

APPLICATION OF THE GEOFIELD TOOL TO THE JÚCAR AHIS (AUTOMATIC HYDROLOGIC INFORMATION SYSTEMS)

Niclós Ferragut, Joaquín¹; Rodríguez Zurita, Miguel²

¹ Confederación Hidrográfica del Júcar, ² TRAGSATEC

The Júcar River shows clearly Mediterranean behaviour, characterized by a large disproportion between its ordinary and extraordinary flow rates, and by an extreme regime of flow rates with high-magnitude freshets that lead once-in-a-century floods that burst the river's banks and cause considerable damage to the surrounding land and population.

In view of this situation, the need arose to implement automatic hydrologic information systems (AHIS) to enable us to draw on hydrologic-hydraulic data in real time and foresee the future behaviour of the basins.

The entire basin is divided into sub-basins containing the Remote Stations (RS) and the Data Hubs (DH).

The Basin's Data Processing Centre (DPC) collects data from time to time from the hubs and then collates these for subsequent organization and management. This network has a twin-level hierarchical structure: The RS communicate with the DH using a secondary network protocol and the DH transfer the information to the DPC via a primary network protocol.

The aim is to study the new technologies to be implemented in an AHIS to enable the optimization and improvement of its response to emergency situations and the management, operation and maintenance of the system.

Keywords: *Hydrological information; System management; Operational maintenance; Functional software*

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA GEOCAMPO AL SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA (SAIH JÚCAR)

El Júcar es un río de comportamiento claramente mediterráneo, caracterizado por una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios, y por un régimen extremo de caudales con crecidas de elevada magnitud que provocan desbordamientos seculares que inundan las márgenes y son causa de daños considerables en los terrenos y poblaciones.

Ante esta situación nace la necesidad de implantar sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH) que permitan disponer de los datos hidrológico-hidráulicos en tiempo real, y prever, el comportamiento futuro de las cuencas.

Toda la cuenca se subdivide en subcuencas, en las que se encuentran las Estaciones Remotas (ER) y los Puntos de Concentración (PC).

El Centro de Proceso de Cuenca (CPD), interroga periódicamente a los concentradores, y siendo punto final de los datos, se encarga de su organización y gestión. Esta red tiene una estructura jerárquica con dos niveles: las ER se comunican con los PC mediante protocolo de red secundaria y los PC transfieren la información al CPD protocolo de red primaria.

El objetivo es el estudio de las nuevas tecnologías a implantar en el SAIH para posibilitar la optimización y mejora de la respuesta ante emergencias y de la gestión, explotación y mantenimiento del sistema.

Palabras clave: *Información hidrológica; Gestión de sistemas; Mantenimiento operativo; Software funcional*

Correspondencia: joaquin.niclos@chj.es; mrodri29@tragsa.es

1. Introducción

El Júcar es un río de comportamiento claramente mediterráneo, caracterizado por una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios, y por un régimen extremo de caudales con crecidas de elevada magnitud que provocan desbordamientos seculares que inundan las márgenes y son causa de daños considerables en los terrenos y poblaciones que alcanzan, especialmente en las zonas inundables de las comarcas de la Ribera Alta y Ribera Baja de la Comunitat Valenciana. Esto es debido a que en la cuenca media y baja del río Júcar es relativamente frecuente la aparición de la situación meteorológica denominada "gota fría", como ha quedado claramente de manifiesto en las distintas avenidas históricas, entre las que se pueden destacar las de 1864, 1982 y 1987.

Especialmente han sido documentadas las dos mayores avenidas registradas desde 1600, la riada de San Carlos los días 4 y 5 de noviembre de 1864 con un caudal punta estimado en 13.000 m³/s y, la del día 20 de octubre de 1982, que condujo al colapso de la presa de Tous, con un caudal punta estimado en 8.500 m³/s, descontando el efecto inducido por la rotura de la propia presa. En esta última crecida se evacuaron unas 100.000 personas, con afecciones a una superficie agrícola de 24.000 ha. El coste económico estimado de los daños de esta avenida, asimilable a un periodo de retorno de 500 años, fue de 1.982.655.787 €. En el caso de la avenida del año 1987, asimilable a un periodo de retorno de 50 años fue de 1.042.899.865 €.

El riesgo de inundación existente se ha evaluado de acuerdo a los datos estadísticos disponibles hasta la fecha y que se encuentran suficientemente contrastados. En cualquier caso, se debe considerar la posibilidad de un incremento futuro de los episodios de avenidas y del nivel medio del mar debido al cambio climático, lo que hace aún más urgente acometer las actuaciones de defensa/prevenición que permitan aminorar el riesgo que existe actualmente, especialmente sobre las poblaciones.

En 1982 y a raíz del evento meteorológico extremo que condujo al colapso de la presa de Tous, se puso en marcha el diseño de un sistema que diera apoyo técnico sustancial y que ayudara a la toma de decisiones en relación con los dos tipos de problemas de gestión hidráulica, por un lado, el seguimiento de avenidas a efectos de prevenir y minimizar daños, y por otro, la gestión de los recursos hidráulicos, a efectos de optimizar su asignación y operación, especialmente en las situaciones de escasez a corto y medio plazo, que exigen un especial control de tales recursos. El instrumento para poder alcanzar todos estos objetivos se concretó, en su día, en el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), es decir, en un sistema de captación, transmisión, presentación y proceso de la información hidrológico/hidráulica descriptiva del estado de la cuenca en cada momento.

El SAIH presenta una distribución por todo el ámbito de la cuenca del río Júcar (43.000 km²) la cual se extiende por la Comunitat Valenciana, Cuenca, Albacete, Teruel y Tarragona, a través de infraestructuras establecidas en presas, canales, ríos, cabecera de cuenca, etc. Estas infraestructuras, perfectamente ubicadas y jerarquizadas en lo que se refiere a la recepción/emisión de datos, están compuestas de elementos tecnológicamente muy avanzados para la captura y transmisión de datos de carácter meteorológico, hidrológico e hidráulico; elementos éstos que requieren un seguimiento y mantenimiento diario que asegure su calibración y calidad del dato obtenido, siendo esta última de vital importancia para la toma de decisiones ante la previsión de eventos meteorológicos adversos y/o evolución de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de la cuenca e infraestructuras hidráulicas una vez que se está inmerso en uno de dichos episodios extraordinarios.

Dada la situación económica actual, se requiere de un sistema complementario al SAIH que planifique de forma eficiente los recursos humanos y necesidades de material tecnológico necesarios para el mantenimiento de la red SAIH así como que sirva para el análisis de las causas y fallos que se originan en el sistema que conduzcan a una minimización de costes

así como a la alerta temprana y de movilización de medios ante fenómenos climáticos, hidrológicos e hidráulicos extraordinarios.

2. Objetivos

Con la experiencia acumulada en la herramienta Geocampo, se ha desarrollado una nueva plataforma tecnológica, denominada Geo_SAIH, que de forma independiente y autónoma organiza los trabajos del personal de sala y de campo del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH Júcar), así como sus recursos asociados (almacenes, herramientas, vehículos, procedimientos de trabajo, etc.), en las labores de mantenimiento y explotación dentro del territorio que abarca este Sistema. Con todo ello se pretende garantizar un correcto funcionamiento en situaciones normales y fundamentalmente ante eventos extraordinarios y/o extremos, en los que las decisiones a tomar ante estas situaciones dependen de la fiabilidad los datos quince minutales que se reportan de forma constante en el Sistema.

Esta nueva herramienta informática constituirá el elemento de gestión de los medios que deben actuar en una gran superficie territorial (43.000 km²), para mejorar la eficiencia de los trabajos de mantenimientos correctivos y preventivos en 218 puntos diferentes, servir de soporte para un adecuado análisis de las causas de los fallos y contribuir a la reducción de los costes, optimizando la operatividad permanente del sistema SAIH.

3. Caso de estudio. Geo_SAIH

3.1. Funcionamiento y estructura general del SAIH

El SAIH JÚCAR se estructura en tres niveles jerárquicos:

1. Punto de control o Estación Remota.
2. Punto de Concentración.
3. Centro de Proceso de Cuenca.

La red de transmisión de datos tiene una estructura ramificada en dos niveles, el primer nivel o red primaria une el Centro de Proceso de Cuenca con los puntos de concentración y el segundo nivel o red secundaria, enlaza los puntos de concentración con los puntos de control.

Las comunicaciones de la red secundaria se hacen por medio de radioenlaces mientras que las de la red primaria utilizan seis enlaces vía satélite y dos vía microondas. Existe la posibilidad de alternar las comunicaciones vía satélite por radioenlaces a fin de tener una mayor garantía en la transmisión de datos.

Adicionalmente existen algunos puntos comunicados vía 3G y GPRS, con transmisión de imágenes de video.

En el punto de control se efectúa la adquisición de los datos de campo, realizándose un almacenamiento de la información y una primera elaboración de la misma. La red de telemetría está formada por un total de 218 puntos de toma de datos que realizan las lecturas de los respectivos sensores y almacenan la información durante un tiempo variable de hasta 10 días, en función del modelo de la estación remota y cantidad de sensores. De esta forma las estaciones pueden ser:

1. Estaciones en embalses y azudes, cuya finalidad principal es la medida del agua embalsada, la situación de los órganos de desagüe y el cálculo de los caudales desaguados.

2. Estaciones de aforo en río, cuyo objeto es el cálculo de caudales a partir de la medición de niveles.
3. Estaciones de aforo en canal, cuya finalidad es el cálculo de caudales, a partir de la medición de los niveles y de la apertura de válvulas y compuertas.
4. Estaciones específicas para medida de precipitación, aunque también se incluyen estas medidas en todos los embalses y en la mayoría de las estaciones de aforo en río o canal.
5. Estaciones pluviométricas situadas en las zonas más altas de la cuenca.

El total de variables medidas en el conjunto de estaciones en la fecha actual es:

- 20 Repetidores.
- 25 Embalses.
- 128 Medidas de nivel en ríos y canales.
- 51 Medidas de posición de válvulas y compuertas.
- 313 Medidas todo/nada en válvulas y compuertas.
- 57 Medidas de caudal.
- 161 Pluviómetros.
- 32 Pluvionímetros.
- 57 Caudalímetros.
- 35 Termómetros.
- 51 Posiciones de compuerta.
- 161 Pluviómetros.
- 32 Pluvionímetros.
- 968 alarmas de estado (alarmas de nivel y alarmas funcionales sobre fallo de red, estado de baterías y protecciones, etc.)
- 6 Canales de video.

Los puntos actualmente en funcionamiento son 218.

Los Puntos de Concentración gestionan la comunicación vía la red secundaria de todas las estaciones remotas de un ámbito geográfico y a requerimiento del Centro de Proceso de Cuenca (C.P.C.) le transmite toda la información de su subcuenca a través de la red primaria de comunicaciones.

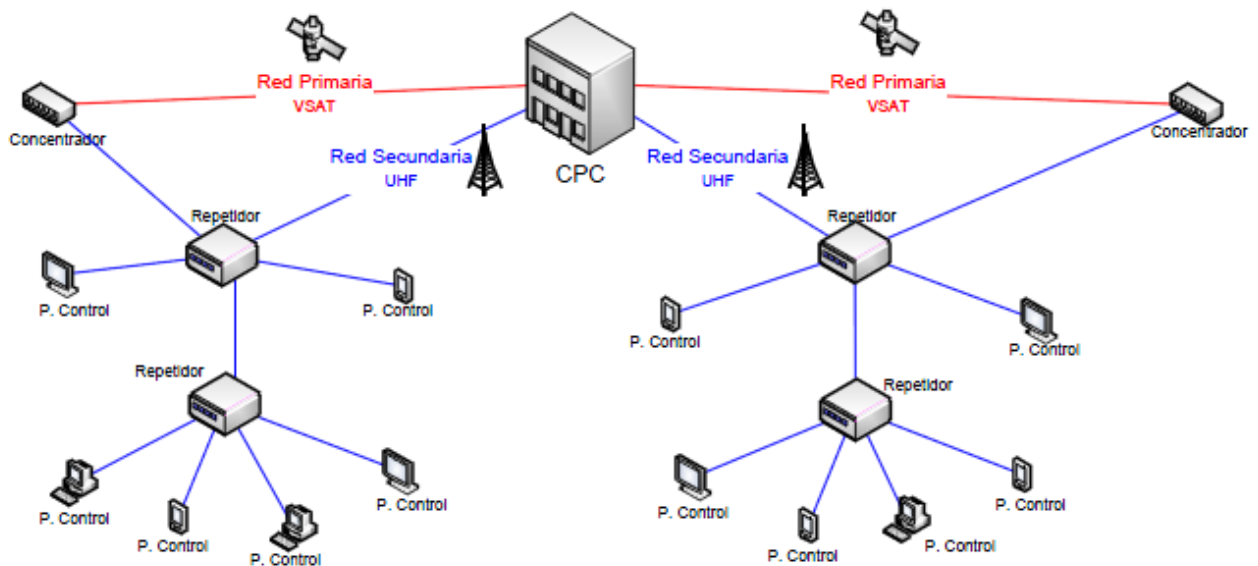
Los Puntos de Concentración tienen la finalidad de agrupar por áreas una serie de puntos de control para acortar la amplitud del barrido de los procesos de interrogación-respuesta. Éstos constituyen el segundo nivel y están situados en los embalses de Sichar, Arenós, Loriguilla, Contreras (ubicado en el repetidor del Remedio de Utiel), Beniarrés, Amadorio, Bellús y en Valencia, situado éste último en el Centro de Proceso de Cuenca desde el cual se controla la red de comunicaciones, se reciben y almacenan los datos y se ejecutan los procesos de tratamiento y presentación de la información para los distintos usuarios del servicio.

El Centro de Proceso de Cuenca, situado en la sede de la Confederación Hidrográfica del Júcar en Valencia, realiza la interrogación a los Puntos de Concentración de los cuales, seis situados en embalses comunican sus datos vía satélite y dos están conectados por vía

microondas, ya que se encuentran físicamente en el Centro de Proceso de Cuenca.

En definitiva, el SAIH se trata de un sistema altamente especializado con actividades sujetas a rápidos cambios tecnológicos.

Figura 1. Topología lógica de la red



3.2. Funcionamiento e implementación de Geo_SAIH en la estructura general del SAIH

Con la plataforma tecnológica de mantenimiento y operatividad del Sistema Automático de Información Hidrológica (Geo_SAIH) se consigue:

- Optimizar el trabajo del personal electromecánico encargado del mantenimiento de los equipos de la red de comunicaciones y de sensores de captación de datos embalses, aforos y pluviómetros.
- Movilizar y gestionar el personal de campo durante guardias y eventos meteorológicos adversos.
- Gestionar el análisis de fallos del sistema de comunicaciones.
- Gestionar el material hardware, electrónico, sensores, etc., necesarios para realizar los mantenimientos preventivos, correctivos y en situaciones de alerta.
- Gestionar el stock de material y análisis de costes.

Geo_SAIH presenta una estructura cliente-servidor de la siguiente forma:

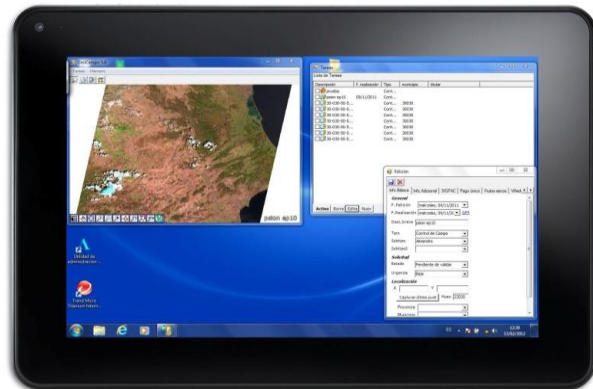
1. Aplicación Geo_SAIH sobre dispositivo móvil (PDA/Tablet/Portátil) y localizador GPS: CLIENTE.
2. Servidor Web para la gestión de tareas y visor GIS para gestión de flotas: SERVIDOR.

De esta forma, la aplicación Geo_SAIH sobre dispositivo móvil permite:

- Gestión de tareas y toma de datos de campo de la red SAIH en lo que respecta al mantenimiento preventivo/correctivo de la red a través de concentradores, repetidores y remotas y sus elementos de medida asociados así como a la gestión y planificación de las obras de acondicionamiento de instalaciones y limpieza de aforos.

- Visualización de cartografía en campo y descarga de ortofoto vía GPRS/3G. Referencia visual para localización de puntos del SAIH de difícil acceso.
- Posicionamiento GPS y obtención de coordenadas UTM (ED50/ETRS89).
- Control de flotas en tiempo real.
- Posicionamiento de tareas en el visor del dispositivo móvil (planificación de rutas).
- Sincronización con el servidor por GPRS/3G.
- Visionado de capas vectoriales (p.ej. planos de aproximación).
- Fichajes horarios a través de la aplicación.
- Aplicación alarma para movilización de medios, caso de accidente, incidencia o cualquier otro evento extraordinario.
- Aplicación inventario/gestión de equipamiento electrónico y hardware.

Figura 2. Dispositivo móvil sobre PDA y Tablet



El servidor web Geo_SAIH para la gestión de tareas permite:

- Gestión de tareas, creación, asignación, corrección en gabinete.
- Generación de informes técnicos a partir de datos incorporados en las inspecciones sobre el territorio.
- Emisión de informes de gestión de flotas: km realizados, fichajes.
- Vinculación de documentación alfanumérica de ayuda a realización de tareas.
- Gestión de incidencias de usuarios.
- Exportación de datos a otras aplicaciones.
- Gestión material para mantenimientos preventivos/correctivos. Para una mejor planificación y tiempo de respuesta en este tipo de trabajos se necesita una integración del sistema con las bases de datos generadas para el almacén/gestión de stock. Integración necesaria para tener, bien con carácter previo y/o en tiempo real y sobre el terreno, la disponibilidad de los repuestos necesarios para realizar la tarea de mantenimiento correspondiente así como para la gestión de compras a realizar y generación automática de los mismos.

El visor GIS para gestión de flotas permite:

- Visualización en oficina.

- Posicionamiento y seguimiento de flotas.
- Creación de tareas por selección de puntos del SAIH.
- Visualización de tareas creadas en dispositivos móviles y Servidor Web
- Visualización de alarmas.
- Visualización de cartografía sobre el terreno.
- Visionado de cartografía georreferenciada.
- Descarga y visualización de elementos vectoriales a partir de servicios web (ej.: elementos de medida distantes de la estación remota que los gestiona).

Figura 3. Esquema de funcionamiento de Geo_SAIH aplicado al SAIH de la Confederación Hidrográfica del Júcar



4. Resultados y conclusiones

El Sistema Automático de Información Hidrológica de la Confederación Hidrológica presta un servicio que se encuentra inmerso, o mejor dicho, fusionado a la toma de decisiones en lo referente a la Seguridad de Presas y Canales, comunicación a otros usuarios de primer nivel (Delegaciones del Gobierno, AEMET, Protección Civil, Comunidades de regantes, etc.) y conocimiento de la cuenca en lo referente a la planificación y explotación.

Principalmente a través del SAIH, la Confederación Hidrográfica del Júcar forma parte de los grupos de seguimiento de riesgo de los Planes Especiales de Protección Civil de las Comunidades Autónomas y del Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Acuerdo Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011).

Es altamente especializado con actividades sujetas a rápidos cambios tecnológicos en lo referente a la administración del sistema informático, mantenimiento y calibración de los

sistemas de comunicaciones así como de las aplicaciones para el tratamiento en tiempo real, con o sin procesamiento, de las variables hidráulicas obtenidas.

Por estos motivos y dadas las posibilidades que supone las tecnologías de la comunicación e información actuales así como la multitud de soportes para su manejo y análisis en cualquier localización geográfica, ya sea en campo o en oficina, es lo que hace ir hacia herramientas como Geo_SAIH, que permite una informatización de la gestión de los equipos a movilizar en el territorio tanto en situaciones climáticas normales como extraordinarias; por otro lado, también se consigue una mejora de la eficiencia de los trabajos sobre el territorio así como un apoyo para un adecuado análisis de fallos, causas y costes, análisis último de gran importancia para la gestión económica del sistema SAIH.

5. Referencias

- España, Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (texto consolidado), *Boletín Oficial del Estado*, de 24 de julio de 2001, núm. 176, pp. 26791-26817.
- España, Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, *Boletín Oficial del Estado*, de 6 de junio de 2003, núm. 135, pp. 22071-22096.
- España, Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, *Boletín Oficial del Estado*, 3 de febrero de 2007, núm. 30, pp. 5118-5120.
- Confederación Hidrográfica del Júcar (2011). *Memoria del 75 aniversario de la Confederación Hidrográfica del Júcar*. Valencia.
- Mateu J. F., Portugués I., Ruiz J. M. (2012). *Desarrollo del servicio de aforos en España (1840-1959). La red de estaciones de la Confederación Hidrográfica del Júcar*, Madrid.