

SAIH: SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACION HIDROLOGICA

Una destacada realización en la gestión de las cuencas hidrográficas

Javier Arbáizar González

El SAIH, Sistema Automático de Información Hidrológica, responde fundamentalmente a la necesidad de mejorar la gestión de recursos hidráulicos de nuestro país. Con el SAIH se da, a los organismos correspondientes, una potente herramienta de trabajo que va a ayudar definitivamente en la gestión hidráulica de las Cuencas Hidrográficas Españolas.

El SAIH, a otro nivel, es un reto técnico importante. Por la complejidad de los sistemas y las tecnologías empleadas ha sido necesario realizar un esfuerzo importante por todos los organismos y empresas que están participando en todas las fases de implantación, explotación y mantenimiento del SAIH.

SAIH, an automatic hydraulic information system

The SAIH system of automatic hydraulic information was born of a need to better the handling of our resources in this material. The paper holds that the system in question gives to the parties interested in this sector a dynamic working instrument that should lend an all but definitive boost to the task of the management of Spain's hydraulic possibilities.

The SAIH is also seen as having been a technological challenge of the first water. The complexity of the systems and technologies used in it have called for a major effort on the part of all those bodies and companies that have had a hand in its setting up, running and up-keep.

El proyecto SAIH constituye una de las actuaciones más importantes que está llevando a cabo la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH) del MOPU. Con la terminación del proceso de entrada en funcionamiento de todo el Proyecto, España dispondrá de un Sistema de elevadas prestaciones para ayuda a la gestión de su enorme patrimonio en infraestructuras hidráulicas y para el control de sus diez Cuencas Hidrográficas. El Sistema está concebido como una de las herramientas fundamentales de que dispondrán las Confederaciones Hidrográficas en la optimización de la gestión cotidiana de la explotación de nuestros recursos hidráulicos y en la minimización de los riesgos en las situaciones de emergencia creadas por las inundaciones.

Javier Arbáizar González es Asesor de la DGOH y Director de Operaciones de Creatividad y Tecnología, S. A.

Para dar una primera idea de la trascendencia del SAIH, baste recordar que España cuenta, en cifras aproximadas, con 800 grandes embalses, 3 millones de hectáreas de terreno bajo riego, 5.700 km. de grandes canales, 14.000 MW de potencia instalada en sus centrales hidroeléctricas, etc. La finalidad del SAIH es, por una parte, optimizar la gestión de este gigantesco activo hidráulico, con la consiguiente repercusión beneficiosa sobre la calidad de vida del ciudadano en sus aspectos hídricos y el ahorro de despilfarros inútiles de este recurso natural cada vez más solicitado; por otra parte, el SAIH será también un poderoso elemento de ayuda en la previsión y manejo de las avenidas.

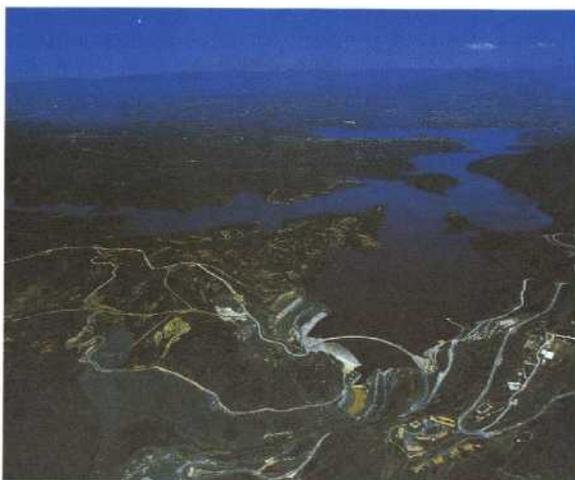
Así pues, los fines generales para los que está diseñado el SAIH de cada Cuenca Hidrográfica son:

- Ayudar en la optimización de la asignación de recursos hidráulicos a corto y medio plazo, y la operación consiguiente de los sistemas hidráulicos interconectados de embalses, grandes canales y arterias de conducción, etc., lo que permitirá un ahorro apreciable de agua y el aumento de la garantía de servicio ofrecida a los abastecimientos de poblaciones, regantes, etc., en relación con todo lo cual la sociedad viene sufriendo también los efectos combinados de una demanda creciente, la complejidad de los sistemas a operar y el conocido contexto hídrico español de irregularidad estacional y geográfica.
- Ayudar en la prevención de los daños causados por crecidas e inundaciones sobre las poblaciones, tierras de cultivo, infraestructuras urbanas, redes de comunicaciones, etc. En este sentido hay que subrayar, aunque pueda resultar obvio, que el SAIH no va a evitar, naturalmente, el que sigan produciéndose avenidas; sin embargo, sí va a permitir conocer con cierta antelación cuándo y dónde van a producirse y, además, va a facilitar el decidir qué debe hacerse en cada caso respecto a la maniobra de las compuertas de los embalses, cortes de vías de comunicación, alarmas a la población, etc., con la consiguiente reducción de peligros para ésta y de las inevitables pérdidas económicas.
- Un aspecto particularmente importante del objetivo anterior es el relativo a la vigilancia y control de presas en situaciones de emergencia, que, gracias al Proyecto SAIH, van a poder establecerse sobre bases radicalmente distintas; el Proyecto resulta, así, complementario del Plan de Seguridad de Presas que también desarrolla actualmente la DGOH, encaminado a renovar y mejorar los equipamientos de evacuación hidráulica, electromecánicos, radiotelefónicos, etcétera.

OBJETIVOS

El Proyecto SAIH se está desarrollando autónomamente en cada una de las diez Confederaciones o Cuencas Hidrográficas en que está dividida la España peninsular; para cumplir los fines que se acaban de indicar, el SAIH deberá perseguir en cada Cuenca los siguientes objetivos:

- Suministrar automáticamente información en tiempo real sobre las variables climáticas, hidrológicas y de infraestructura hidráulica que son significativas y condicionantes de la operación y control hidráulicos de la Cuenca.
- Controlar y optimizar a corto plazo la operación de los embalses y de las conducciones y canales principales de la Cuenca.
- Hacer previsiones a medio plazo sobre la disponibilidad de recursos hidráulicos en la Cuenca, que permitan optimizar la explotación de los embalses en sus diferentes fines —riego, abastecimiento, producción hidroeléctrica, control de avenidas, protección ecológica, usos recreativos, etc.— y, en su caso, los sistemas de explotación conjunta de recursos subterráneos y superficiales.
- Controlar la calidad de agua en los tramos de ríos que puedan resultar especialmente conflictivos a efectos de abastecimiento o de contaminación general, y establecer las alarmas pertinentes.
- Disponer de una red de información permanente y fiable a efectos de todo tipo de estadísticas hidrológico/hidráulicas destinadas a estudios e informes, planificación hidráulica, proyectos de aprovechamiento, etcétera.
- Hacer previsiones a corto plazo sobre la evolución de niveles y caudales en los ríos de la cuenca y anunciar automáticamente alarmas, todo lo cual permitirá disminuir los



Presa del Atazar.



Zona regable del Rosarito.

daños causados por avenidas e inundaciones en las personas, propiedades, infraestructuras, etcétera.

- En el futuro podrá completarse con la capacidad de telemando de partes concretas de la red, para aumentar la efectividad del sistema.

CONFIGURACION DEL SAIH

En orden a conseguir los objetivos anteriores, el SAIH de cada Cuenca Hidrográfica está configurado de la siguiente manera:

- Una red de Puntos de Control sensorizados, o estaciones remotas, distribuidos por toda la Cuenca, cuya función es captar automáticamente y transmitir las variables que constituyen la fuente de información del Sistema: precipitaciones, temperaturas, niveles de agua, caudales, volúmenes embalsados, etcétera.
- Unos puntos intermedios, o Puntos de Concentración, seleccionados por valores operativos, cuyas funciones son: 1) recibir la información transmitida desde los Puntos de Control que dependen de cada Punto de Concentración y transmitirla al Centro de Proceso de la Cuenca, y 2) llevar a cabo un primer nivel de tratamiento para ayuda a los responsables locales de operación, que incluye la presentación en pantalla de los datos transmitidos en tiempo real y la aplicación de procesos informativos sencillos.
- El Centro de Proceso de Cuenca, en donde: 1) se recibe y archiva, automáticamente, la información transmitida desde todos los Puntos de Concentración; 2) se procesa a los niveles de máxima complejidad mediante los sistemas pertinentes, y 3) se toman las decisiones de operación por parte de la Confederación Hidrográfica. Así pues, el Centro de Proceso trabaja en línea con la información recibida en tiempo real, que es analizada inmediatamente con el auxilio de potentes herramientas informáticas, como son modelos de simulación hidrológico/hidráulica y sistemas expertos, que facilitan la toma de decisiones por parte de la Confederación en cuanto a la maniobra de embalses y canales, propuesta de medidas de protección civil, etcétera.

Por lo que respecta a las comunicaciones del SAIH, el Centro de Proceso interroga periódicamente por radio a todos los Puntos de Concentración, en un proceso de barrido, cuya frecuencia se puede ajustar discrecionalmente. A su vez, cada Punto de Concentración interroga de forma análoga a todos los Puntos de Control que dependen de él. Todas las comunicaciones se realizan por radio, pero entre Puntos de Concentración y Centro de Proceso de Cuenca puede

existir también transmisión mediante línea telefónica de datos.

Todos los Puntos de Control que no se hallen próximos a la red de distribución eléctrica están dotados de alimentación autonómica mediante placas solares. Los restantes y todos los Puntos de Concentración, además de su conexión a la red eléctrica, están provistos de un sistema autónomo para situaciones de emergencia.

VARIABLES MEDIDAS EN LOS PUNTOS DE CONTROL

Cada Punto de Control está dotado de un microprocesador de adquisición de datos que gobierna el funcionamiento de los sensores, el tratamiento matemático de las variables medidas cuando es necesario para su traducción a variables hidrológico/hidráulicas, el almacenamiento temporal, la transmisión, la autosupervisión de funcionamiento, la generación de alarmas automáticas de valores límites y alarmas de averías, etcétera.

Las variables medidas en cada Punto de Control dependen de la finalidad asignada al mismo, de acuerdo con las siguientes directrices:

i) Variables climáticas

La precipitación en forma líquida se mide tanto en una serie de estaciones destinadas, exclusivamente, a este fin como en otras que también controlan variables de caudal o de embalse.

El control de las variables nivales se efectúa en emplazamientos especialmente seleccionados, e incluye: 1) la medida de la precipitación sólida, y 2) la medida de la altura de nieve acumulada en cada momento sobre el terreno.

A efectos de previsión de avenidas en zonas de respuesta muy rápida y con elevados riesgos potenciales, el control basado exclusivamente en precipitaciones y caudales no es suficiente, por lo que hay que establecer modelos de previsión propiamente climáticos, basados en:

- Estaciones climáticas desde las que se transmiten en tiempo real las variables de viento, humedad, temperatura y presión.
- En zonas especialmente conflictivas, se contará con la información transmitida por los radares del Instituto Nacional de Meteorología, que permitirán hacer previsiones de la precipitación a corto plazo.

ii) Variables de caudal

Se incluye aquí el control de caudales en ríos, canales principales y grandes tuberías. Salvo en estas últimas —en donde se mide la variable velocidad—, el caudal se controla a partir de la variable nivel y de la relación nivel/caudal, que en caso de canales de explotación es especialmen-

te compleja, y puede requerir el control de más de un nivel o del estado de apertura de compuertas e, incluso, la implantación de pequeños submodelos de funcionamiento hidráulico del enclave controlado.

iii) Variables de embalse

Las variables controladas en los embalses son:

- Volumen almacenado, a partir del nivel.
- Caudales evacuados por cada compuerta y válvula, lo que, junto con lo anterior, permite deducir el caudal entrante.
- Evaporación —medida directamente o calculada a partir de otras variables climáticas—, con el fin de corregir el cómputo anterior.

iv) Otras variables

Se consideran aquí, por una parte, las variables de calidad de agua en zonas conflictivas a efectos de abastecimiento o de grave contaminación —fluvial o litoral—, que, en su caso, pueden controlarse para utilizarlas con base en modelos de difusión.

Por lo que respecta a las variables de piezometría subterránea a utilizar en modelos de explotación global de recursos, dada su inercia, no resulta necesario en principio captarlas y transmitir las en tiempo real; desde este punto de vista, resulta preferible introducirlas manualmente en el Sistema vía teclado, con la periodicidad aconsejable en cada caso. No obstante, en casos de suficiente proximidad a Puntos de Control que son necesarios con otros fines, pueden incorporarse también por razones de operatividad, ya que el coste adicional requerido es de menor cuantía.

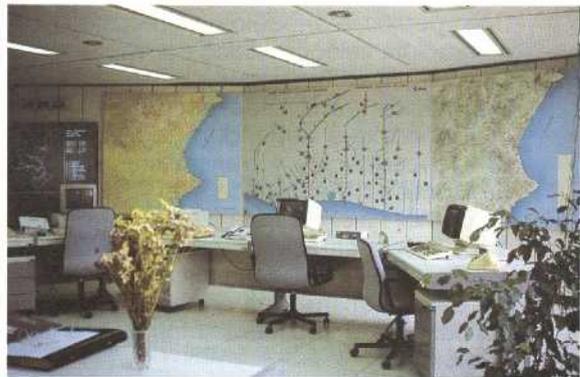
LOGICAL DEL CENTRO DE PROCESO DE CUENCA

El Centro de Proceso se hallará, en general, en la oficina principal de cada Cuenca Hidrográfica. El logical implantado en estos Centros de Proceso opera a partir de la información anterior, y constituye el instrumento para su procesamiento y la toma de decisiones por parte de la Confederación Hidrográfica. A este respecto, cabe distinguir los siguientes elementos que lo configuran:

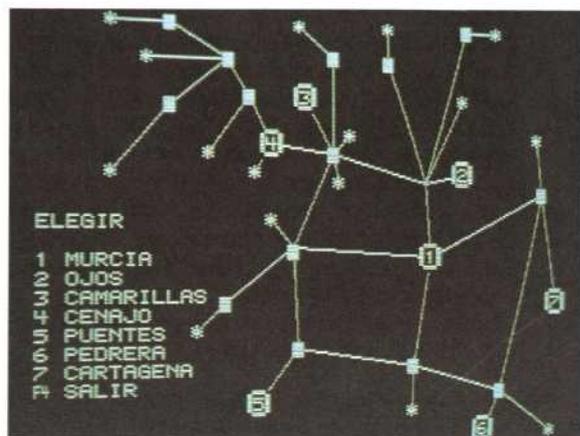
- i) Logical básico para el manejo y consulta de archivos, y logical de aplicaciones generales para el tratamiento estadístico espacio/temporal de series, tratamiento de funciones auxiliares, alimentación de modelos y sistemas expertos, etc., todo ello provisto de salidas tubulares y gráficas.



Inundaciones en la vega levantina.



Centro de proceso de la cuenca del Júcar.



Esquema de enlaces de radio de una cuenca.

- ii) Sistemas de modelos.

No trabajan en línea con la información en tiempo real dada su complejidad de operación, teniendo como finalidad ayudar en la prevención mediante la simulación de

trol, es decir, de aquellos en los que, por estar sensorizados, se dispone de información en tiempo real.

- Temporal, infiriendo la evolución futura del Sistema, tanto en puntos sensorizados como en puntos no sujetos a control.

Las respuestas obtenidas —junto, obviamente, con la información en tiempo real transmitida desde los Puntos de Control sensorizados— permiten adoptar decisiones respecto a, principalmente: 1) la operación de la infraestructura hidráulica, y 2) medidas de protección civil.

En paralelo con lo expuesto para los sistemas de modelos, los sistemas expertos están implantados para: 1) la gestión de recursos hidráulicos, y 2) el manejo y control de avenidas.

La utilización de esta tecnología en sistemas hidrológicos es mínima y constituye una línea de investigación que puede tener una gran proyección futura.

- Construcción del sistema general de adquisición de bases de conocimiento, consulta e inferencia en las mismas, sistemas que, también con eventuales retoques, es válido para todas las Cuencas Hidrográficas.
- Elaboración de las reglas de inferencia (base de conocimiento) para previsión, que constituye una actividad específica para cada Cuenca y se hace en base a: 1) síntesis de los resultados de la anterior aplicación sistemática de los correspondientes modelos, y 2) la incorporación, en aspectos básicamente más cualitativos, del conocimiento de los expertos de cada región sobre los problemas pertinentes en cada caso.
- Aplicación de los sistemas expertos en tiempo real.

Las reglas de inferencia de los sistemas son también refinadas y ajustadas progresivamente a lo largo de la vida del SAIH, como consecuencia de la mayor riqueza de la información hidrológico/hidráulica disponible y la correspondiente reiteración en paralelo de los procesos de calibrado/aplicación de los modelos y revisión de las propias reglas de inferencia.

PROGRAMACION DEL PROYECTO

Los primeros estudios del SAIH fueron iniciados por la DGOH, definiéndose a lo largo de ese año las características básicas generales del Sistema y el programa técnico y presupuestario para su progresiva implantación en las Cuencas Hidrográficas de acuerdo con la importancia y gravedad de los problemas de gestión y control hidráulicos existentes en cada Cuenca.

En el momento actual, el programa está en distintos grados de avance en cinco cuencas: Júcar, Segura, Sur de España, Ebro y Pirineo Oriental. En concreto su estado es el siguiente:

Júcar: en funcionamiento.

Segura: última fase de la obra, previsiblemente en funcionamiento este año.

Sur de España: última fase de la obra, previsiblemente en funcionamiento este año.

Ebro: en obra.

Pirineo Oriental: en obra.

La inversión global prevista para finalizar las cinco cuencas es del orden de 20.000 millones de pesetas. A la que habrá que añadir el coste de la explotación y mantenimiento del Sistema.

En los próximos años comenzarán sucesivamente las actuaciones en las cuencas del Norte de España, Guadalquivir, Guadiana, Tajo y Duero. En la primera de ellas se ha comenzado la fase de estudio del proyecto previo.