

# EL SAIH Y LA MODERNIZACIÓN DE LA HIDROMETRÍA

César Ferrer Castillo.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Jefe del Servicio de Coordinación y Actuaciones Especiales  
de la Confederación Hidrográfica del Ebro.*

## RESUMEN

*En este artículo se presenta una panorámica del SAIH desde el punto de vista de la HIDROMETRÍA, analizando ciertos aspectos concernientes al diseño de las estaciones de aforo, la instrumentación para la recolección de los datos y los sistemas para su transmisión. Se analizan diversas cuestiones sobre la calidad y fiabilidad de los datos obtenidos, así como de la producción de estadística automática. También se presenta una visión de la situación sobre la modelística relacionada con el SAIH.*

## ABSTRACT

*The hydrometric aspect of the SAIH is outlined in this article, with reference to certain features of design of the measurement stations and to the equipment for collecting and transmitting the relevant data. Consideration is given to the value and the reliability of these data and to the automatic production of statistics. Mention is made of the use of modelling by the SAIH.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El SAIH, Sistema Automático de Información Hidrológica, nace como consecuencia de una exigencia de la sociedad que demanda actuaciones efectivas frente a las avenidas. El detonante que pone en marcha estas actuaciones fue la serie de avenidas catastróficas que se produjeron a lo largo de la geografía peninsular durante los años 1982 y 1983, fundamentalmente en las cuencas hidrográficas del Norte, Ebro y Júcar.

La esencia inicial de SAIH fue la previsión y seguimiento de las avenidas e inundaciones, si bien rápidamente se vio que el SAIH se podía utilizar para otros usos que rentabilizarían todavía más su utilización.

Así pues, los objetivos iniciales del SAIH fueron:

- ▼ La previsión y seguimiento de las avenidas.
- ▼ La optimización de la gestión de los recursos hídricos, en cantidad y en calidad.
- ▼ La mejora de la seguridad de las presas, al conocer en todo momento su situación.

- ▼ La mejora de las bases de datos hidrometeorológicos e hidrológicos, tanto en cantidad como en calidad.

En estos momentos el SAIH se encuentra prácticamente operativo en las cuencas hidrográficas del Júcar, Segura, Sur, Ebro e Internas de Cataluña. La cuenca del Duero tiene en funcionamiento una primera fase y la cuenca del Guadalquivir se encuentra en fase de instalación muy avanzada. Para los cálculos que se realizan con posterioridad se consideran los SAIH de todas estas cuencas.

## 2. EL SAIH Y LA HIDROMETRÍA

El SAIH es un sistema que maneja datos hidrometeorológicos e hidrológicos. Los hidrometeorológicos son fundamentalmente pluviométricos y pluviométricos; próximamente incorporará también espesores y densidades del manto de nieve. Los hidrológicos corresponden a niveles de lámina de agua en ríos, canales, embalses y acu-

Se admiten  
comentarios a este  
artículo, que deberán  
ser remitidos a la  
Redacción de la ROP  
antes del 30 de  
marzo de 1996.

Recibido en ROP:  
octubre de 1995

feros y velocidad del agua en ciertos puntos; también utiliza datos de posición de compuertas y válvulas en embalses y canales. Además maneja otros datos meteorológicos, como temperatura, humedad, etc. y de calidad del agua, como ph, conductividad, etc.

Curiosamente y a pesar de que el SAIH está unido a la adquisición y manejo de toda esta tipología de datos hidrométricos, se ha escrito muy poco de HIDROMETRÍA al hilo del SAIH.

Sin embargo el SAIH ha venido a dar un impulso decisivo a la HIDROMETRÍA, igual que a otras muchas cosas, ya que es un herramienta moderna y modernizadora.

### 3. INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN

El SAIH utiliza para la adquisición de los datos básicos una infraestructura de medición, que en parte existía y en parte se construye, consistente en un conjunto de instalaciones pluviométricas e hidrométricas en su más amplio sentido; entre las hidrométricas se encuentran las estaciones de aforo en ríos, canales y embalses y las estaciones de control de aguas subterráneas.

#### **PLUVIOMETRÍA Y PLUVIONIVOMETRÍA**

El SAIH ha producido un incremento en la infraestructura de estaciones pluviométricas y pluviométricas de funcionamiento y transmisión automáticos muy significativo, si se compara con las anteriormente existentes; el Instituto Nacional de Meteorología dispone en toda España de 235 estaciones meteorológicas automáticas, de las que 213 transmiten datos a través de línea telefónica. Con el SAIH se han instalado unas 350 estaciones de medida exclusiva de la precipitación; también se han instalado sensores pluviómetros o pluviométricos en otros puntos de control, con lo que la totalidad de los puntos de medida de precipitación se cifra en unos 600.

#### **ESTACIONES DE AFORO EN RÍOS**

En el ámbito de las estaciones de aforo en ríos el SAIH ha venido a impulsar, regenerar y renovar un tanto la metodología de medición.

El SAIH utiliza unas 250 estaciones de aforo, de las que aproximadamente un tercio son de nueva construcción; el resto existían dentro de las

redes hidrométricas que la Dirección General de Obras Hidráulicas mantiene operativas a través de las Confederaciones Hidrográficas. Muchas de las incorporadas han sido convenientemente reparadas, modificando su diseño para corregir los defectos de funcionamiento que presentaban.

En general los nuevos diseños incorporan los detalles hidrométricos que hacen que las medidas de nivel se realicen con más fidelidad, sensibilidad y estabilidad.

Para diseñarlas se han estudiado las máximas avenidas que previsiblemente pudieran circular por la estación. Con el fin de facilitar el paso de las mismas se suprimen los muros y muretes divisorios innecesarios, con lo que se aumenta la luz libre. Así se consigue disminuir o evitar la retención de arrastres flotantes y de fondo que siempre quedan atrapados en los muros, lo que hace disminuir o desaparecer las distorsiones que se producen en los registros de niveles y evita errores.

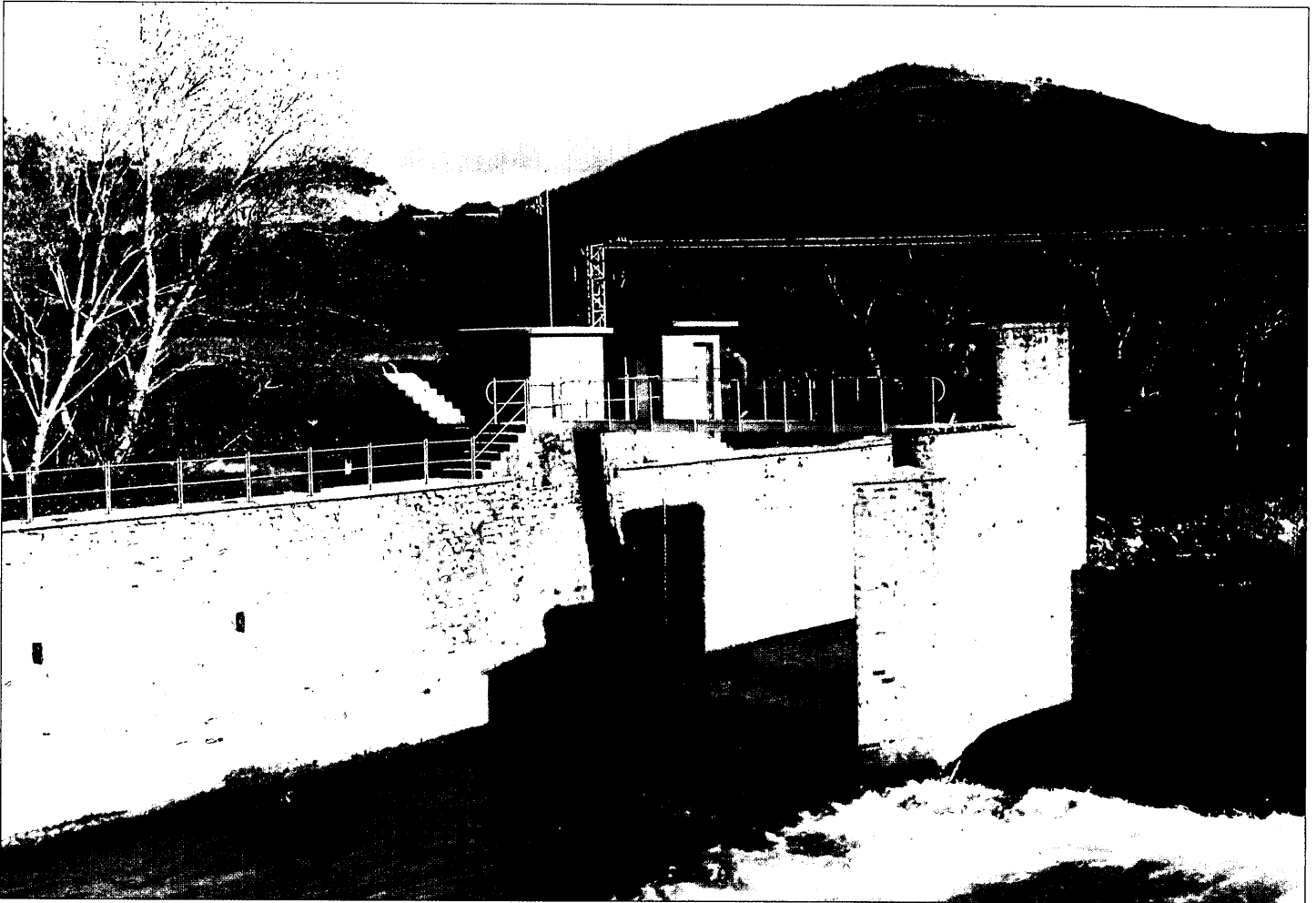
En función de la luz libre a salvar se construyen pasarelas, cables de orilla o teleféricos, o se buscan secciones de puentes cercanos desde los que se puedan realizar los aforos directos en aguas medias y altas.

Los vertederos se dimensionan de manera que los espesores de agua en los estiajes frecuentes se midan con suficiente precisión; la sección de vertido se construye de manera que la lámina de agua resulte perfectamente aireada de forma automática para caudales bajos y medios, consiguiendo que las condiciones de funcionamiento se parezcan más a las especificadas para los cálculos teóricos de los desagües, con lo que se consigue ajustar mejor las estimaciones de caudales.

Se construyen andadores inmediatamente aguas abajo de las secciones de vertido, para facilitar la ejecución de aforos directos en estiajes y aguas bajas; este sistema evita la influencia de la presencia del aforador en la corriente de agua lo que produce un aumento de la precisión y fiabilidad de la medida.

Se eliminan los largos conductos de conexión del pozo de registro con el canal de aguas bajas, que se aterran fácilmente produciendo pérdidas de datos; para ello se adosa a una margen el canal de aguas bajas. La conexión se construye practicable y corta, con lo que la limpieza del arenoso que asegura la flotación de la boya en estiajes se realiza con gran facilidad.

Las casetas tienen el diseño adecuado para facilitar el montaje de los equipos de registro, almacenamiento y transmisión de los datos. Estas son



*Antigua estación de aforos, adaptada al SAIH.*

en general prefabricadas y se han diseñado para que no presenten problemas de integración en el medio en el que se instalan. En aquellos entornos que por sus peculiares características lo requieren, se realizan diseños singulares.

Las obras se terminan integrándolas en el medio circundante, de manera que produzcan el menor impacto negativo.

Dentro de los nuevos diseños que se han utilizado en el SAIH, está el denominado marco de control cuya finalidad es la medición en barrancos, rieras o cauces con circulación ocasional, en los que resulta prácticamente imposible la realización de aforos directos que permita ajustar el tarado con datos realmente medidos. Estas estructuras son similares a las estaciones de aforo tradicionales, con la diferencia de la existencia de un segundo pozo de registro o una segunda medida de nivel que permite determinar la pendiente motriz del agua; con esta y con la sección mojada se puede calcular el caudal circulante en las avenidas.

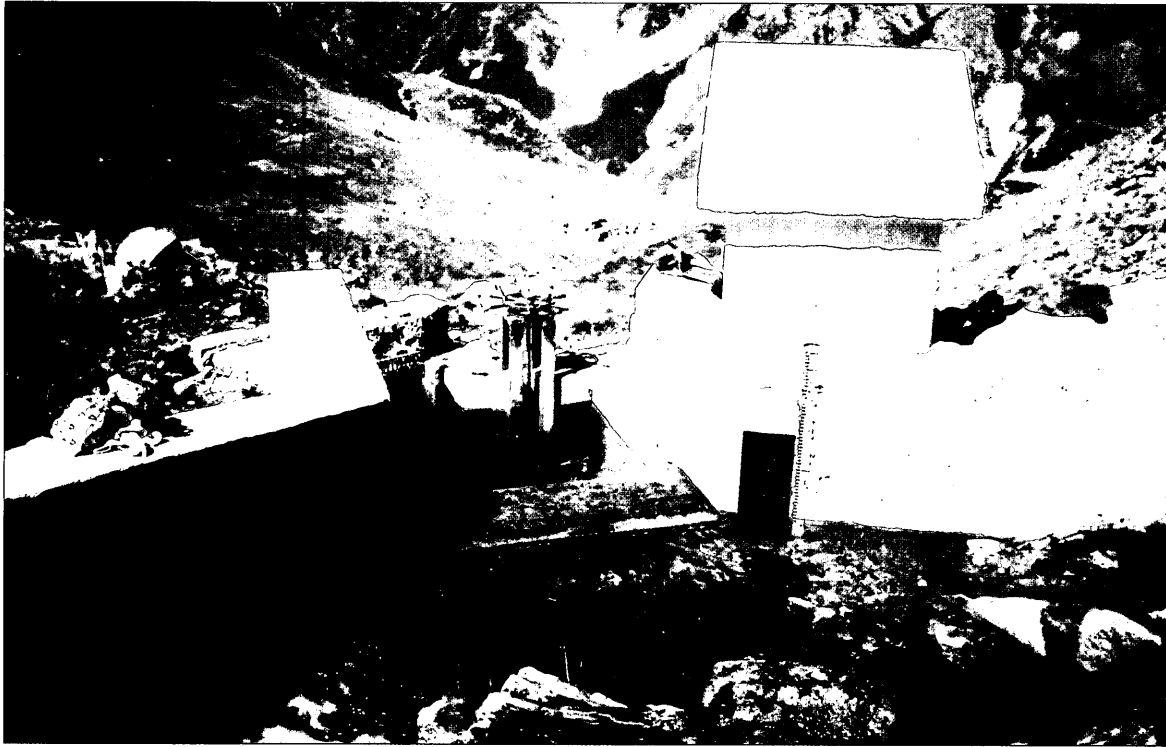
En el proyecto del SAIH correspondiente a la cuenca Hidrográfica del Tajo aparece otro tipo de diseño de estaciones de aforo ya utilizado por las Diputaciones Forales de Guipúzcoa y de Navarra. Se trata de los aforadores V-Flat que se caracterizan por tener la sección transversal de desagüe en V y la sección longitudinal en V invertida de manera que se produce una garganta por la que pasa el agua. Este tipo de estación precisa de ríos prácticamente sin arrastres con el fin de que se conserven las condiciones específicas para su correcto funcionamiento; también precisa de una instalación aneja si se desea contrastar el tarado realizando aforos directos.

#### ESTACIONES DE AFORO EN CANALES

En canales se han construido alrededor de 300 estaciones de aforo, que permiten determinar los caudales circulantes por cada una de las secciones controladas.

*Aforo en canal.*





**Estación de aforos de la fusión nival. (Estangento).**

El diseño de la estrategia de medición en las estaciones en canal resulta más difícil si cabe que en los ríos, ya que la función y utilización de un canal es en parte contradictoria con la requerida para medir con exactitud. Un canal tiende a transportar un determinado caudal siempre con la máxima cota posible para que el agua llegue a todas las tomas, incluso a las más altas, realizando retenciones si es preciso. Una sección de control precisa que los distintos caudales circulen con la máxima diferencia de nivel. Ambos requerimientos están en contradicción, por lo que es preciso recurrir a instalaciones muy bien diseñadas. Para aquellas soluciones en las que aparecen pérdidas de carga localizadas por la construcción de vertederos, se realiza un riguroso estudio con el fin de minimizarlas y conseguir que no se reduzca la capacidad portante del canal.

En tramos en los que las retenciones necesarias para la buena explotación del canal o la existencia de impulsiones impiden una medida por los métodos tradicionales, se recurre a medir otros parámetros, como la velocidad del agua, lo que permite determinar con precisión los caudales circulantes. Además del nivel y de la velocidad se mide también la posición de las compuertas de control del flujo, y se tiene en cuenta las posibles pérdidas de caudal por los aliviaderos superficiales.

Se instalan pasarelas que permiten realizar aforos directos, pues estos resultan imprescindibles para obtener un tarado preciso y real.

Las casetas son similares a las de otras estaciones de aforo.

En la cuenca hidrográfica del Segura se han construido una serie de estaciones basadas en un diseño de aforador Parsahall modificado que minimiza la pérdida de carga localizada; su funcionamiento en condiciones semisumergidas es satisfactorio y proporciona datos precisos en todo el rango de medida.

#### ESTACIONES DE AFORO EN EMBALSES

Los embalses y azudes importantes que se controlan en el SAIH son unos 250.

Las instalaciones se clasifican en función de la altura máxima de lámina de agua a medir, considerando las superiores a 10 ó 15 m. y las inferiores. La tecnología de medición utiliza sensores diferentes para los dos rangos establecidos. En el rango inferior se pueden utilizar sistemas de boya y contrapeso siempre que exista un paramento o pozo vertical, aún cuando en alguna cuenca se utiliza la boya y contrapeso para cualquier rango; en los demás casos se recurre a sensores piezométricos. Para el rango superior se utilizan sensores piezométricos de presión total, que tienen una

mayor resolución y proporcionan datos suficientemente precisos.

Además del nivel embalsado se registran datos de la posición de los órganos de desagüe, como compuertas de aliviaderos, válvulas de desagüe de fondo u otras. En ciertos casos se incorporan datos de auscultación de la presa.

#### AGUAS SUBTERRÁNEAS

En la actualidad todavía hay pocas estaciones de control de aguas subterráneas incorporadas al SAIH. Uno de los puntos existentes controla la intrusión marina en un acuífero costero, utilizando la medición para determinar los momentos en los que se deben de realizar recargas y la cuantía.

#### NIVOMETRÍA

En los inicios del SAIH se comenzó el estudio del manto nival en los Pirineos, apreciándose la

complejidad del tema. Ante esta circunstancia se decidió la segregación del SAIH para estudiarlo separadamente, dando origen al programa ERHIN, Estudio de los Recursos Hidráulicos procedentes de la Innivación.

El ERHIN, que se extiende a las cordilleras Pirenaica, Cantábrica y Sierra Nevada, ha sistematizado el estudio de las nieves y realiza publicaciones anuales de datos. Uno de los resultados del programa ha sido la determinación del tipo de sensor que mejor se adapta a los requerimientos de información que permite seguir la evolución del manto nival en tiempo real. Este tipo de instrumento proporciona datos de espesores, densidades de la nieve y temperaturas ambiente, a través de conexiones vía satélite.

Próximamente se incorporaran al SAIH varios de estos puntos de control nival en las cordilleras citadas, lo que permitirá conocer en tiempo real las reservas de agua en forma de nieve y realizar previsiones y seguimiento de la fusión, con lo que

**Estación de aforos con varios niveles. (Subordán en Javierregay).**



se anticipará el conocimiento sobre posibles avenidas y se tendrá información más precisa de los recursos disponibles durante la misma.

#### **4. SENSORES Y RECOLECTORES DE DATOS**

El SAIH utiliza diversos tipos de sensores para la captación de los datos primarios, que se conectan mediante cableados especiales a los recolectores de datos, que almacenan, elaboran y empaquetan la información que se transmite vía radio.

Los sensores utilizados para la captación del dato de nivel son de variada tipología y se pueden clasificar fundamentalmente en ultrasónicos, piezométricos y codificadores angulares. En embalses de más de 10 ó 15 m. se utilizan sensores piezométricos osciladores de cuarzo de presión total.

Los sensores ultrasónicos son poco precisos y poco estables, por lo que no son muy utilizados.

Los sensores piezométricos presentan un aspecto de cilindro metálico compacto con la salida del cable en un extremo y la zona sensible en el otro. Algunos de los diseños de principio piezorresistivo han presentado problemas al quedarse en seco rodeados de lodo; los piezocapacitivos parece que no presentan este inconveniente. Este tipo de sensores tienen la ventaja de no necesitar un pozo vertical para su instalación, pero tienen el inconveniente de que se deben de instalar en la zona más profunda del río, por lo que resultan complicadas las labores de mantenimiento; también resulta difícil la comprobación "in situ" del funcionamiento para espesores de agua grandes, por la dificultad de su simulación; el ajuste del cero y de la escala de equivalencia también presenta dificultades y no se dispone de buena información sobre las derivas en el tiempo por envejecimiento de sus componentes. Se pueden instalar en la caseta de equipos adosándolos a un sistema neumático que les transmite la presión del agua de manera que mejora su accesibilidad, pero se complica y encarece su instalación y conservación.

Los codificadores angulares son sensores que precisan de un giro para captar el dato; este giro se consigue mediante la utilización de una polea y un sistema de boya y contrapeso, por lo que este tipo de sensor se instala frecuentemente en línea con el tradicional limnógrafo. La utilización de la boya precisa de pozos verticales, de un contrapeso y de una sirga, fleje o cadena metrada; la cadena presenta indudables ventajas sobre el fleje o la sirga ya que su durabilidad es prácticamente inde-

finida si es de acero inoxidable, al no deteriorarse ante el reiterado paso por las poleas ni en los desmontajes. Los codificadores pueden ser mecánicos de contactos por levas, ópticos o resistivos. Tienen la ventaja de ser totalmente accesibles, fáciles de revisar, ajustar y comprobar, ya que generalmente se instalan sobre una mesa. Los resistivos tienen menor estabilidad y durabilidad y producen una señal de tipo analógico. Los mecánicos y ópticos no presentan derivas con el tiempo, pudiendo proporcionar información útil incluso en funcionamiento degradado, por lo que resultan altamente fiables; producen una señal analógica.

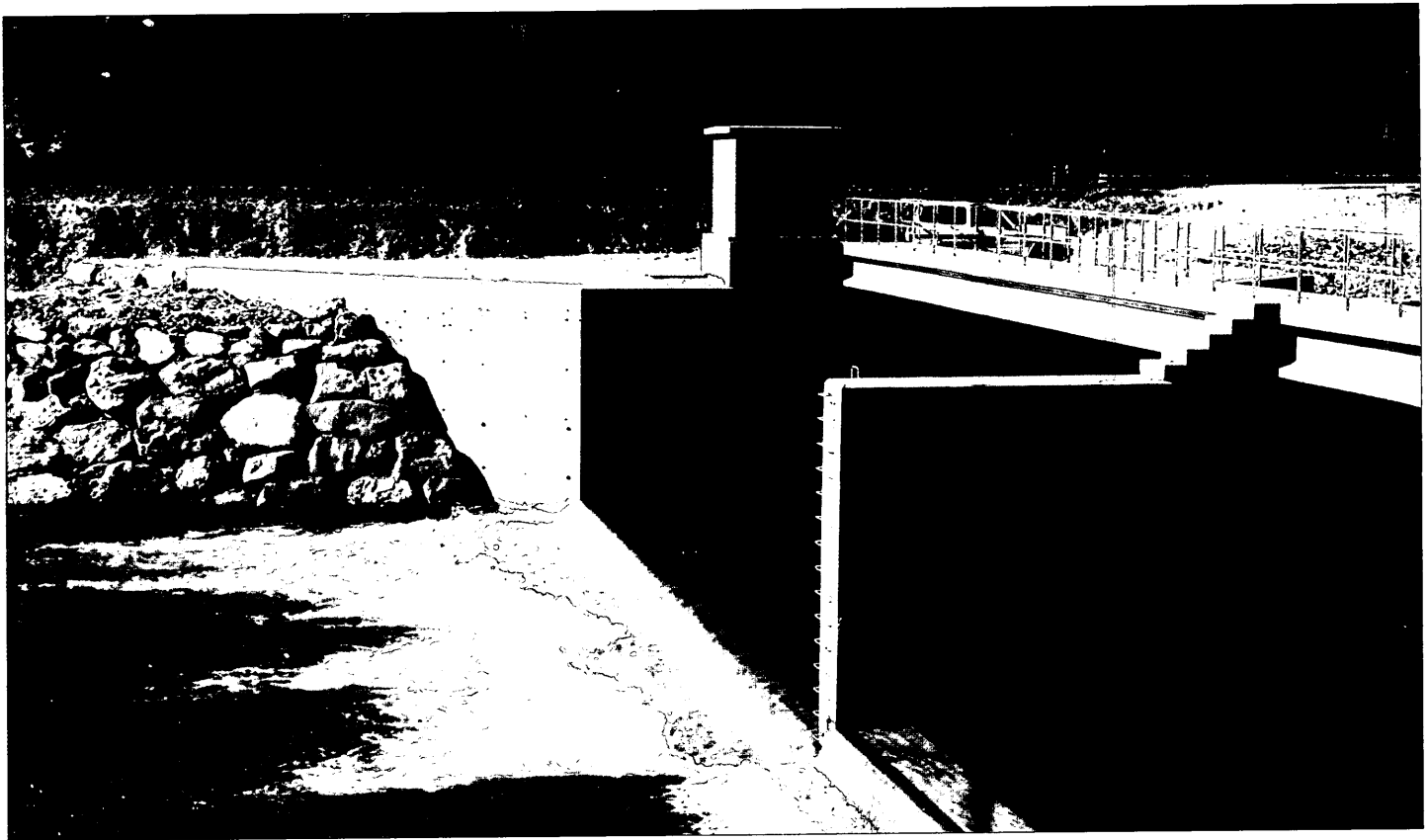
Los sensores piezométricos resonadores de cuarzo son muy precisos y tienen gran resolución; son sensores caros que van asociados a una electrónica compleja y a otros sensores para permitir obtener el dato de nivel de embalse. Se instalan en conexión con la zona profunda del embalse mediante un conducto en la presa o mediante un sistema neumático.

Las señales eléctricas que proporcionan los sensores son de tipo analógico o digital. La señal analógica es continua y circula por un cable apantallado de dos conductores; para su conexión al recolector de datos, desarrollado en base a un microprocesador que funciona digitalmente, precisan de una electrónica de acoplamiento que si no está bien diseñada puede degradar la calidad del dato transmitido. La señal digital se produce en escalones, y circula por cables apantallados de varios conductores, 12 ó 14; este tipo de señal se introduce fácilmente en los recolectores de datos, sin producirse degradación, y su transmisión por el cable de conexión es mucho más segura frente a las interferencias exteriores.

Para captar los datos de posición de válvulas y compuertas se utilizan los codificadores angulares. En las compuertas de sector se utilizan codificadores angulares pendulares.

En canales abiertos o conductos cerrados se utilizan los medidores de velocidad por ultrasonidos, siendo mejores los que miden la velocidad en una banda en lugar de en un punto; también se utilizan los medidores electromagnéticos, que proporcionan un valor medio de la velocidad de la masa de agua circulante, resultando más precisos, pero también mucho más caros.

Para medir la pluviometría se utilizan pluviómetros de balancín, con contacto y en ciertos casos se utilizan medidores de goteo, con principio óptico. Los pluvionivómetros, también de balancín, incorporan un elemento calefactor; en ciertos casos



**Estación de aforos en la Cerbaña. (Segre en Isobol).**

la ascendencia del aire caliente producido distorsiona la medición de la precipitación en forma de nieve, por lo que se están utilizando también pluviómetros totalizadores que miden por peso y no tienen elementos calefactores.

## 5. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

El SAIH utiliza la transmisión por radio por ser más segura cuando se producen avenidas, ya que las líneas terrestres de telefonía u otras pueden resultar seriamente dañadas, lo que ocasiona pérdidas de comunicación y de datos.

Los primeros SAIH que se han instalado, que corresponden a las cuencas mediterráneas y a la del Duero, utilizan la conexión por radio a través de cadenas de repetidores terrestres; este sistema permite utilizar esta infraestructura para establecer otro tipo de comunicaciones, como la fonía con inclusión de móviles, la conexión de las distintas oficinas de las Confederaciones Hidrográficas a nivel de ordenadores, con establecimiento de correo electrónico, fax, etc.

Los SAIH de nueva generación, como es el del Guadalquivir y el resto de los que se encuentran

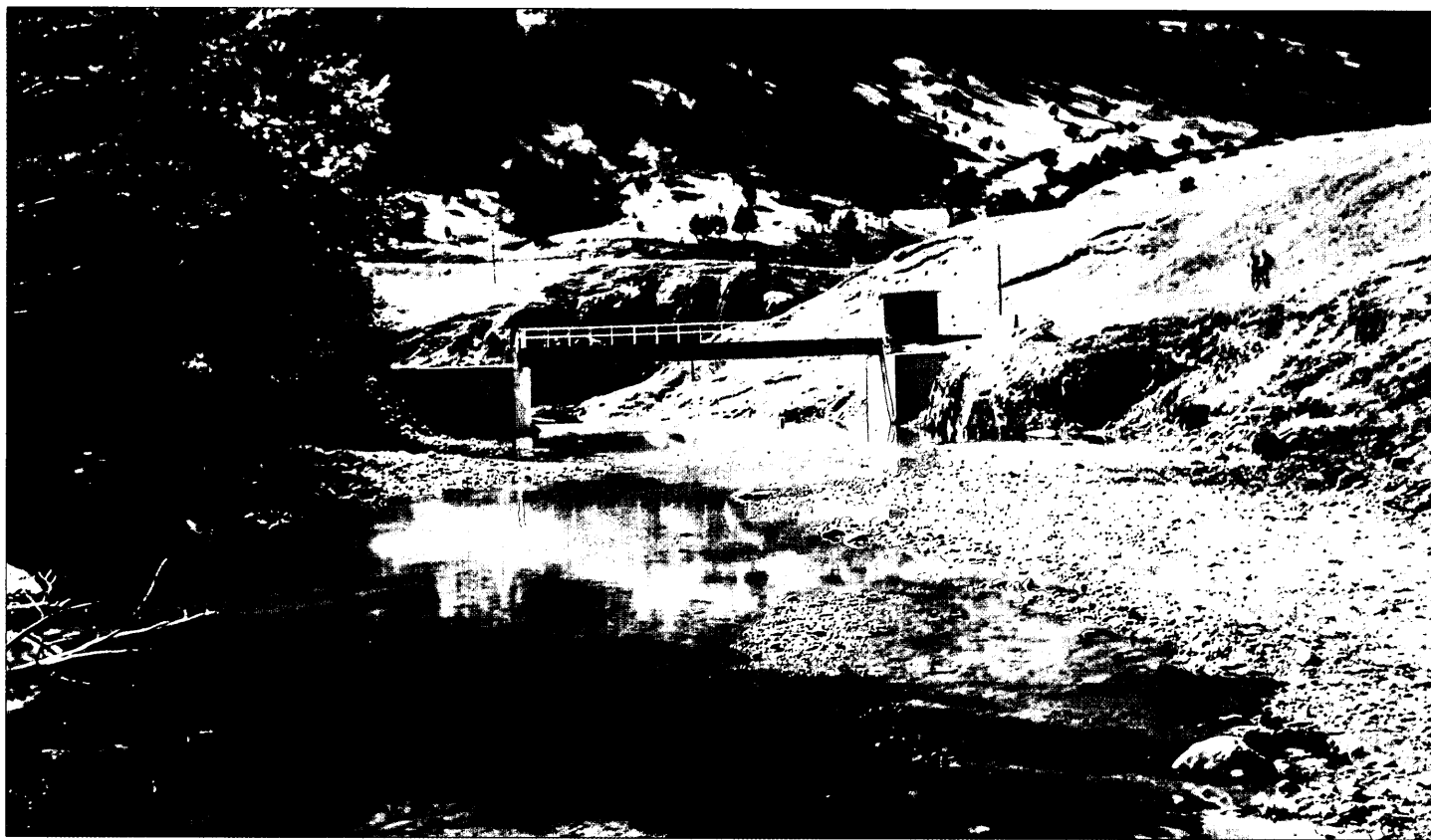
en proyecto, todos ellos de vertiente atlántica, utilizan o tienen proyectado utilizar para sus conexiones un satélite como repetidor único; resulta así más sencilla su instalación y puesta en servicio y más sencillo también su mantenimiento, ya que no existen los repetidores terrestres que siempre están ubicados en puntos altos en los que son frecuentes los problemas de accesibilidad por nieve, hielo, deterioro de accesos, etc.

## 6. ELABORACIÓN DE LOS DATOS

El SAIH recoge los datos básicos, como son los niveles de lámina de agua en ríos, canales y embalses, las posiciones de compuertas, etc. y los elabora convirtiéndolos en valores de ingeniería, como son los caudales circulantes por ríos, canales, aliviaderos o válvulas de embalses, los volúmenes de agua almacenados en los mismos, etc.

La elaboración de los niveles registrados en las estaciones de aforo en río se realiza a través del tarado, curva de gastos, o equivalencia altura-caudal. Para ello se elige el procedimiento de cálculo teórico que se ajusta mejor al fenómeno físico





**Estación de aforos para escorrentía nival. (Verál en Zuriza).**

de tránsito del agua a través de la estación, como puede ser la fórmula del vertedero en pared fina o gruesa, la de Manning, HEC 2, etc. y se calcula una curva de gastos teórica basada en los datos topográficos de la sección estudiada y en la estimación de los coeficientes de desagüe correspondientes. Esta curva de gastos inicial permite la obtención de caudales circulantes a partir de los niveles registrados desde la puesta en servicio de la estación.

Estos datos deben de ser contrastados con mediciones reales ya que pueden resultar erróneos o poco aproximados, pues las estimaciones de ciertos parámetros resultan difíciles, por lo que es preciso disponer de medidas directas que permitan ajustarlos adecuadamente. Por este motivo resulta de gran importancia la realización de aforos directos.

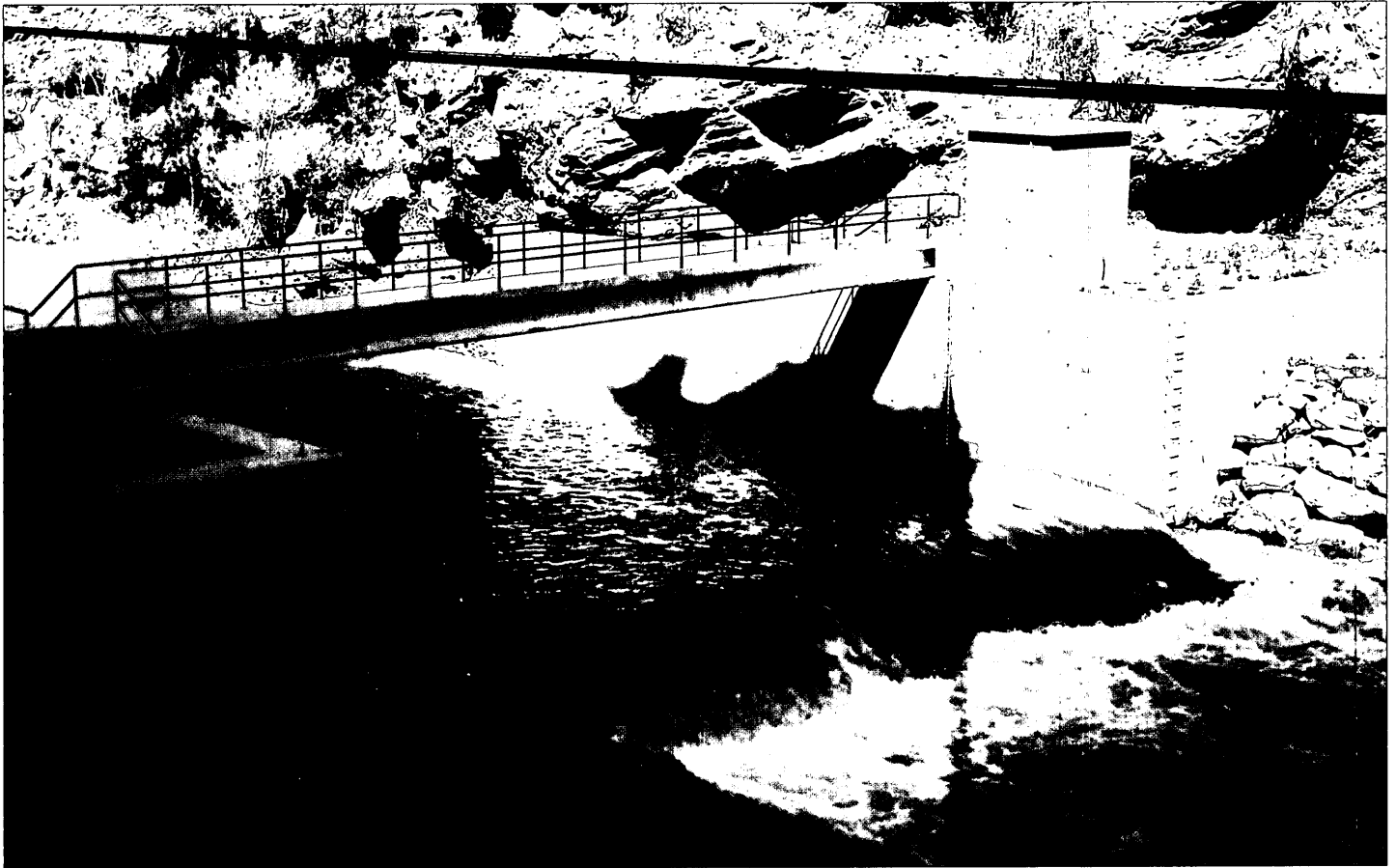
Los aforos directos se deben de realizar también de manera sistemática por ser imprescindible la comprobación periódica de la bondad de la curva de tarado. El tarado está afectado por multitud de factores, tales como el paso de una avenida, la realización de obras de reparación en la estación o en el cauce próximo, el nacimiento de algas en los paramentos y otras, que pueden resultar des-

conocidos para quien lo elabora. Las campañas sistemáticas de aforos directos son el único procedimiento eficaz que permite asegurar siempre la calidad en la elaboración de los datos de caudales.

Además de la actualización de las curvas gasto, resulta imprescindible determinar el período de validez de cada curva; para ello se investigan las posibles causas de modificación en el período de tiempo existente entre los aforos directos que determinan un cambio, apreciándose la existencia de obras, avenidas u otras causas. La curva de tarado resulta válida desde un determinado día pasado, siendo preciso corregir los datos acumulados desde ese día hasta el actual.

Algunos de los SAIH tienen o han tenido en su ejecución campañas de aforos directos. Resulta muy importante que en el mantenimiento de estos sistemas se sigan incorporando estas campañas de las que depende que los tarados de las estaciones de aforo se ajusten a la realidad; si se abandona esta práctica, los datos pueden ir perdiendo precisión sin que se aprecie claramente su degradación.

En canales la elaboración de los datos se realiza de manera parecida. Se utiliza en principio el



**Estación de aforos pirenaica. (Esla en Sigües).**

mismo tipo de fórmulas que en los ríos, además de las de desagüe bajo compuerta en lámina libre o sumergida, desagüe por aliviaderos de lámina libre y otras.

La elaboración puede resultar bastante más complicada al ser frecuente que las secciones de control resulten afectadas por el funcionamiento del canal; la existencia de compuertas de retención para elevar la cota del agua circulante, de partidores que pueden dirigir el agua por uno u otro ramal, y el efecto del sangrado en el canal por las tomas iniciales o en otro momento por las tomas finales, puede modificar la fluencia de manera que aún cuando se registre en un punto la misma altura, circulen caudales totalmente distintos. La realización de aforos directos pone de manifiesto estas situaciones por lo que facilita la toma de las oportunas medidas hidrométricas para solventar el problema de determinación del caudal realmente circulante; este se resuelve con la incorporación de otra medida además de la de nivel, generalmente la de velocidad.

En los embalses el dato inicial es el nivel y con él se determina el volumen almacenado. Esta con-

versión se realiza mediante la curva de cubicación que relaciona altura y volumen almacenado; esta debe de actualizarse cada cierto tiempo para corregir la disminución introducida por el acúmulo de arrastres y lodos que se depositan en el interior del embalse. La determinación de esta curva debe de ser muy precisa para evitar errores en las comparaciones de aportaciones.

El nivel se utiliza además para la determinación de los caudales evacuados por los aliviaderos superficiales, a veces afectados también por la posición de ciertas compuertas, y para el cálculo de los caudales desaguados por tomas profundas, en el que además se considera la posición de la válvula de control.

## 7. ESTADÍSTICA AUTOMÁTICA

El SAIH produce una estadística automática, ya que al incorporar en su sistema informático los datos primarios de pluviometría, alturas de agua, posición de compuertas y válvulas, etc., e incorporar también las curvas o ecuaciones de gastos y

de cubicación, puede transformar aquellos para obtener los datos de caudales circulantes o reservas en embalses, que quedan a disposición de los usuarios en tiempo real.

Estos datos elaborados tienen la ventaja de la rapidez con la que se puede disponer de ellos, siendo imprescindibles para las situaciones de avenida y la explotación diaria en canales y embalses, pero tienen la desventaja de su provisionabilidad. Las equivalencias utilizadas para la obtención de los transformados no son definitivas, ya que no se tiene la certeza absoluta de su bondad; así por ejemplo, durante una avenida que modifica el tarado de una estación de aforos por arrastre de las gravas existentes el fondo del río se está utilizando el tarado disponible que corresponde a una situación anterior, quedando de manifiesto la modificación cuando se realiza el siguiente aforo directo; al contrastarlo y resultar discrepante, se pone de manifiesto la necesidad de realizar un tarado nuevo. Un vez calculado se procede a la corrección de los datos existentes desde el momento en el que queda determinada su validez, pasando estos a tener un carácter más definitivo.

Los datos se consideran definitivos cuando al completarse un año hidráulico se realiza la revisión de los tarados y la coherencia de las lluvias con las aportaciones y aportaciones con las aportaciones entre estaciones próximas, siendo publicados en los ANUARIOS DE AFOROS de la Dirección General de Obras Hidráulicas. Con este procedimiento, y siempre que se disponga de un número razonable de aforos directos, que puede cifrarse como media en uno por trimestre en cada estación de aforos, se pueden establecer con precisión las curvas de gasto y obtener una estadística de gran calidad, que resulta ser fiel reflejo de la realidad.

## 8. MODELIZACIÓN

El SAIH utiliza diversos modelos que se han desarrollado en algunas Confederaciones Hidrográficas en función de sus necesidades y disponibilidades, con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos. También se han realizado modelos basados en el conocimiento por la Universidad Politécnica de Madrid.

Los primeros modelos desarrollados proporcionan los mapas de isoyetas o distribución espacial de la lluvia sobre una cuenca hidrográfica, en función de los datos puntuales recogidos en

los pluviómetros. El modelo PLU permite representar la evolución de un episodio lluvioso sobre una cuenca hidrográfica y obtener la precipitación a lo largo de un período de tiempo. El modelo CREM proporciona una ayuda a la toma de decisiones en la operación de los órganos de desagüe de un embalse en situación de avenida; permite la incorporación de previsiones de lluvias y de estrategias de desembalse, para obtener resultados óptimos en la laminación de la avenida y en la situación final del embalse.

Los modelos CYRA y SIRAH realizan el análisis de los datos y presentan una posible panorámica del escenario futuro de la avenida, recomendando la realización de unas acciones razonadamente, con el fin de que la persona que tiene que tomar determinaciones pueda asumirlas con responsabilidad y conocimiento de causa.

Las nuevas líneas de desarrollo se centran en la resolución de varios problemas; la validación de los datos captados y el posible relleno de las lagunas que presentan las series por falta de los mismos; la aplicación del modelo CREM para realizar previsiones de avenidas; la utilización de modelos determinísticos de propagación de avenidas y su posible extensión a la gestión coordinada de control de las mismas en tiempo real por varios embalses. También se está desarrollando una aplicación informática que permitirá utilizar en tiempo real un modelo de previsión de avenidas ya experimentado, que proporciona una previsión muy ajustada, en el que interviene una correlación de niveles mejorada con un conocimiento hidrológico experimental, extraído de la acumulación de datos procedentes de las avenidas registradas en una cuenca durante los últimos 40 años.

## 9. COLOFÓN

El SAIH es una herramienta de trabajo insustituible para la gestión moderna de una cuenca hidrográfica.

Con su utilización se consigue un mejor seguimiento de las situaciones de avenida y se pueden realizar previsiones muy ajustadas tanto en tiempo como en cantidad para multitud de puntos que sufren las consecuencias de las inundaciones, con lo que se previene la situación y se minimizan los daños.

El SAIH proporciona una importante información sobre lluvias, que unida a la procedente del Instituto Nacional de Meteorología basada en los

radars meteorológicos, puede facilitar una información imprescindible para la previsión de las avenidas súbitas que aparecen en las cuencas cortas.

La explotación de los embalses se optimiza al disponer de información suficiente y modelos de ayuda a la toma de decisiones durante las avenidas.

En la explotación de los canales el SAIH proporciona una visión global de la situación de circulación y de reservas, lo que permite al adquirir experiencia realizar una gestión dinámica, utilizando el agua de manera más justa y con un mayor rendimiento al planificar con datos reales.

Es importante destacar aquí la necesidad de disponer de unos datos lo más ajustados y parecidos a la realidad posibles, para que los resultados obtenidos al utilizarlos sean los mejores y las acciones derivadas no se basen en falsedades y re-

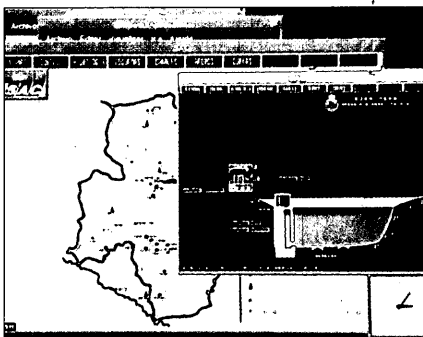
sulten correctas. Para ello las campañas sistemáticas de aforos directos son imprescindibles, por lo que no deben de olvidarse nunca.

Es fundamental dotar al SAIH de los medios necesarios para que con su explotación pueda generar el enorme servicio que es capaz de proporcionar al país, por ello la unificación de los servicios que en las distintas CONFEDERACIONES HIDROGRÁFICAS se dedican a las labores de HIDROLOGÍA con los servicios que se dedican a que el SAIH sea una herramienta viva parece una medida prudente. Así se conseguirá unir experiencia y recursos humanos para que el SAIH resulte una herramienta valiosa e imprescindible, que no puede defraudar si se conserva y se utiliza con el mismo entusiasmo con el que ha sido pensada y construida. ●

# SAIH DEL EBRO

**Sistemas Avanzados de Control** empresa española, ha suministrado con tecnología e ingeniería propia, el Sistema de Control Hidrológico compuesto por:

- 400 Estaciones para telemedida y telemando.**
- 100 Controladores de repetidores inteligentes.**
- 13 Equipos Concentradores y Subconcentradores de 32 bits.**
- 9 Sistemas de Supervisión y Control (SCADA) UNIX para los centros de Cuenca.**
- 1 Sistema de Supervisión Gestión UNIX, redundante, para el Centro de Proceso de Cuenca.**



**SAC**  
**Sistemas Avanzados de Control, S.A.**

Complejo Europa Empresarial.  
Edificio Londres, 2  
28290 Las Matas (Madrid)  
Tel.: (91) 640 00 34  
Fax: (91) 640 15 35



SISTEMAS AVANZADOS DE CONTROL, S A

