

Programa general de seguridad y explotación de las presas del Estado^(*)

SISTEMA AUTOMATICO DE INFORMACION HIDROLOGICA (S.A.I.H.)

Por ANTONIO MILLA RIERA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Subdirector General de Explotación y Tecnología
Dirección General Obras Hidráulicas, MOPU

La previsión y control de avenidas para la seguridad de presas y la evitación de inundaciones, tienen una importancia social y económica evidentes, que han determinado la puesta en práctica de un ambicioso programa, con marcado carácter de innovación tecnológica, actualmente en ejecución.

1. ANTECEDENTES

El Programa S.A.I.H. es la concreción, a nivel de instalación y explotación, del «Proyecto de Red Nacional para el Seguimiento en Tiempo Real de Avenidas y Recursos Hidráulicos», que fue redactado por la D.G.O.H. en 1983 en el marco de los programas de seguridad de presas y de mejora de la información hidrológica.

Aunque es cierto que un programa de esta clase se encuentra dentro de los que, en el campo de las obras hidráulicas, es preciso acometer mediante el concurso de tecnologías de punta —especialmente por cuanto se refiere a electrónica, comunicaciones e ingeniería de sistemas—, conviene aclarar que no es el pionero, por cuanto ya existen varios lugares en el mundo donde operan y están en explotación programas similares. Tanto en EE. UU., especialmente en California, como en Europa —con los programas de previsión de avenidas del Danubio y el Garona, entre otros—, e incluso en Japón y Nueva Zelanda, se han instalado y están funcionando con resultados muy positivos. Si es, en cambio, la primera vez que un plan semejante se acomete con la intención de desarrollarlo en todo un país.

1.1 Objetivos de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Dentro del Programa General de Seguridad y Explotación de las Presas del Estado, puesto en marcha recientemente por la Dirección General de Obras Hidráulicas, se está haciendo un especial esfuerzo por llevar adelante este programa de instalación y puesta en funcionamiento del Sistema Automático de Información Hidrológica, respondiendo a unas necesidades obvias de eficiencia y mejora de la gestión hidráulica.

Con ello se pretende dar un apoyo técnico sustancial, basado en las tecnologías más modernas de transmisión y proceso mecanizado, a la exigencia de racionalizar y agilizar el proceso de toma de decisiones en los dos tipos de problemas siguientes:

- a) Gestión de recursos hidráulicos (abastecimientos y regadíos).
- b) Previsión y actuación en avenidas.

Además de estos dos objetivos, que implican tomas de decisiones, se consigue también un tercero, a efectos estadísticos de datos, que es:

- c) Mejora de la información hidrológica.

Y, por último, al facilitar información en tiempo real sobre la situación de los embalses, permitiendo actuaciones inmediatas sobre esta si-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de abril de 1987.

tuación, se consigue el cuarto objetivo, más ligado de forma específica al Programa General de Seguridad y Explotación, que es:

- d) Perfeccionamiento de los medios y dispositivos de seguridad de las presas.

Es importante destacar que, si bien, como es evidente, la instalación de S.A.I.H. no modificará en lo más mínimo las condiciones hidrológicas naturales —de forma que se seguirán produciendo avenidas y sequías—, lo que sí proporcionará es un conocimiento inmediato de la realidad hidráulica en numerosos y suficientemente representativos puntos de la cuenca; este conocimiento permitirá, en muchos casos, reducir los daños que de otra manera producirían las avenidas, así como utilizar los recursos existentes de forma óptima.

1.2 Actuaciones y Metodología de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Con estos objetivos previos, la Dirección General de Obras Hidráulicas ha llevado a cabo tres actuaciones que sirven de prólogo y soporte a la puesta en marcha del Sistema de Información:

- a) Redacción de la Programación del Proyecto de la Red Nacional para el seguimiento en tiempo real de avenidas y recursos hidráulicos.

Este proyecto, conocido por «Proyecto Rosario», fue redactado en julio de 1983 con el objetivo de preparar las bases conceptuales, técnicas y económicas en que habría de apoyarse la Red de Información. Ha marcado los criterios generales para la redacción de los Pliegos de Bases de los Concursos correspondientes a la implantación de la Red en las cuencas en marcha actualmente.

- b) Puesta en marcha de la ejecución de las redes de radiocomunicación de las cuencas. La función principal de estas redes se concreta en la comunicación hablada, mediante sistemas de radio-frecuencia, desde las distintas presas existentes en cada cuenca con la cabecera de dicha cuenca, y también entre las distintas pre-

sas y con radios móviles instaladas en los vehículos oficiales.

Se ha previsto también un sistema de conexión interna en cada presa por medio de aparatos portátiles de radio.

Y, por último, se estudiará un sistema de transmisión por fascímil entre las distintas cabeceras de cuenca y la Dirección General de Obras Hidráulicas.

- c) Programa de actuaciones en el Sistema de Información.

Esta actividad, incluyendo la contratación de personal y la adquisición de medios necesarios para la explotación y mantenimiento de la Red, se puso en marcha con el Concurso de la Red en la cuenca del Júcar, aparecido en el B.O.E. del 31 de enero de 1984, siendo la intención de la Dirección General de Obras Hidráulicas el abordar tres o cuatro nuevas cuencas cada año, en función de las posibilidades económicas, de forma que para 1987 puedan estar funcionando las primeras cuencas, terminando las últimas en 1992.

Al analizar el procedimiento de actuación más adecuado, desde los puntos de vista administrativo y técnico, para desarrollar el Programa S.A.I.H., la Dirección General de Obras Hidráulicas se enfrentó con la disyuntiva de, o bien realizar primero un proyecto de construcción detallado para convocar después la correspondiente licitación, en la forma tradicional de un proyecto de obras, o, por el contrario, convocar un concurso de proyecto y construcción gobernado por un Pliego de Bases específico.

Después de ponderar las ventajas e inconvenientes de cada una de las dos alternativas se llegó a la conclusión de que era más adecuada la segunda —concurso de proyecto y construcción—, por cuanto la relativa novedad tecnológica del tema y la obligada intervención de diferentes disciplinas técnicas aconseja no sólo aceptar la presentación de «variantes» al concurso sino incluso estimularlas.

Se consideró a este respecto que la mejor manera de obtener una visión detallada del estado del arte actual sobre temas semejantes era, precisamente, a través de las soluciones presentadas por los propios Licitadores; no debe olvi-

darse que un proyecto de esta naturaleza tiene una componente importante de diseño en algunos temas cuyo «konw-how» es, en un cierto porcentaje y por un cierto tiempo, patrimonio de los organismos o empresas que han tenido la oportunidad de realizar obras semejantes.

2. CARACTERISTICAS BASICAS DEL SISTEMA DE INFORMACION

2.1 Funciones del Sistema

Las funciones básicas del Sistema habrán de ser las siguientes:

- Captación automática de datos por medio de sensores.
- Control, elaboración y almacenamiento de estos datos, mediante microprocesadores.
- Trasmisión de datos elaborados, a través de una red de transmisión.
- Interpretación de estos datos, elaboración de la información y ayuda a la toma de decisiones por medio de sistemas informáticos.

2.2 Composición del Sistema

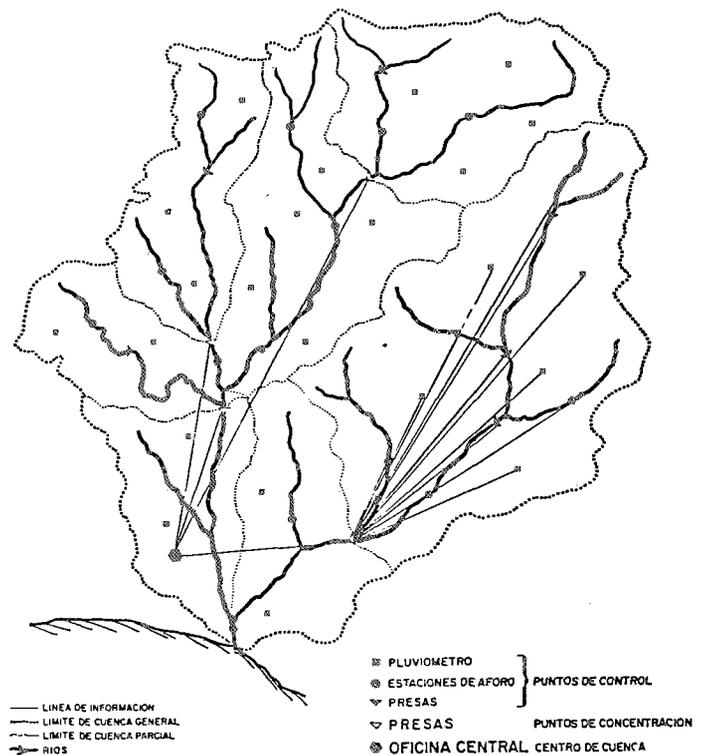
El alcance del Sistema es peninsular, de tipo radial, con centro en el Centro Nacional de Seguimiento, distribuido en tantos sistemas parciales como cuencas hidrográficas teóricas existen, diez en la actualidad. Este número podría aumentar, en caso de precisarse más de un Centro de proceso de cuenca en alguna de éstas que por su amplitud o complejidad, así lo exigiere.

2.2.1 Configuración Típica

Para responder a las exigencias funcionales que se derivan de los objetos señalados, el Sistema de Información de cada cuenca tiene una estructura jerárquica de tipo arborescente, apoyada en los siguientes tres niveles (ver gráfico adjunto):

- Nivel inferior. Está constituido por una red de «puntos de control», dotados de sensores, distribuidos por toda la cuenca, cuya función es captar automáticamente

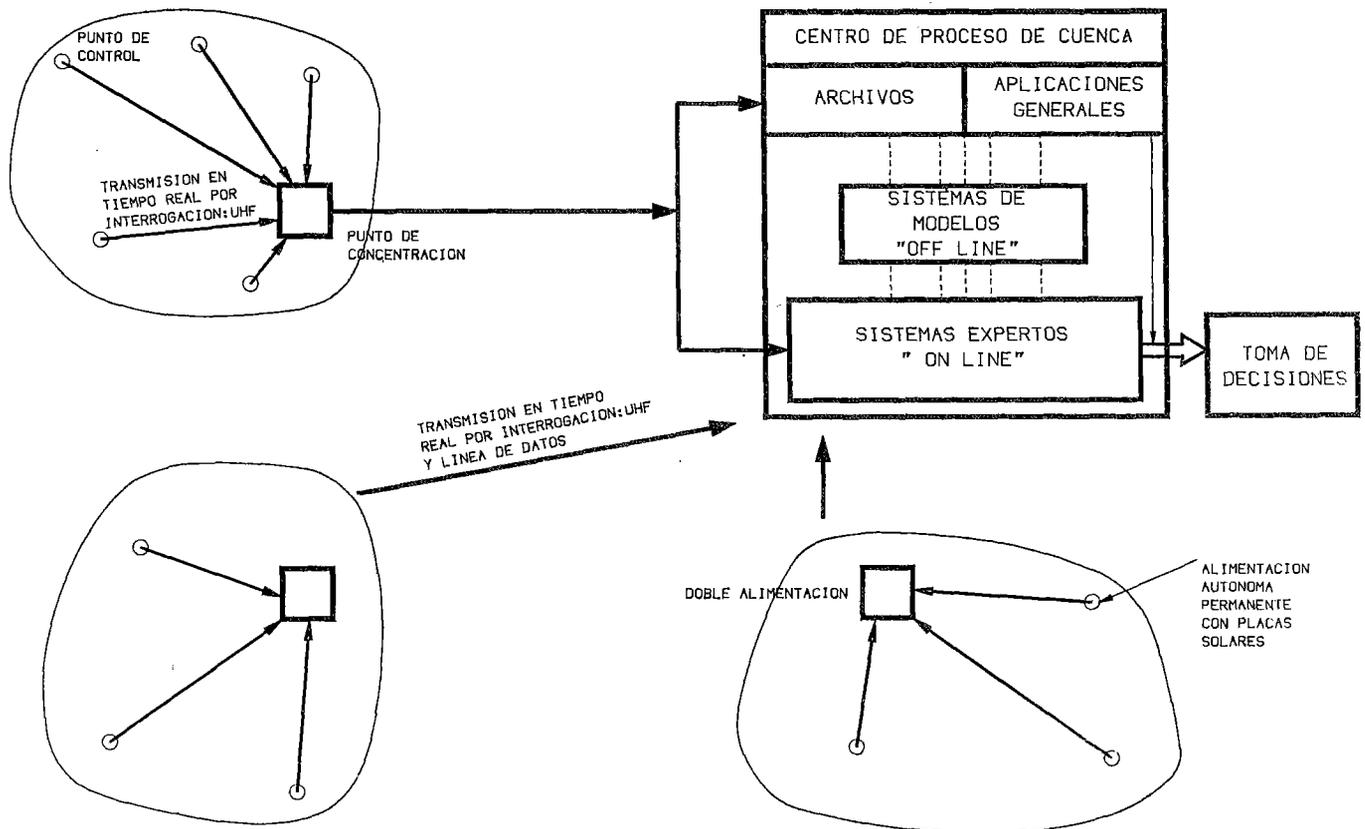
SISTEMA AUTOMATICO DE INFORMACION HIDROLOGICA
(ESQUEMA DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA)



y transmitir en tiempo real los datos que constituyen la fuente de información del sistema: precipitaciones, temperaturas, alturas de láminas de agua, velocidades, apertura de compuertas, etc.

- Nivel intermedio. La red de puntos de control se subdivide en diferentes zonas, en cada una de las cuales se selecciona, de entre los puntos de control, uno, denominado «punto de concentración», cuyas funciones principales 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 tratamiento informático de los datos, para facilitar la tarea de los responsables locales de la explotación del sistema hidráulico. Este tratamiento consiste en la obtención, a partir de los datos recibidos, de las variables hidrológico-hidráulicas correspondientes (lluvia, caudales, volúmenes de embalses, etc.), y su preparación estadística (con tablas, curvas, etc.).

CONFIGURACION DEL SISTEMA EN UNA CUENCA HIDROGRAFICA



Los puntos de concentración suelen estar situados en los embalses principales o en las oficinas regionales de las Confederaciones Hidrográficas.

- c) Nivel superior. Construido por el «Centro de proceso» que, emplazado en las oficinas centrales de cada Confederación, se ocupa de: 1) recibir y archivar, automáticamente, la información transmitida desde todos los puntos de concentración; 2) procesar los datos mediante los sistemas pertinentes de programas y modelos, y 3) implementar las decisiones de explotación tomadas por los responsables de la cuenca.

El Centro de proceso trabaja «off-line», con modelos de simulación del funcionamiento de la cuenca —en cuanto se refiere a producción y propagación de avenidas, explotación de la infraestructura hidráulica, etc.—, y «on line» con la información recibida en tiempo real y sistemas expertos de inteligencia artificial, cons-

truidos en base a los modelos anteriores, que son los que realmente facilitarán la toma de decisiones por parte de las Autoridades competentes en la materia.

2.2.2 Sistema de comunicaciones

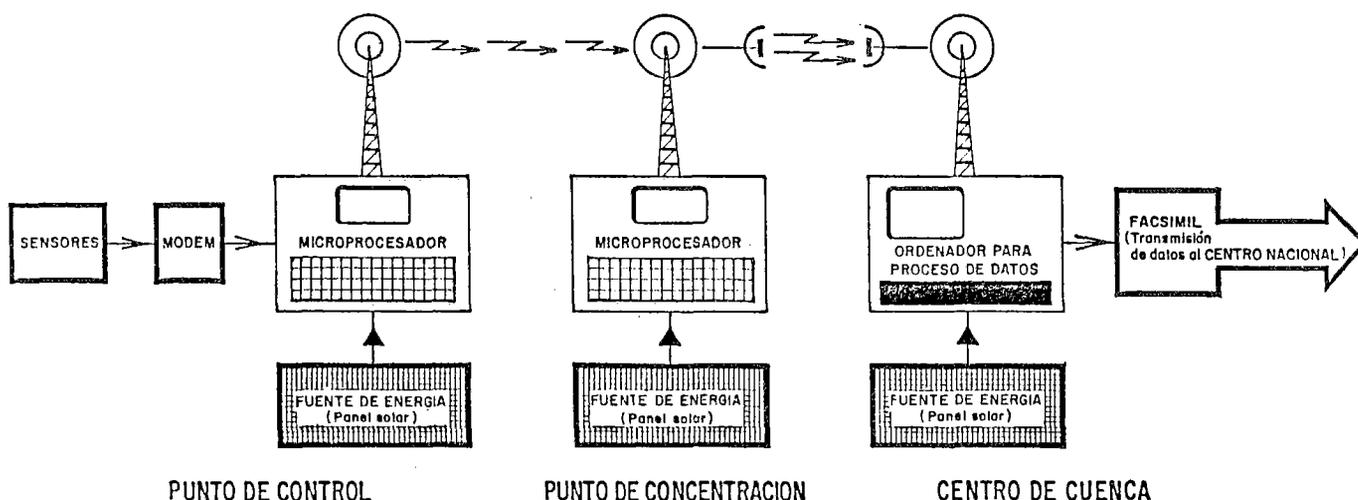
Las comunicaciones están previstas, en principio, vía radio que es el procedimiento que garantiza mejor la conexión en las circunstancias difíciles, desde el punto de vista climatológico, en que deberá trabajar muchas veces el sistema.

El Centro de proceso interroga periódicamente a todos los puntos de concentración, en un proceso de barrido cuya frecuencia se puede ajustar discrecionalmente; cada punto de concentración, por su parte, interroga de forma análoga a todos los puntos de control que dependen de él.

2.2.3 Microprocesadores

Cada punto de control está dotado de un mi-

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



como los microprocesadores y equipos de transmisión se obtiene, bien mediante alimentación autónoma, procedente de la energía solar, en los puntos que no están próximos a la red eléctrica, o mediante la oportuna conexión a dicha red en el resto de los casos.

3. SITUACION ACTUAL

Actualmente, la situación por cuencas es la siguiente:

Júcar. La implantación de la Red se empezó en agosto de 1985. Se han puesto en marcha, en paralelo, un concurso complementario para la campaña de tarado de curvas de aforos, y dos concursos más para la implantación del

Centro de cuenca, donde se instalará un ordenador con un sistema de programas y de sistemas expertos, que permitan elaborar los datos facilitados en tiempo real por la Red y tomar las decisiones de acuerdo con los objetivos del Programa.

Segura. La implantación de la Red se empezó en noviembre de 1985 y se ha puesto en marcha el primer concurso para el Centro de cuenca.

Sur de España. La implantación de la Red comienza en diciembre de 1986.

Ebro. Se adjudicó provisionalmente el 25 de febrero de 1986 entregándose el Proyecto el 24 de julio. En este momento se procede a su aprobación.

Pirineo Oriental. Se ha celebrado el concur-

VARIABLES MEDIDAS EN LOS PUNTOS DE CONTROL

VARIABLES CLIMATICAS	VARIABLES DE CAUDAL	VARIABLES DE EMBALSE	OTRAS VARIABLES
<ul style="list-style-type: none"> ▫ PRECIPITACION LIQUIDA ▫ NIEVE ▫ VARIABLES PARA CUENCAS RAPIDAS: <li style="padding-left: 20px;">ESTACIONES CLIMATICAS <li style="padding-left: 20px;">RADARES PLUVIOMETRICOS 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ RIOS: NIVELES EN UN PUNTO ▫ CANALES: NIVELES EN UNO O VARIOS PUNTOS Y COMPUERTAS ▫ GRANDES TUBERIAS: VELOCIDAD 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ VOLUMEN ALMACENADO ▫ CAUDALES EVACUADOS POR ALIVIADEROS, TOMAS Y DESAGUES ▫ EVAPORACION 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ CALIDAD DEL AGUA ▫ PIEZOMETRIA: EN CASOS FAVORABLES

so de adjudicación del proyecto e implantación de la Red, y ya se ha adjudicado provisionalmente en octubre.

Norte de España. Se está preparando el Pliego de Bases con objeto de anunciar el correspondiente Concurso en los primeros meses de 1987.

En el diagrama adjunto se indica la previsión actual de actuaciones en todas las cuencas.

La programación actual y previsión de inversiones es lógicamente estimativa y estará en función de las disponibilidades reales de créditos. Hasta el momento se llevan invertidos unos 1.700 millones de pesetas, de los 35.000 millones previstos para el conjunto del Programa.

EL SAIH, EN ESQUEMA

La información es la clave del programa SAIH, que se sustenta en una red, instalada en cada cuenca hidrográfica, de puntos de control, puntos de concentración y centro de proceso de cuenca. Cada una de las 10 cuencas tiene estos tres niveles. Cada centro de proceso de cuenca estará en conexión con el Centro Nacional de Seguimiento, dependiente del Ministerio de Obras Públicas.

Los puntos de control sensorizados, o estaciones remotas (1.728 en total), están distribuidos por cada cuenca y tienen la función de captar automáticamente y transmitir en tiempo real las variables que constituyen la fuente de información del sistema: precipitaciones, temperaturas, niveles de agua, caudales, volúmenes embalsados...

Cada punto de control está dotado con un microprocesador, que gobierna el funcionamiento de los sensores e incluye la autosupervisión de funcionamiento, alarma automática de averías y otras funciones. Estos puntos se colocan fuera de la red hidrográfica (pluviómetros); en ríos y canales y en presas. Los puntos de concentración (170) —segundo nivel del sistema o puntos intermedios— tiene la doble finalidad de recibir la información transmitida desde los puntos de control que dependen del punto de concentración y transmitirla al centro de proceso de cuenca.

Este último centro lleva a cabo un primer ni-

vel de tratamiento a través de sistemas expertos, que ayuda a los responsables locales de la operación a tomar decisiones. Estos puntos están situados por lo general en los embalses principales de cada cuenca.

La información transmitida desde todos los puntos de concentración se procesa en los niveles de máxima complejidad de cada cuenca hidrográfica, que constituyen el centro de proceso de cuenca.

En este centro se trabaja tanto con modelos de simulación sobre datos que se han dado previamente, como con la información recibida en tiempo real desde los sistemas expertos de los puntos de concentración.

Por medio de un trabajo *on line* (en tiempo real), el centro de proceso de cuenca interroga periódicamente a todos los puntos de concentración en un proceso de barrido cuya frecuencia se puede ajustar discrecionalmente. A su vez el punto de concentración interroga de forma análoga a todos los puntos de control que dependen de él.

Todas las comunicaciones se realizan por radio, en UHF, en banda de 450 megahercios, aunque también pueden hacerse por línea telefónica de datos entre puntos de concentración y centro de proceso de cuenca. Los puntos de control que no se hallen próximos a la red de distribución eléctrica estarán dotados de alimentación autónoma mediante placas solares (sistema de energía fotovoltaica). Todos los puntos de concentración están provistos, además de su conexión con la red eléctrica, de un sistema autónomo para situaciones de emergencia.

Antonio Milla Riera



Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Es Subdirector General de Explotación y Tecnología. DGOH. MOPU, Vocal de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, Presidente del Comité Español del Plan Hidrológico Internacional de la UNESCO y Secretario de la Comisión Central de Desembalses.