolongaba en el tiempo, se definió el escenario de emergencia como aquél en que es necesario establecer restricciones extraordinarias en los usos del agua, con el fin de garantizar el abastecimiento.

Dentro del marco del escenario de emergencia, se crearon las Unidades de Gestión de la Emergencia (UGE's), ámbitos geográficos de gestión de los recursos y usos del agua con capacidad para determinar las fuentes propias de abastecimiento y los puntos de suministro de las redes regionales. Se dividió el territorio catalán en 10 UGE's y se realizaron unos dossieres de información para los coordinadores de estas unidades territoriales. Éstos contenían toda la información y los análisis disponibles de cada región, tal como: redes de abastecimiento, fichas municipales, análisis hídricos, etc., con el objetivo de ayudar en la toma de decisiones.

Se recopiló información básica de los municipios: población, consumos municipales, consumos de los principales establecimientos industriales, rendimiento de las redes y volúmenes en alta suministrados y se compararon con los requerimientos de los decretos vigentes. A partir de estos datos se extrajeron resultados y se interpretaron según los Decretos vigentes.

La división en UGE's se realizó basándose en las demarcaciones territoriales existentes y en las redes de abastecimiento en alta, cuya distribución es básica para la gestión de la emergencia. Su relación se aprecia en el plano de la imagen 2.

**Figura N° 1**



**Figura N° 1.** Unidades de gestión territorial UGE's

Figura N° 2

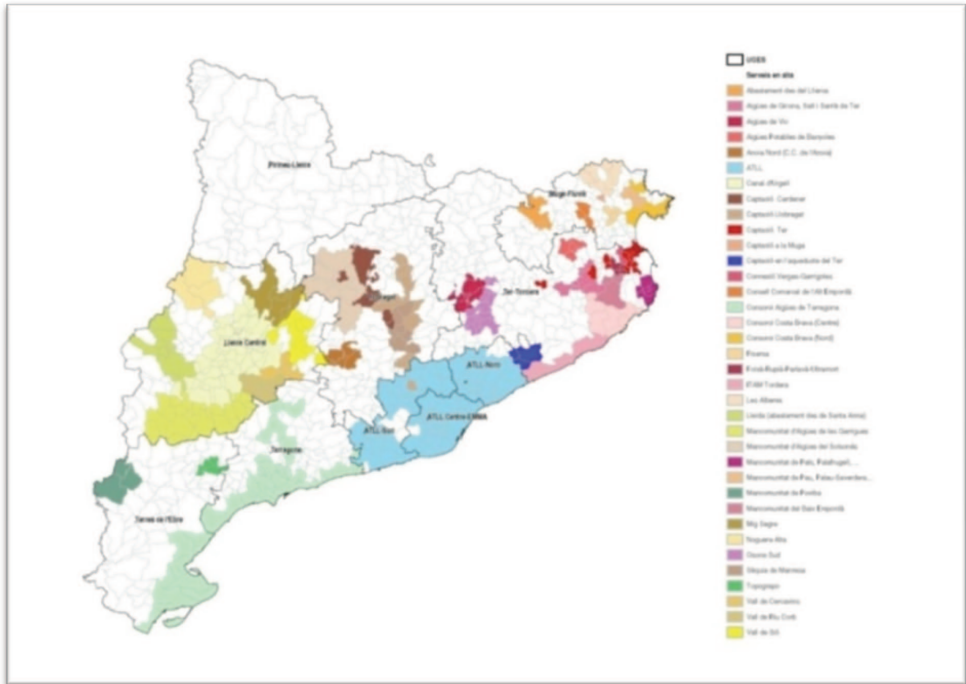


Figura N° 2. Relación de redes de abastecimiento en alta y UGE's

Para gestionar el considerable volumen de información recopilado fue necesario desarrollar una base de datos con una interficie de usuario previa al SIG que permite tratar toda la información recopilada y generar fichas municipales. La imagen siguiente muestra la aplicación.

Figura N° 3



Imagen 3. Aplicación de gestión de las UGE's

Las fichas constan de dos páginas donde se resume la información de cada municipio, calculando las dotaciones y los recursos hídricos correspondientes. La siguiente figura muestra un ejemplo de estas fichas.

Figura N° 4

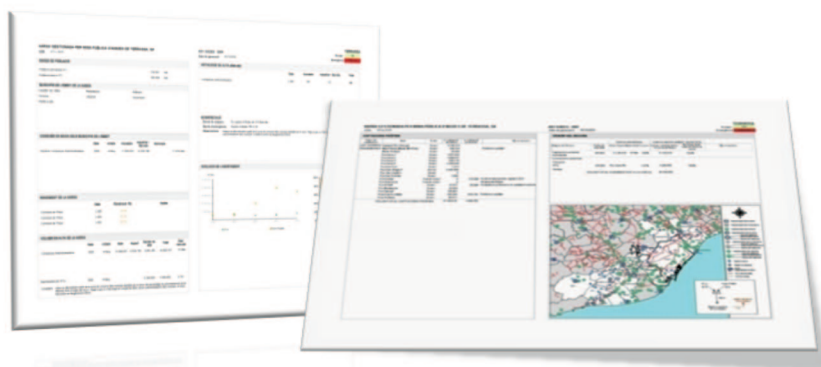


Figura N° 4. Fichas municipales

Este SIG de gestión de recursos hídricos nace de la necesidad de actualizar la información completa asociada a cada municipio, incluida la información geográfica. Hasta ese momento sólo era posible el mantenimiento y la explotación de la información alfanumérica.

Por tanto, el reto principal de este proyecto fue la actualización simultánea de los datos alfanuméricos y geográficos, la automatización de la generación de planos de forma masiva de todos los municipios de Cataluña y la generación de esquemas resumen del origen de los recursos hídricos.

## **5. Marco metodológico**

Actualmente la tecnología SIG está ya muy extendida, tanto en su uso como en su desarrollo. Especialmente en este campo, el OpenSource está siendo puntero y se pueden encontrar numerosos SIG bajo múltiples plataformas. No existe una solución única, dependerá de cuales sean los objetivos del SIG a implantar para que una tecnología u otra sea más adecuada en cada proyecto.

En la fase inicial del proyecto se ha realizado un estudio de las tecnologías existentes y se ha analizado la combinación de éstas para decidir la solución SIG que cumplía con los objetivos propuestos.

El conocimiento previo del cliente y de sus procesos nos permitió acelerar notablemente la fase de análisis de necesidades, de procesos existentes y de expectativas. Ello contribuye a explicar el corto período de implantación de la solución.

El proyecto fue desarrollado por un equipo técnico de programadores, técnicos de SIG y expertos en el campo de la planificación hídrica. Dicho desarrollo tuvo lugar entre los meses de noviembre del 2008 y febrero del 2009. Para ello se utilizaron herramientas OpenSource, con licencia GPL, es decir, abiertas e ilimitadas.

La implantación y la formación de los usuarios fueron también muy rápidas debido a la sencillez de la herramienta.

## **6. Resultados**

### **6.1. Movilidad por el territorio**

Este SIG desarrollado dispone de herramientas típicas de visualización para realizar zooms, definir escalas, medir distancias, gestionar capas



y sus características: simbolización, visibilidad dinámica, leyenda, etiquetas, etc.

La capa principal de este sistema es la que contiene la información relativa a las captaciones municipales existentes y sus características. Se genera automáticamente a partir de la base de datos de las UGE's. También están disponibles en capas auxiliares los depósitos, conducciones, estaciones depuradoras de aguas residuales y captaciones industriales. Además, se puede superponer a esta información los límites de las cuencas hidrográficas, la situación de los acuíferos, la presencia de masas de agua y los límites municipales, provinciales y la delimitación de las UGE's.

Figura N° 5

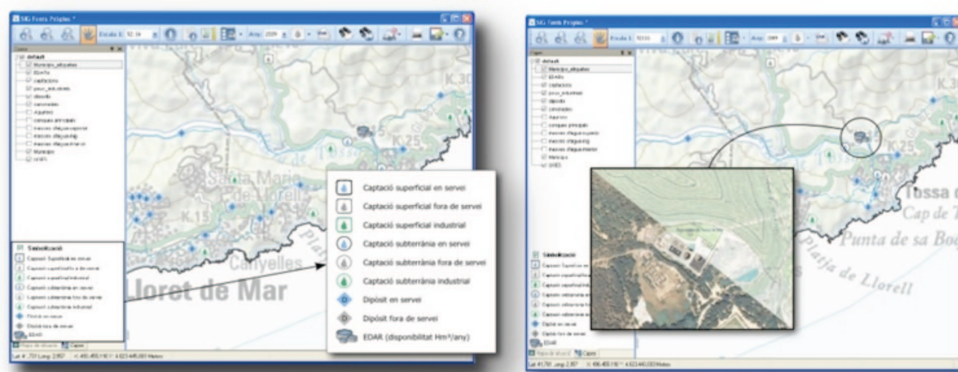


Figura N° 5. SIG de los recursos hídricos (Leyenda y visualización)

También se han incorporado los servicios de conexión vía WMS a los servidores existentes (basados en Standards OGC) para visualizar la cartografía del territorio de referencia como ortofotomapas, topografía, catastro, geología, etc.

En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de los elementos existentes en un municipio con un ortofotomapa de referencia.

Figura N° 6

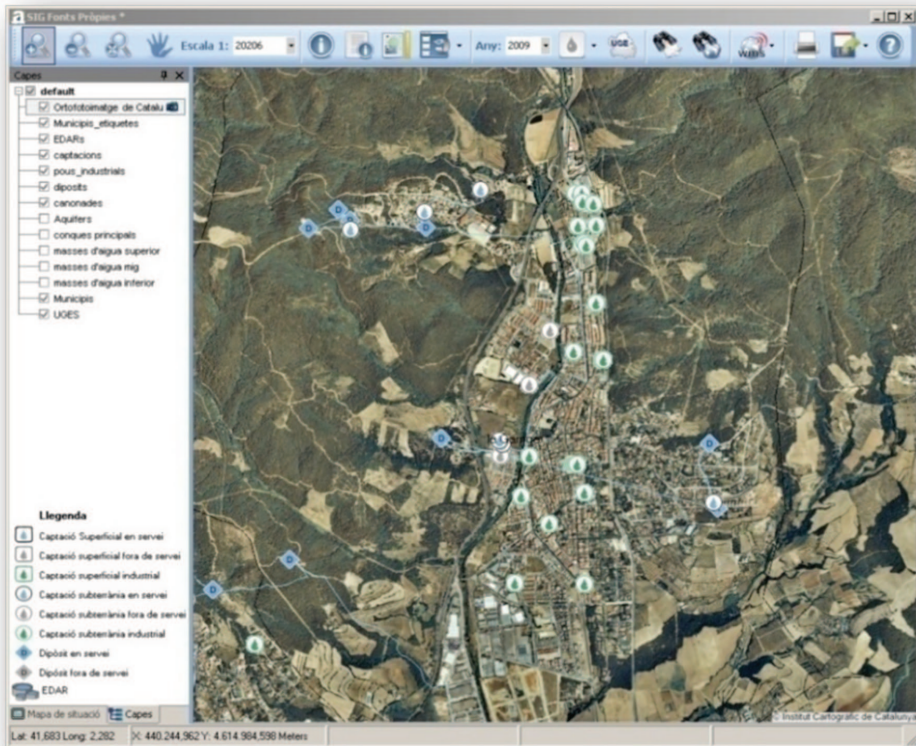


Figura N° 6. SIG de los recursos hídricos (zoom municipal)

A continuación se representa una zona límite entre dos UGE's con la capa geológica de referencia para su análisis correspondiente:

Figura N° 7

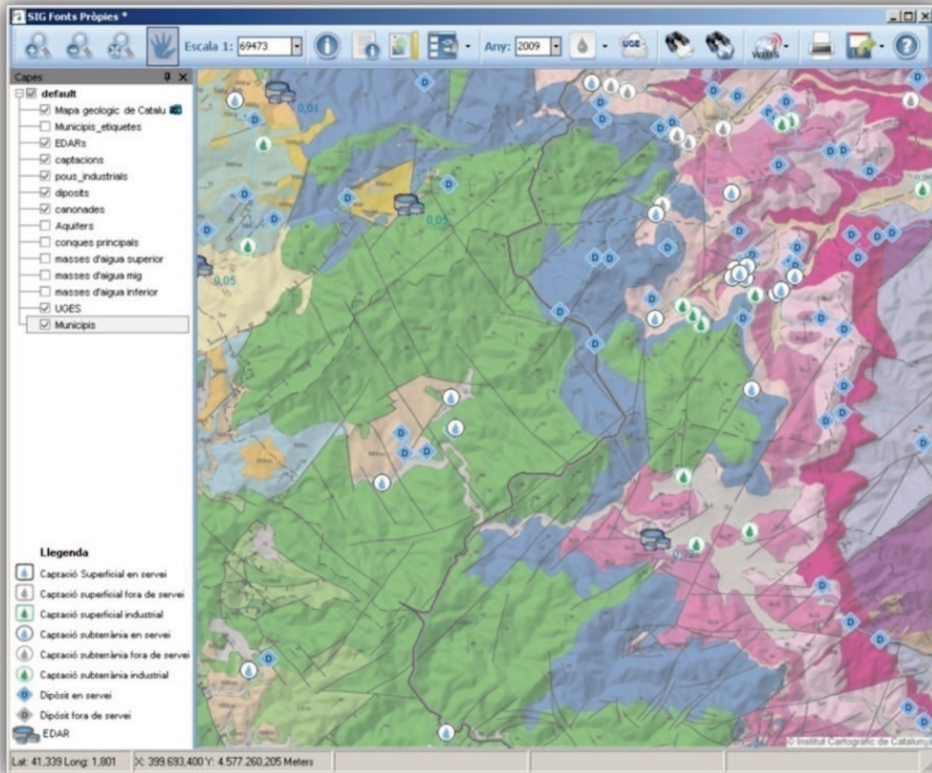


Figura N° 7. SIG de los recursos hídricos (capa geológica)

Se han creado herramientas sencillas de edición gráfica y de atributos ajustadas a las necesidades del usuario.

## **6.2. Evolución histórica de la información gráfica**

Hasta la implantación de este SIG, el Cliente sólo disponía de la información gráfica de los últimos datos disponibles y perdía la referencia histórica para poder comparar y analizar su evolución. La mayoría de veces faltaba consistencia en las fichas municipales ya que discrepaban los datos alfanuméricos de los geográficos.

Este SIG permite seleccionar el año a consultar, con lo que se consiguió disponer de un histórico de datos gráficos. Una vez seleccionado el año en cuestión, se cargan las capas correspondientes, lo que permite visualizar la evolución de los recursos hídricos de un municipio.

## **6.3. Geoprocesos: Zonificación dinámica**

Una de las herramientas personalizadas desarrolladas en el proyecto es la de zonificación dinámica a partir de la cual se representan las delimitaciones de las unidades de gestión de emergencia.

Una UGE es un conjunto de municipios cuyo contorno coincide con el de los municipios que lo conforman. Esta herramienta permite transferir fácilmente municipios de una UGE a otra.

Si dicho proceso se hiciera con un SIG tradicional, se conseguiría el mismo resultado a partir de un proceso más laborioso que requiere de un usuario experto.

## **6.4. Consultas por atributos y por localización**

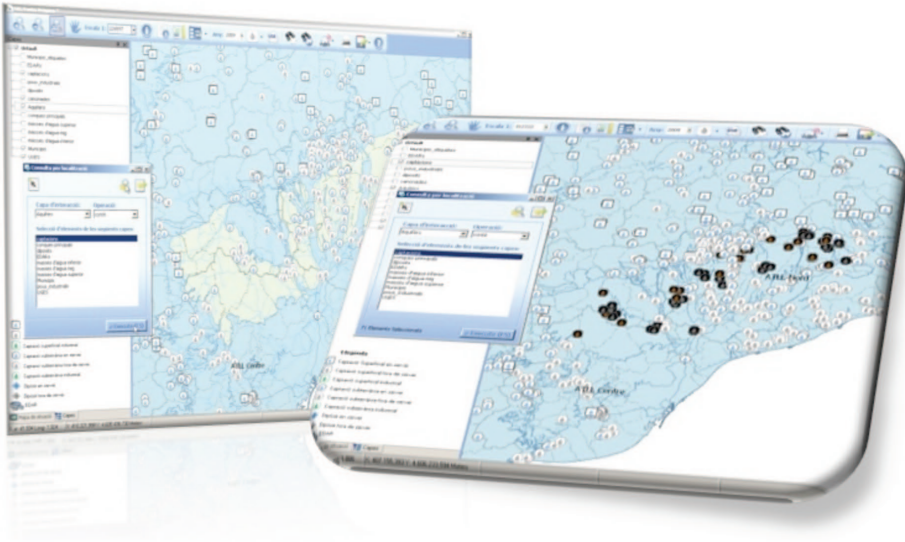
El SIG tiene herramientas para localizar elementos según múltiples criterios geográficos y alfanuméricos.

## **6.5. Generación de planos y esquemas**

Uno de los retos principales del proyecto ha sido la generación automática y masiva de los planos de todos los municipios de Cataluña y los esquemas resumen que aparecen insertados en los mismos.

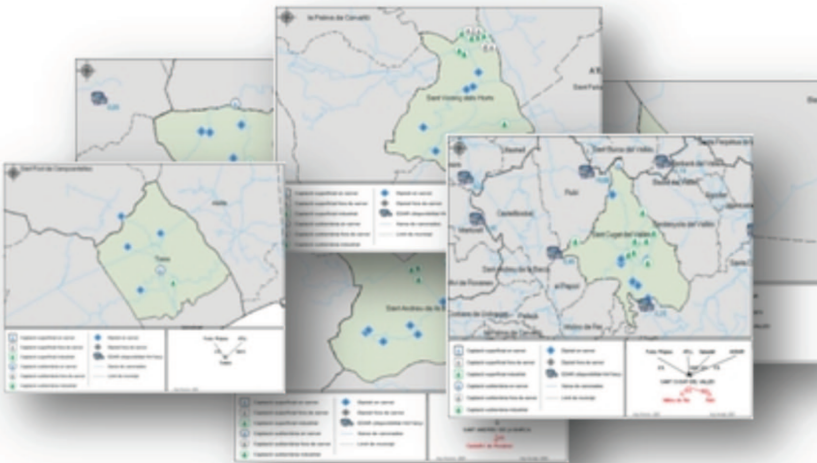
El proceso manual de la generación de los 946 planos de los municipios existentes en la Comunidad Autónoma de Cataluña puede llevar meses de trabajo de técnicos expertos en tecnología SIG. Con este proceso se generan automáticamente los mismos planos en una hora. Además de

**Figura N° 8**



**Figura N° 8.** Consultas multicriterio

**Figura N° 9**



**Figura N° 9.** Planos de los recursos hídricos por municipio

reducir significativamente el tiempo del proceso, se gana en la calidad y fiabilidad de la información.

### **6.6. Interoperabilidad con otros sistemas**

En todo momento se ha tenido en cuenta la interoperabilidad con otros sistemas existentes en la Agencia Catalana del Agua. La estructura de la base de datos desarrollada es compatible con las existentes en el Cliente.

## **7. Discusión de resultados**

Este SIG para la gestión y planificación de los recursos hídricos desarrollado durante un período de sequía dispone de las funcionalidades básicas de los sistemas de información geográfica. A partir del conocimiento del cliente y de sus necesidades, se desarrolló esta herramienta sencilla y a medida, permitiendo así una rápida implantación.

Esto permite al cliente, la Agencia Catalana del Agua, consultar la situación histórica y actual de los recursos hídricos de Cataluña. Además, le permite la extracción de resultados de forma rápida, como por ejemplo, la generación de los planos de los recursos hídricos disponibles de todos los municipios de Cataluña que se generan en cuestión de horas, y no de meses, que era el tiempo que se invertía en actualizarlos y generarlos hasta la implantación de este SIG.

Este proyecto ha tenido un impacto muy favorable en el Cliente: permite una gestión muy rápida y eficiente de la información sobre recursos hídricos y, consecuentemente, una toma de decisiones más veloz y con un mejor conocimiento.

El cliente ha obtenido grandes ventajas de las características principales de esta aplicación:

- ✓ Sencillez y agilidad
- ✓ Alto rendimiento y escalabilidad
- ✓ A medida
- ✓ Multiusuario
- ✓ Sin coste de licencia, OpenSource

- ✓ Agilidad en la manipulación de datos espaciales
- ✓ Análisis multicriterio
- ✓ Optimización de procesos: ahorro de tiempo y recursos

Tanto es así, que ya está prevista su ampliación, incorporando nuevas funcionalidades y nuevas aplicaciones. Esto es posible debido a la modularidad y escalabilidad de este SIG.

La mayoría de veces en que se piensa en la implantación de un sistema de información geográfico se ve como un proceso costoso, que necesita una gran inversión económica, de tiempo y recursos. Pero la realidad es que no siempre es necesario embarcarse en proyectos de gran envergadura, que probablemente estén sobredimensionados respecto a las necesidades reales del cliente.

Si se realiza un sistema que resulta inoperativo para el usuario debido a su complejidad, por muy potente que sea dicha herramienta, no estaremos ante un caso de éxito.

Hay que pensar previamente en las necesidades reales para desarrollar la herramienta que se ajuste a ellas, personalizando al máximo sus funciones y procesos. En muchos casos, una herramienta sencilla y fácil de manejar es más operativa y tiene un coste menor, garantizando igualmente la satisfacción del cliente. Para que los sistemas de información geográficos se expandan hay que acercarse a los usuarios finales, tanto a los expertos como a los que desconocen la tecnología.

Gracias a la flexibilidad del sistema de información geográfica (SIG) de gestión de recursos hídricos que ha desarrollado Dopec, éste se puede adaptar con facilidad a proyectos de otros ámbitos donde se requiera una herramienta de acceso universal que permita una fácil edición y una rápida extracción de resultados.

## Bibliografía

- Ames, D. (2007). *MapWinGis Reference manual*. Idaho: lulu.
- Catalunya sobre els efectes de la Sequera (2007-2008). Disponible en: (<http://aca-web.gencat.cat/aca/sequera/ca/inici.jsp>)
- Foss4G (2007-2008). Disponible en : (<http://www.foss4g.org/>)
- Gaspar Sanz, J. y Montesinos, M., *Panorama actual del ecosistema de software libre para SIG*, Jornadas SIG Libre II, Girona, Marzo 2008.
- GNU General Public Licenses (Open GPL). Disponible en : (<http://www.gnu.org/licenses/>)
- GeoTux, Soluciones informáticas libres. Disponible en: ([http://geotux.tuxfamily.org/index.php?option=com\\_myblog&Itemid=59](http://geotux.tuxfamily.org/index.php?option=com_myblog&Itemid=59))
- Jornadas SIG Libre II, UniGIs Girona (2008, Marzo). Disponible en: (<http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2008/>)
- MapWindow Gis (2008). Disponible en: (<http://www.mapwindow.org/mapwingis.php>)
- Pastor, J. (2008). *Lliçons de la Sequera a Catalunya: La resposta ciutadana*. Agència Catalana de l'Aigua (ACA). Girona,
- SharpGis .Net, GIS for a .net and JavaScript developer's perspective. Disponible en: (<http://www.sharpgis.net/>)
- SharpDevelop. Disponible en: (<http://www.icsharpcode.net/OpenSource/SD/>)
- Open GeoSpatial Consortium (OGC). OpenGIS Standards and Specifications. Disponible en : (<http://www.opengeospatial.org/standards>)
- OsGeo (2007-2008). Disponible en: (<http://www.osgeo.org/bienvenido>)
- Peña, J. (2006). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Alicante: ECU.