

EL SAIH EN LA EXPLOTACIÓN DE PRESAS Y EMBALSES

José Alberto Herreras Espino.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director Técnico de SYNCONSULT, S.L.

RESUMEN

Las presas y embalses son piezas fundamentales en la gestión de los recursos hídricos debido a su capacidad para modificar los regímenes naturales. La incorporación del SAIH a la explotación de estas infraestructuras, tanto en situación normal como en avenidas, contribuye decisivamente a mejorar dicha gestión por cuanto permite aportar muchos nuevos datos, en tiempo real, que si bien incrementan la complejidad de los procedimientos a utilizar proporcionan respuestas válidas a problemas, que por depender de muchas variables interrelacionadas, no tienen solución posible sin el conocimiento de la situación real que proporciona el SAIH. En el artículo se describen los datos necesarios para afrontar tal tipo de explotación y los métodos que utiliza el SAIH para obtenerlos. Se comenta, también, la necesidad de desarrollar los procedimientos de proceso a fin de aprovechar al máximo la disponibilidad que ofrece el SAIH tanto de los mismos datos que se obtienen por métodos convencionales, pero con mucha mayor frecuencia y en tiempo real, como de numerosos nuevos datos.

ABSTRACT

Dams and reservoirs are important pieces in water resources management, due to its capacity to modify the river's natural regimes. The operation of these structures using SAIH, both in normal situations as well as during floods, has been improved significantly since the System provides data, in real time, that permits the definition of global answers to complex problems that demand the knowledge of the evolution in real time of the variables they depend on. The article describes the data that are necessary in order to realize this type of operation, and the means used by the SAIH to provide them. It is also mentioned the convenience of developing new applications in order to use all the potentialities of the SAIH related with real time data.

1. INTRODUCCIÓN

En las JORNADAS sobre el SAIH celebradas en Zaragoza el pasado mes de Abril se llegó a la conclusión de que el objetivo actual del SAIH debe ser contribuir a mejorar la gestión de los recursos hídricos. No cabe duda, por otra parte, que para gestionar eficazmente estos recursos es necesario disponer de una serie de infraestructuras hidráulicas entre las que destacan las presas y embalses por su capacidad para modificar los re-

gímenes hídricos naturales adaptándolos a la demanda real. Las páginas que siguen tratan de describir y comentar el papel que, en las circunstancias tecnológicas actuales, puede y debe realizar el SAIH en relación con las presas y embalses a fin de alcanzar el objetivo citado.

Es evidente que presas y embalses han sido siempre, y continúan siendo ahora, piezas fundamentales para gestionar los caudales de agua; tanto en situaciones normales como en las extremas de escasez, sequías, o exceso, inundaciones.

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:
diciembre de 1995

La constante incorporación de nuevas variables -a tener en cuenta en la gestión integrada de los recursos hídricos que es preciso realizar actualmente- ha incrementado, enormemente, la complejidad de las funciones que estas infraestructuras deben desempeñar y de los problemas que pueden resolver.

Este incremento del número y complejidad de las funciones que han de realizar presas y embalses implica el correspondiente aumento de los datos necesarios para efectuarlas eficazmente. Así resulta que si bien las tareas básicas del SAIH siguen siendo las mismas definidas en sus inicios -recolectar, transmitir, procesar y difundir datos- también han aumentado, en número y diversidad, los datos que debe obtener y los procesos que puede alimentar y controlar.

Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que los extraordinarios y continuos avances tecnológicos en las telecomunicaciones y en la informática -que son dos de las disciplinas instrumentales básicas del S.A.I.H.- facilitan la transmisión y proceso, en tiempo real, de datos correspondientes a muchas más variables -definidas por parámetros más sofisticados- y, en consecuencia, permiten acometer la resolución de problemas que en épocas previas era obligado soslayar o se trataban de forma mucho más superficial.

La posibilidad de obtener todos estos datos en tiempo real y la disponibilidad de métodos operacionales que suministran conclusiones, basadas en hipótesis mucho más complejas, también en tiempo real, permiten prever diferentes escenarios, identificar el más próximo a la situación real y adoptar las decisiones más adecuadas a cada caso; en definitiva: mejorar la gestión empleando la enorme potencialidad que, para estos temas, es intrínseca al SAIH

2. PRESENCIA DEL SAIH EN PRESAS Y EMBALSES

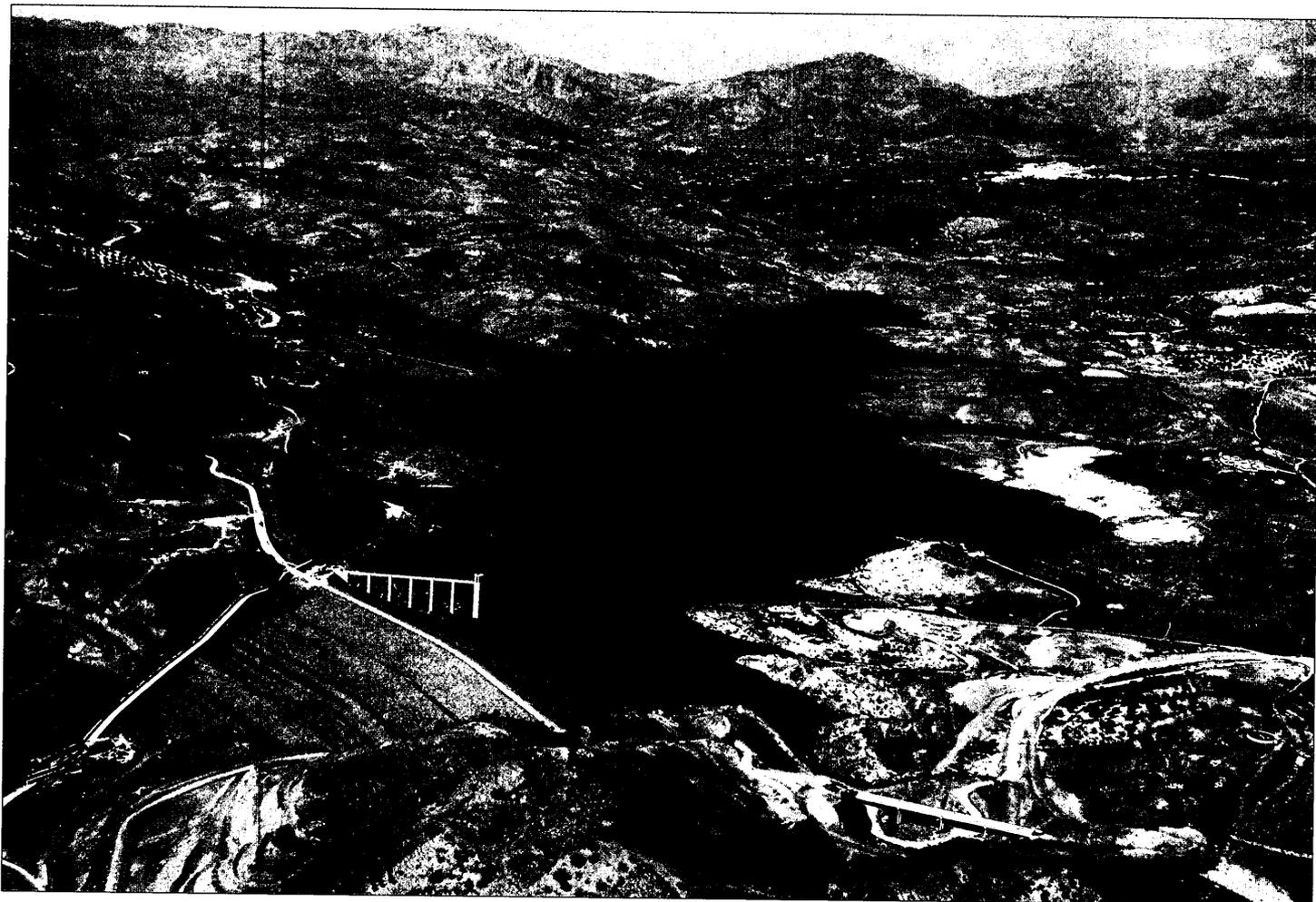
Aunque este artículo está dedicado, como indica su título, al papel que el SAIH desempeña en las tareas de EXPLOTACIÓN no debe olvidarse que este programa también tiene una intervención importante en los temas relacionados con la SEGURIDAD; tanto en la relativa a la propia estructura de la presa como en la de los ciudadanos, bienes, servicios y territorios situados aguas abajo. La seguridad de la estructura está fundamental-

mente confiada a la vigilancia humana y a la auscultación mecánica y es evidente que cualquiera de ellas pueden integrarse en el S.A.I.H., tanto para recoger datos como para transmitirlos o procesarlos. En el caso de la seguridad relativa al conjunto de aguas abajo el tema está íntimamente ligado con la explotación durante las avenidas -ya sean naturales, generadas por error, o incluso producto de la rotura de la presa- y serán englobadas en el análisis que, relacionado con la explotación, se realiza en las páginas siguientes.

Al tratar de la EXPLOTACIÓN conviene empezar por establecer que es significativamente diferente según se esté en presencia de una situación normal -que a estos efectos incluye las sequías- o, por el contrario, se refiera a la que es preciso realizar cuando se producen caudales afluentes lo suficientemente superiores a los valores medios acaecidos previamente como para que se pueda declarar que las lluvias -u otras causas- están generando una avenida. Las inundaciones producidas por errores en el funcionamiento de los órganos de desagüe, necesidades de desembalse rápido, o incluso rotura de la presa, son situaciones que deben tener un tratamiento muy semejante al que es preciso efectuar durante las avenidas naturales -por cuanto a la intervención del SAIH se refiere- ya que, en definitiva, la única diferencia es que en estos casos no existen caudales afluentes.

Aunque las consignas derivadas de las necesidades en situación normal y en avenidas son bastante diferentes entre sí -como también lo son los procedimientos, modelos matemáticos en general, que se utilizan para definir las reglas de actuación correspondientes- muchos de los datos que se precisan son comunes a ambas situaciones; por esta razón se describen en primer lugar aquellos que se necesitan para la situación normal y se comentan después las diferencias y adiciones que exige la explotación durante las avenidas.

La descripción de la intervención potencial del SAIH en cada una de estas situaciones -así como la identificación de los elementos que se precisan para ello- se realiza a continuación con carácter maximalista a sabiendas que algunas de las funciones que se describen, aún siendo perfectamente viables hoy día, no se han implantado todavía con carácter general e incluso, en algunos casos, en ningún sitio; esta situación no es óbice para que se incluya su descripción y comentario por cuanto el SAIH es -como ha demostrado la continua expansión de sus capacidades desde su ya lejano comienzo hace doce años- un sistema di-



Embalse de La Viñuela.

námico que permite ser actualizado permanentemente.

3. EXPLOTACIÓN EN SITUACIÓN NORMAL

A los efectos que interesan en este artículo se define como situación normal la que existe en una cuenca hidrográfica -o mejor aún en un Sistema de Explotación de Recursos¹- cuando el régimen hídrico natural está en situación media o en sequía. ¿Cuales son las funciones que desempeñan las presas y embalses en estos casos?. Una vez que se responde a esta pregunta se pueden deducir, inmediatamente, los datos necesarios para realizarlas de la mejor forma posible y comprobar después cuales de ellos se pueden integrar en el SAIH

En situación normal las presas y embalses deben ser capaces de suministrar a usuarios bien definidos -entre los que se encuentra el propio río- el agua prevista, en los Planes Hidrológicos, en la

cantidad y calidad prefijada para cada uno. En el cumplimiento de estas funciones interesa conocer -con la mayor precisión y garantía posibles- los siguientes aspectos:

- ▼ RECURSOS DISPONIBLES EN EL EMBALSE
- ▼ CALIDAD DE LAS AGUAS EMBALSADAS
- ▼ PREVISION DE LAS APORTACIONES FUTURAS
- ▼ DEMANDAS A SUMINISTRAR
- ▼ CAUDALES SERVIDOS
- ▼ FUNCIONALIDAD DE LA PRESA Y DE SUS ESTRUCTURAS ANEJAS

En las páginas que siguen se indican cuales, de entre los datos que definen estos elementos, pueden ser integrados en el SAIH

3.1. RECURSOS DISPONIBLES EN EL EMBALSE

El nivel que alcanza el agua en el embalse en cada momento y el volumen correspondiente son datos indispensables para la explotación, con in-

dependencia de la tipología de las demandas implicadas; prácticamente no existe ningún embalse que no disponga de algún dispositivo, más o menos complicado, para conocer la cota del agua y, a través de las curvas características, la superficie inundada y el volumen embalsado. Como es lógico, cuando se instala el SAIH se colocan los aparatos captadores más modernos y de mayor precisión disponibles en el mercado, por lo que si bien en este caso el SAIH no aporta mayor conocimiento incrementa la fiabilidad del dato y, sobre todo, su disponibilidad inmediata en cualquiera de los centros de decisión implantados.

La inclusión de alarmas convenientes para la explotación -niveles o volúmenes, máximos o mínimos- no es exclusiva del S.A.I.H.; de hecho deben estar explícitas en las NORMAS DE EXPLOTACIÓN. Sin embargo, la enorme potencia de los equipos informáticos inherentes al SAIH permite generar cuantas alarmas se quiera, emitir los mensajes oportunos y enviarlos inmediatamente al destinatario más adecuado en cada caso. Este es uno de los innumerables casos en los que, como se ha mencionado previamente, las tecnologías instrumentales que precisa el SAIH facilitan las tareas de explotación.

3.2. CALIDAD DE LAS AGUAS EMBALSADAS

La consideración de la calidad entre los parámetros que definen la disponibilidad de agua hace varios lustros que está presente en la gestión -sobre todo en la relacionada con los abastecimientos de agua-, pero no cabe duda que es con la promulgación, en 1985, de la Ley de Aguas vigente, y la obligada inclusión de tal característica en los Planes Hidrológicos, que tal consideración se extiende a todos los usos y demandas. Dado que el programa SAIH se comenzó a implantar en 1983 no es extraño que los sensores incluidos para proporcionar información sobre la calidad del agua se limitaran al principio a los parámetros y emplazamientos, singularmente embalses, que son básicos para determinar la calidad del agua destinada al abastecimiento urbano.

La necesidad de conocer la calidad para otros usos -entre los que destacan los relativos a la conservación de ecosistemas y disfrute lúdico- motivó el lanzamiento, en 1992, de otro programa paralelo del M.O.P.T.M.A.- el S.A.I.C.A.- que obtiene, también en tiempo real, los datos de la calidad del agua en numerosos puntos de nuestros

ríos. No obstante, la enorme importancia que para los explotadores tienen presas y embalses a fin de conseguir su objetivo principal -la mejor satisfacción de todas las demandas- ha demostrado la necesidad de conocer la calidad del agua en el embalse, con independencia del uso al que esté destinada, de forma que esta función sigue encomendada, generalmente, al SAIH

No puede olvidarse, sin embargo, que la explotación de un embalse exige hoy día la consideración de los efectos sobre los tramos del río emplazados aguas abajo; tales efectos dependen del régimen hidráulico que impongan las necesidades de la gestión, pero también -probablemente con mayor incidencia- de la calidad que tengan los efluentes del embalse y de su interrelación con los caudales circulantes, aguas abajo, procedentes de otras fuentes.

Este nuevo enfoque implica el obligado conocimiento de muchos parámetros diferentes -en diversos lugares del embalse y a diferentes cotas- con objeto de determinar la calidad global del agua. El incremento del uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura actual introduce una serie de elementos químicos en las aguas de retorno -que, en su mayor parte, acaban llegando a los embalses- que recomienda conocer las características de las aguas afluentes, así como la evolución de las del agua embalsada, con el fin de determinar el grado de eutrofización del embalse y el futuro previsible al respecto. También es necesario conocer, por ejemplo, las características de los sedimentos que se acumulan en el embalse y los eventuales contaminantes que contienen.

El único problema actual -que seguramente será superado en el inmediato futuro- es la dificultad de conseguir evaluar en tiempo real algunos de los parámetros que se precisan. En mi opinión las investigaciones en marcha producirán los sensores convenientes para algunos de ellos, mientras que, para el resto, los estudios en curso permitirán desarrollar relaciones entre los parámetros que definen el fenómeno y otros de más fácil obtención en tiempo real.

Resulta, en definitiva, que si los sistemas automáticos de información deben contribuir a la mejora de la gestión es absolutamente necesario que sus redes de captación y transmisión incluyan aquellos datos que permitan definir la calidad -en sus múltiples facetas- tanto del agua embalsada como de las circulantes aguas arriba y aguas abajo y que éstos datos estén disponibles -en tiempo

real, por supuesto- para los responsables de la toma de decisiones relativas a la explotación.

3.3. PREVISION DE LAS APORTACIONES FUTURAS

Parece evidente que si el explotador conociera con anticipación suficiente el agua que, en el futuro, afluirá al embalse podría mejorar su empleo, ya fuera desembalsando y dejando lugar para futuras aportaciones de gran magnitud relativa -lo que permitiría salvar el agua de otras fuentes alternati-

vas para satisfacer demandas- o, por el contrario, disminuyendo las salidas cuando no se prevén aportaciones importantes, lo que permitirá conservar las reservas hídricas.

¿Qué anticipación se puede conseguir en situación normal?. Depende del tipo de aportaciones; no es lo mismo si el embalse se ha de llenar con el deshielo de las nieves acumuladas en su cabecera o, por el contrario, su proveedor principal son las lluvias. En el primer caso se puede tratar de meses mientras que en el segundo, en

Embalse de Llauset.



nuestros ríos, lo normal, desgraciadamente, será que tal antelación no pase de unas cuantas horas.

La medición y cómputo de las reservas de agua que existen en cada momento en forma de hielo y nieve hace tiempo que fue abordada por la D.G.O.H. mediante el denominado PROGRAMA ERHIN; así ya se puede asegurar que, en todas aquellas cuencas hidrográficas donde tales recursos son importantes, pronto será una realidad la disponibilidad de datos que permitan saber, con varios meses de anticipación, las aportaciones probables que -procedentes de estas fuentes- se pueden esperar en los embalses situados aguas abajo. La red de telenivómetros y estaciones de aforos que se implantaron específicamente para este objetivo está diseñada -en muchos casos construída- y sus datos están plenamente integrados en el S.A.I.H., por lo que no cabe duda que se podrá mejorar la explotación de los embalses correspondientes.

En el caso de los embalses cuyas aportaciones dependen, principalmente, de las precipitaciones líquidas la situación actual de las predicciones meteorológicas no permite plazos de previsión muy extensos cuando se trata de datos cuantitativos. Lo más que se puede conseguir a este respecto es utilizar radares que proporcionen la cantidad de lluvia que se puede esperar cuando el agua está aún en las nubes. El paso siguiente -que proporciona menor antelación pero mayor precisión- es medir la lluvia verdaderamente precipitada sobre la cuenca afluente; a este fin se pueden emplear tanto el mismo radar como una red de pluviómetros distribuidos por la cuenca, cuya información se ajusta tanto más a la realidad cuanto mayor es su densidad. Finalmente se puede acudir a medir -en las estaciones de aforo pertinentes- los caudales que circulan por la red fluvial afluente al embalse; este procedimiento proporciona la mayor precisión pero, por contra, la menor antelación en el tiempo de información. En nuestro país debe tenerse en cuenta, también, la información que proporcionan los caudales evacuados desde los embalses situados aguas arriba ya que el gran número de ellos que ha sido necesario construir configura, en la mayoría de los ríos, una sucesión en cascada.

En el SAIH se han utilizado profusamente desde sus inicios los dos últimos procedimientos -pluviómetros y estaciones de aforo- y se ha analizado el empleo de radares. Aunque no se duda de la conveniencia de emplear radares y de su gran potencial como elemento de previsión -especial-

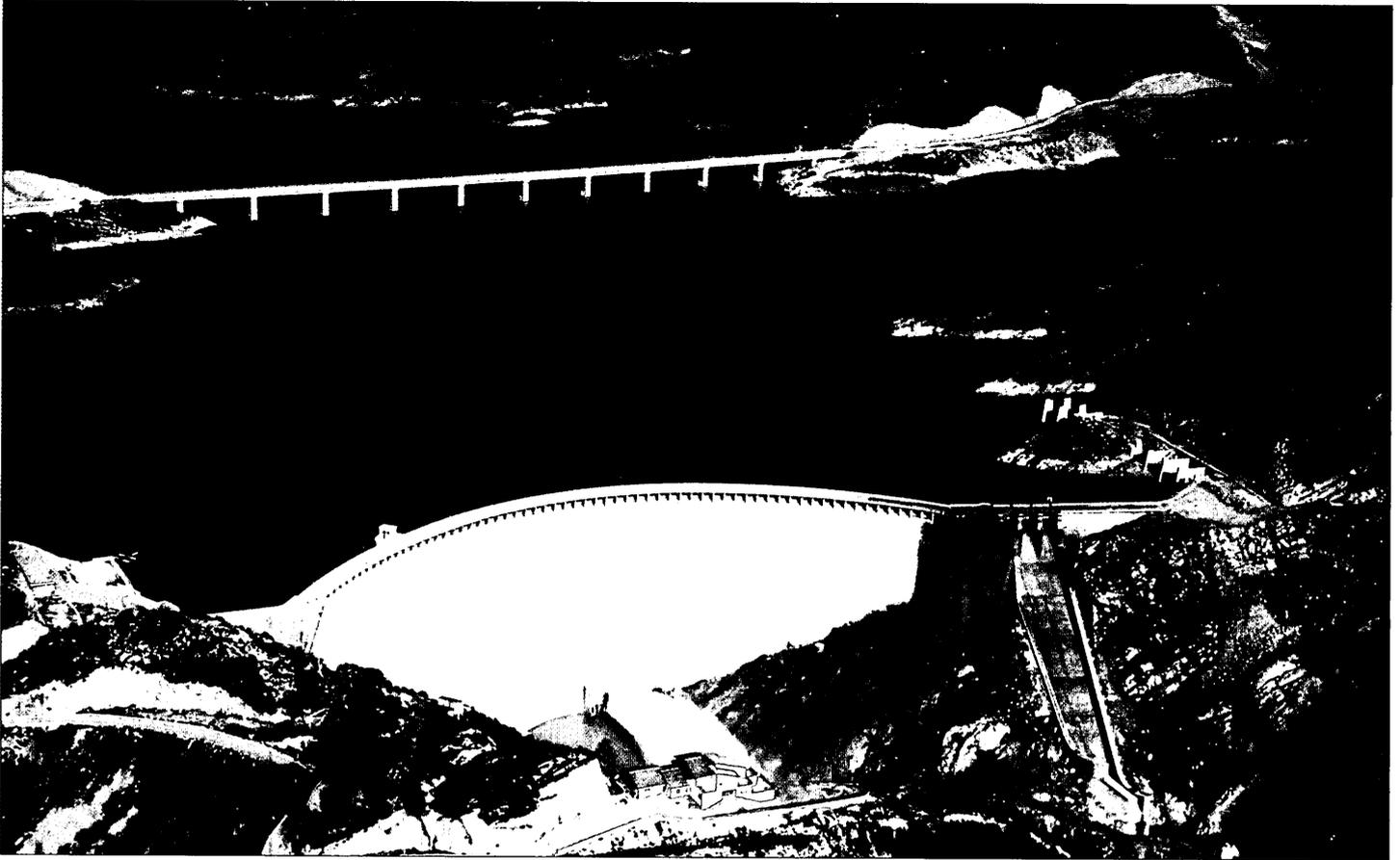
mente si se tiene en cuenta las posibilidades de calibración continua que ofrecen las densas redes de pluviómetros ya instalados en el S.A.I.H.- la realidad es que hasta el momento se ha priorizado la extensión a todo el país del programa SAIH con sus características actuales. Es muy posible, sin embargo, que ahora -cuando el SAIH ya está instalado o lanzado en todo el país- haya llegado el momento de dar el salto cualitativo que supone la instalación de radares meteorológicos.

Ya se trate de datos procedentes de la nieve o de la lluvia lo que no cabe duda es que el SAIH permite conocer, con cierta antelación, las aportaciones hídricas al embalse y, en última instancia, contribuir a mejorar la gestión. La capacidad de anticipar la cantidad -y por supuesto también la calidad- del agua que entrará en el embalse no es posible sin un procedimiento que trabaje en tiempo real como el SAIH. El conocimiento adicional que proporciona respecto a los sistemas tradicionales -basados prácticamente en el cambio de volumen embalsado- supone un cambio trascendental que en situación normal se traduce, como ya se ha indicado, en la posibilidad de ahorrar agua, ya sea en el propio embalse o en el resto de las fuentes alternativas previstas para satisfacer las demandas.

3.4. DEMANDAS A SUMINISTRAR

Parece, en principio, que el SAIH no puede influir sobre los valores de las demandas ya que éstos, definidos por parámetros exógenos, son independientes del SAIH. Esta conclusión es cierta cuando se trata de los valores medios utilizados habitualmente en las técnicas de planificación; sin embargo, en la situación de explotación real, las demandas que se pueden satisfacer dependen, obligadamente, de los recursos disponibles y de las previsiones sobre la calidad y cantidad de las aportaciones futuras por lo que, en estos casos, las capacidades instrumentales del programa SAIH son de enorme ayuda e incrementan la flexibilidad de la explotación.

En efecto, la potencia del SAIH para transmitir información y procesar datos en tiempo real permite analizar la situación, definir las demandas que se pueden servir y elegir las fuentes más convenientes para ello. Estas funciones deben ser realizadas en el Centro de Proceso, donde se dispone de toda la información y de los procedimientos operativos necesarios; de esta manera se pueden identificar, rápidamente, las decisiones más



**Embalse de
La Baells.**

oportunas y concretarlas en consignas de actuación bien definidas.

Estas consignas han de trasladarse, con total garantía y fiabilidad, a la propia presa, lo que, al igual que la obtención de los datos, es cometido intrínseco al SAIH. Aunque en general y hasta ahora han sido órdenes, escritas u orales, para que las ejecute el personal residente, se puede adelantar que cada vez más se tratará de telecomandos directos a los órganos de explotación. De esta forma el personal in situ actuará como notario de que las operaciones se han realizado conforme a lo ordenado y serán una válvula de seguridad en casos de emergencia; no obstante, se puede asegurar que la presencia humana seguirá siendo absolutamente necesaria para estos menesteres pero compartida con otras muchas funciones, especialmente las de conservación y mantenimiento.

3.5. CAUDALES SERVIDOS

Es evidente que la explotación adecuada del embalse exige conocer tanto los caudales afluentes como los desagüdos. Las diferentes tomas

de agua que existen en la presa o en el embalse son las que, en definitiva, permiten suministrar los caudales que precisan los diversos usuarios. Dado que estos elementos siempre están dotados de algún tipo de válvulas o compuertas -que permiten regular los caudales a desaguar- son los dispositivos que, desde el principio, se utilizaron en el SAIH para instalar los instrumentos de medida necesarios para transmitir la información pertinente.

En sus etapas iniciales el SAIH, como ya se ha indicado, dedicaba muchos más esfuerzos a los parámetros que definen la faceta cantidad, por lo que la mayoría de la instrumentación dedicada al conocimiento de los caudales efluentes se instaló sobre los propios dispositivos de desagüe que, normalmente, están emplazados en la propia presa. Aunque al principio la antigüedad de muchas de las válvulas exigió el empleo de ingeniosos dispositivos, *tribulorios*, para transformar las medidas directas en variables trasmisibles, la realidad es que actualmente la inmensa mayoría de los elementos de desagüe ya tienen incorporados desde fábrica los dispositivos pertinentes, lo que, sin duda, facilita la captación y trasmisión de los datos e

incrementa la fiabilidad y seguridad de los que se introducen en el SAIH

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el creciente interés por el conocimiento de los parámetros que definen la calidad puede precisar, en lo sucesivo, que los oportunos sensores hayan de instalarse sobre los elementos de distribución de los caudales suministrados, ya sean canales, tuberías o los propios cauces. Esta circunstancia permitirá, por otra parte, obtener medidas redundantes sobre un parámetro -el caudal servido- que es de fundamental importancia a la hora de valorar la factura que deben abonar los diversos usuarios y, como es bien sabido, una facturación por volumen es un gran incentivo para evitar el despilfarro. La incorporación de los sensores necesarios para captar los datos correspondientes a estas nuevas funciones necesitan un parque de sensores en las presas y embalses mucho más diseminado que el correspondiente a las versiones iniciales del programa; esta circunstancia es, sin embargo, prácticamente irrelevante para las nuevas tecnologías de transmisión por satélite que utilizan los SAIH actuales.

3.6. FUNCIONALIDAD DE LA PRESA Y DE SUS ESTRUCTURAS ANEJAS

La presa y sus estructuras anejas -especialmente los aliviaderos y sistemas de desagüe- deben estar controladas a fin de garantizar que en todo momento pueden realizar las funciones que para ellas se han previsto en las NORMAS DE EXPLOTACION. No se trata del sistema de auscultación -que garantiza su comportamiento estructural respecto a lo previsto en el proyecto y que, como ya se ha dicho, está más relacionado con las tareas de seguridad que con las de explotación- sino de aquellas operaciones que se precisan para que la presa y sus estructuras puedan efectuar las funciones previstas por cuanto a la explotación se refiere.

Se trata de emplear un sistema automático de conservación, tanto preventivo como correctivo. El SAIH lo tiene implantado desde el principio por cuanto a sus propias instalaciones se refiere -sensores, transmisores, energía, etc-, pero en los últimos tiempos se ha comenzado a incluir también la sensorización y transmisión de datos correspondientes a los elementos necesarios para el control de la explotación de las instalaciones de la presa. La idea básica es manejar la presa y sus estructuras anejas como si se tratara de una instalación in-

dustrial o, más similar aún, de una central hidroeléctrica; así pues, en las versiones actuales del SAIH se sensorizan y transmiten muchos datos de parámetros que permiten conocer el estado de funcionamiento de las diferentes instalaciones y de los equipos encargados de efectuar las tareas de explotación.

4. EXPLOTACIÓN EN AVENIDAS

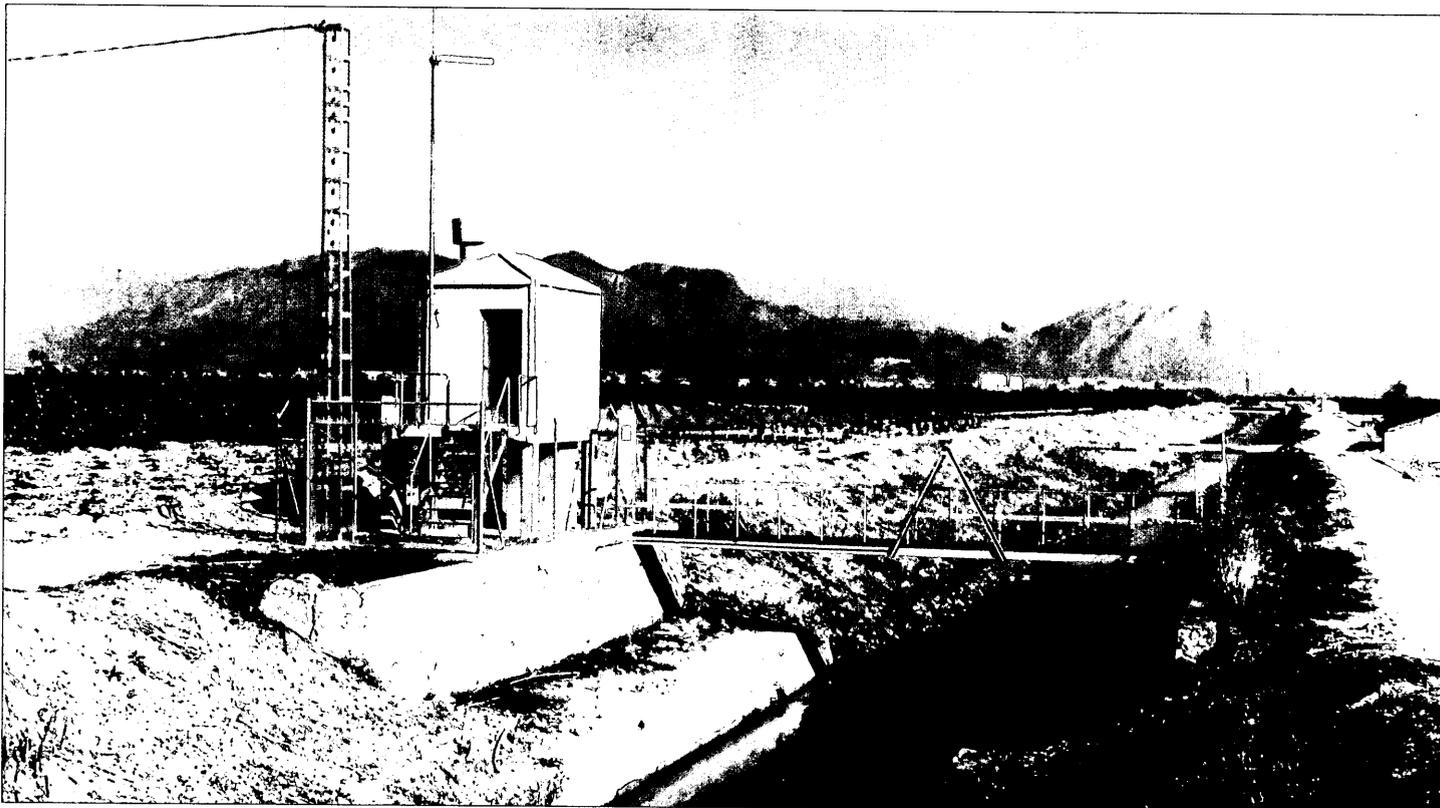
4.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS

La situación en avenidas siempre implica riesgos -más o menos graves según la magnitud de los caudales y volúmenes- lo que supone una gran diferencia respecto a la situación normal, tanto por cuanto se refiere a los datos que se precisan para tomar decisiones como, especialmente, a las consignas de explotación fruto de tales decisiones. No cabe duda que esta diferencia tiene influencia en el diseño y composición del subsistema correspondiente por cuanto es obligado que la fiabilidad de los datos esté garantizada -mediante redundancias- y exige, además, el conocimiento, en tiempo real, de todos los datos que de alguna manera pueden condicionar las decisiones.

Si bien es verdad que, tanto en situación normal como en avenidas, la explotación adecuada de la presa y del embalse implica el conocimiento de datos aguas arriba, en su propio entorno y aguas abajo, la diferencia fundamental estriba en las muy distintas consecuencias que se derivan cuando se genera una consigna equivocada o se produce una maniobra errónea. En el primer caso -situación normal- lo más que puede ocurrir es que se desperdicie determinado volumen de agua; durante las avenidas los errores pueden producir daños muy cuantiosos y poner en peligro la vida de los ribereños. Por esta razón aquí se analizan los datos que se precisan en cada una de las tres regiones citadas -aguas arriba, entorno de la presa y aguas abajo- haciendo especial énfasis en las diferencias que existen respecto a las características del subsistema diseñado para la situación normal.

4.2. ELEMENTOS AGUAS ARRIBA DEL EMBALSE

Si en situación normal el conocimiento previo de los caudales afluentes al embalse es de gran interés, a fin de optimizar la explotación y ahorrar agua, cuando se presenta una avenida la compra



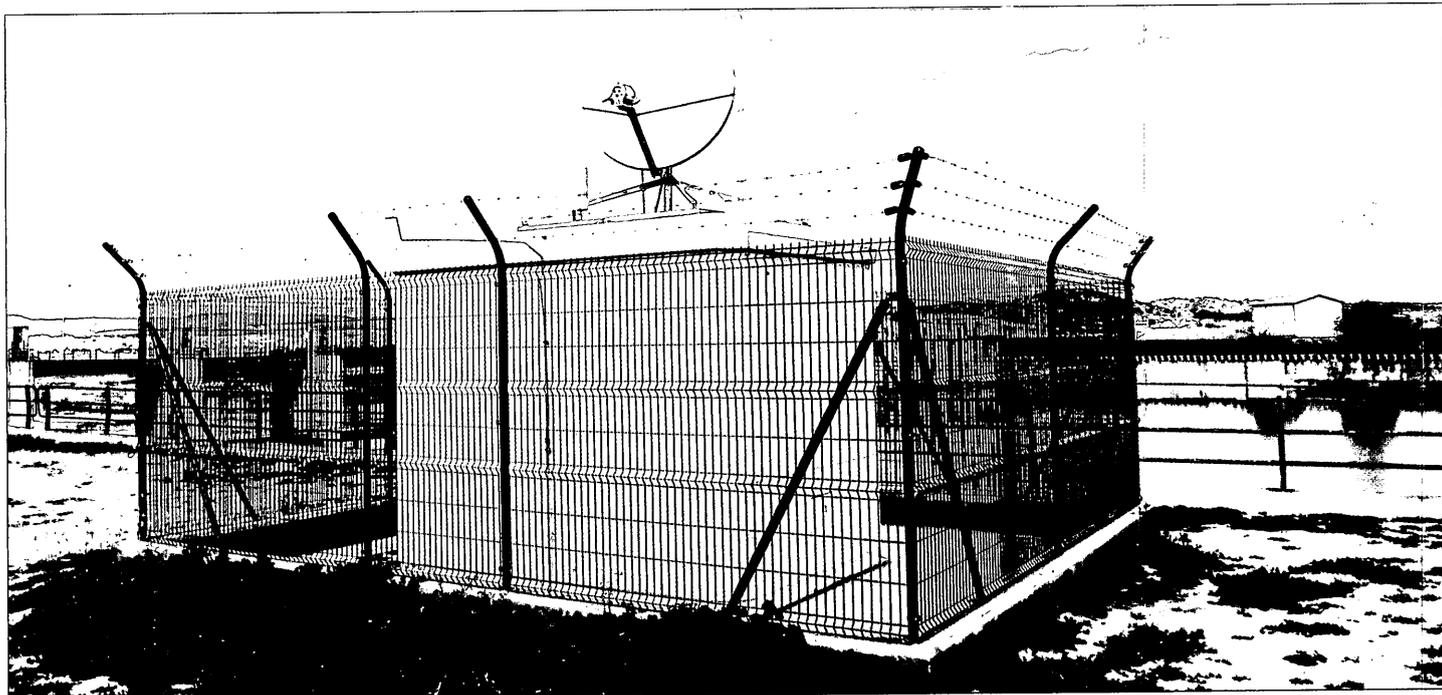
Estación de aforo en la cuenca del Segura.

de tiempo deviene dramáticamente fundamental. En efecto, la disponibilidad de datos seguros sobre el hidrograma afluente -cuanta agua llegará en cada momento- permite deducir hasta que punto la avenida será manejable; es decir, se puede conocer si se podrán laminar -reducir en magnitud y extender en el tiempo- los caudales punta aguas abajo -mediante su retención temporal en el embalse- o, por el contrario, ni el volumen vacío disponible ni el que se pudiera crear -desembalsando en los plazos hábiles para ello- permitirán reducir substancialmente los caudales naturales. En el último caso se puede llegar a producir una inundación cuyos efectos se deben conocer a priori con objeto de utilizar los medios necesarios para evitar, con seguridad, víctimas humanas y disminuir los daños materiales al máximo posible.

La morfología y tamaño de nuestras cuencas, así como los regímenes pluviométricos imperantes, no facilitan, en la gran mayoría de los casos, la prognosis de evolución de los hidrogramas afluentes en base a los datos de los caudales circulantes por el propio río; en nuestro país la situación a este respecto es completamente distinta de la que se produce en numerosos grandes ríos del mundo donde se puede saber, con bastante exactitud y varios días de anticipación, la magnitud de

la avenida afluente y su evolución en el tiempo. En la mayor parte de los ríos españoles no se goza de este preconocimiento en circunstancias normales y mucho menos en situación de avenidas que son generadas, con gran frecuencia, de forma casi repentina por la acción de episodios torrenciales. Esta peculiaridad obliga a extremar las precauciones para tratar de identificar lo antes posible la situación de avenidas y su potencial, tanto en caudales como en volumen; en términos concretos equivale a tener que utilizar los dispositivos, entre los que figuran en el elenco disponible, que proporcionen la más pronta y segura información.

Las posibilidades de preconocer el agua que puede llegar al embalse se basan -como ya se ha comentado previamente- en acudir a obtener datos de las nubes, de la lluvia o de los cauces; para ello es necesario utilizar, respectivamente, el radar, los pluviómetros o las estaciones de aforo que, como también se ha indicado, proporcionan, por ese orden, un conocimiento en el que cuanto mayor es la antelación menor es la precisión. En relación con las avenidas y especialmente para las denominadas relámpago -que son las más frecuentes en toda la cornisa mediterránea y las que, generalmente, producen mayores daños y riesgos de pérdida de vidas humanas- no existe duda: si



Transmisión por satélite en la cuenca del Guadalquivir.

se quiere disponer de un mínimo de tiempo para actuar, es necesario disponer de radares meteorológicos o, como mínimo, de una densa red de pluviómetros.

La aseveración anterior no quiere decir que no sea necesario disponer de una serie de estaciones de aforo en los cauces; la diferencia respecto a la situación normal es que en el caso de las avenidas solamente han de utilizarse para comprobar -en su caso corregir- las predicciones obtenidas a partir de los datos suministrados por radares y pluviómetros. Es decir, las decisiones iniciales -las que realmente pueden procurar tiempo suficiente para aprovechar el potencial de manejo de la avenida que tengan presa y embalse -solamente se basan, en la generalidad de los casos por supuesto, en los datos de la lluvia, ya sea en su estado de nube o de precipitación líquida.

En el caso de las avenidas las estaciones de aforo de los cauces solamente permitirán ajustar las decisiones, previamente tomadas, en base a los datos más precisos que suministran. Como es lógico las desviaciones entre unos datos y otros serán cada vez menores, conforme se vaya incrementando la experiencia sobre las interrelaciones entre ellos.

¿Qué otros datos se pueden necesitar de la cuenca vertiente al embalse que deban ser incorporados al SAIH.?. Entre los que se pudieran denominar tradicionales se encuentran los que proporcionan las características de humedad del sue-

lo, los caudales en determinados arroyos -que pueden no ser muy importantes en situación normal, pero que contribuyan con un porcentaje significativo a las avenidas- los porcentajes de caudal sólido que transportan los cauces, etc.

Los avances en los métodos de transmisión de imágenes que supone la incorporación al SAIH de las capacidades de los satélites -serie HISPASAT en este caso- permiten ahora disponer de visión directa, incluso en color, de lo que está ocurriendo en determinados puntos clave de aguas arriba del embalse, ya se trate de otras presas, puentes de sección acotada, estrechamientos del cauce, etc. Esta visión directa -además de corroborar los datos cuantitativos sobre caudales, niveles y velocidades- puede proporcionar información cualitativa, sobre la tipología y densidad de los arrastres, que permita tomar decisiones más acertadas y ajustar los coeficientes de rugosidad estimados. Por otra parte, a través de los canales de televisión, pueden ser un elemento de información pública de la situación real.

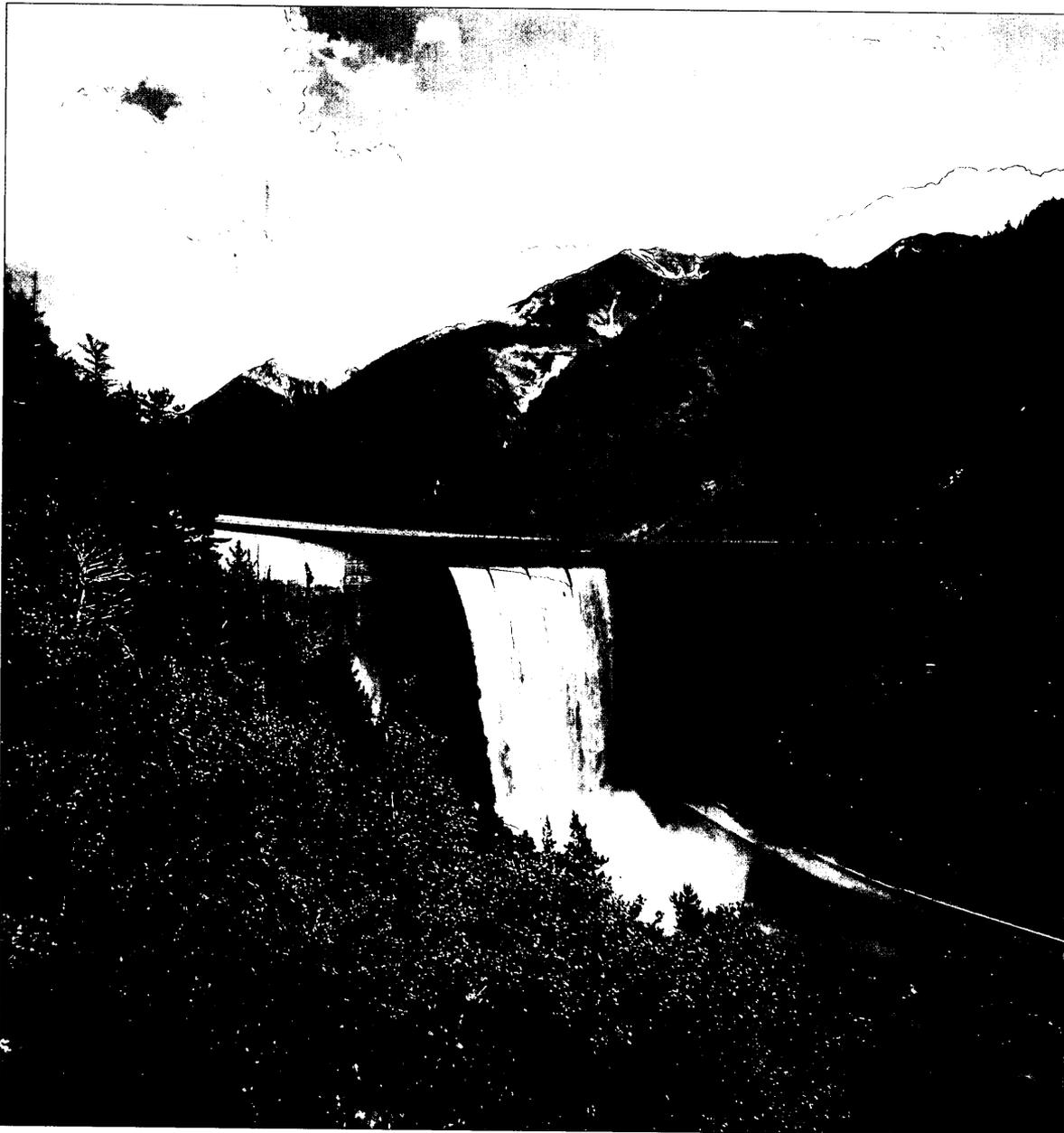
4.3. DATOS DEL ENTORNO DE LA PRESA

En el caso de avenidas los únicos elementos que pueden tener que utilizarse cuyo empleo no será frecuente durante la explotación normal son los aliviaderos -especialmente sus compuertas- y los desagües de fondo; su utilización implica un matiz de ansiedad y responsabilidad muy diferente

durante las dos situaciones citadas. Es evidente la necesidad de conocer los caudales que se están desaguando; para ello el SAIH debe incorporar los datos pertinentes respecto al grado de apertura de los elementos de desagüe que permitan deducir, con seguridad, los valores de los citados caudales en función de los niveles del agua en el embalse.

En relación con los caudales desaguados durante las avenidas debe tenerse en cuenta que cada vez es mayor la preocupación relativa a la disipación de la enorme energía que se genera con el vertido, ya sea controlado o no; esta preocupa-

ción, que es de ámbito mundial, procede de la frecuencia y magnitud de los daños que se producen en los dispositivos de disipación durante la explotación, en avenidas, de los sistemas de desagüe. Una buena explotación debe conocer el estado en que se encuentran dichos dispositivos durante las avenidas, así como los valores de los parámetros fundamentales -presiones, positivas o negativas, sobre soleras y cajeros, contenido de aire, velocidades y niveles de agua, etc, -que faciliten el análisis hidráulico posterior y un diagnóstico acertado en el caso de ocurrencia de daños en los mencionados dispositivos.



*Embalse
de Baserca.*

En el inmediato futuro será de aplicación la nueva NORMA DE SEGURIDAD sobre presas y embalses que obligará a revisar la capacidad de desagüe de las presas durante las avenidas; de esta revisión lo más seguro es que se deduzca la necesidad de considerar mayores caudales y volúmenes. Es bien sabido, sin embargo, que existen numerosos tramos de ríos donde la invasión actual de los cauces no permitiría circular -sin graves daños- los caudales desaguados correspondientes a las avenidas de quinientos años de período de retorno para los que, de acuerdo con la INSTRUCCION DE GRANDES PRESAS todavía vigente, deben estar proyectados, como mínimo, los aliviaderos de las presas existentes. Se producirá así una antinomia que habrá que resolver -mediante encauzamientos, modificación de los aliviaderos, recrecimientos de presas, incrementos de los resguardos obligatorios para laminación, etc-, pero que aconseja conocer de la forma más precisa y segura posible los caudales realmente desaguados. Para ello el SAIH deberá incorporar -donde todavía no los tenga- los datos de las estaciones de aforo situados inmediatamente aguas abajo que -de acuerdo con la INSTRUCCION- deberán existir en todos los casos.

4.4. ELEMENTOS AGUAS ABAJO DEL EMBALSE

Todo el conocimiento que se necesita de la situación aguas abajo de la presa durante las avenidas debe estar dirigida a reducir, eliminar si es posible, los eventuales daños que los caudales desaguados pueden producir. Para ello existen datos que son fijos y otros que dependen de cada situación de avenidas. Los primeros que, por supuesto, deben ser conocidos por los responsables de la explotación de la presa son lo que -en afortunada denominación difundida por E. Brisomontiano- se conocen por mapas de riesgo ante las inundaciones; es decir, la identificación y cuantificación, plasmada en planos, de los daños que se pueden producir debido a los diferentes niveles que alcanza el agua durante las avenidas. Este es un trabajo que debe estar realizado de una vez por todas sin que, por supuesto, esta aseveración elimine la necesidad de su actualización.

Los niveles que se produzcan aguas abajo de la presa son consecuencia, conjunta, de los caudales desaguados desde el embalse y de los que se generan en las cuencas vertientes propias de cada uno de los tramos de cauce afectados. Es evidente que los explotadores de la presa deberán

conocer estos últimos -caudales circulantes por la red de drenaje del río aguas abajo de la presa- también en tiempo real para poder deducir los daños que se producirán en ellos en función de los caudales desaguados, que son los únicos que ellos pueden controlar hasta cierto punto.

El conocimiento de los caudales circulantes se puede basar, en este caso, únicamente en los datos proporcionados por estaciones de aforo situadas estratégicamente ya que lo que interesa saber son los caudales que ya están circulando en el momento en que se decide desaguar desde el embalse. El emplazamiento más adecuado de estas estaciones debe estar directamente relacionado con el tiempo que las aguas empleen -en avenidas- para llegar desde ellas a las zonas de riesgo y debería ser, aproximadamente, el mismo que emplean las desaguadas desde el embalse para alcanzar dichas zonas de riesgo.

Es evidente que éste es un tema casuístico ya que el emplazamiento más idóneo depende, entre otros factores, de la densidad de la red de drenaje, de su importancia relativa, de la pendiente de los cauces y de su rugosidad -que influyen decisivamente sobre la velocidad del agua- de la relación entre los caudales procedentes de la presa y del resto de las fuentes, etc. Por todo ello es muy conveniente disponer de puntos de control -tanto en la red de drenaje como especialmente sobre el cauce principal- que permitan corregir las desviaciones respecto a los valores previstos y, sobre todo, garantizar que se puede mantener controlado el tiempo de aviso a los posibles damnificados. En este caso, también, la visión directa que los nuevos procedimientos permiten no cabe duda que introduce un importante coeficiente de seguridad.

5. CONCLUSIONES

En las páginas anteriores se han descrito los numerosos datos que el SAIH puede transmitir -se insiste que en tiempo real- para proporcionar el conocimiento que se necesita para efectuar una explotación moderna e integrada de presas y embalses, tanto en situación normal como durante las avenidas. Es preciso tener en cuenta, sin embargo, que el simple conocimiento de estos datos no es suficiente, ni mucho menos, para garantizar que se ha de conseguir el objetivo fundamental que, como se estableció al principio, debe ser la mejora de la gestión de los recursos hídricos.

En efecto, la recepción de numerosos datos cada pocos minutos, algunos de los cuales no eran utilizados de forma habitual previamente, puede llegar a producir más desconcierto que ayuda si no se dispone de los dispositivos necesarios para su proceso. Es por lo tanto absolutamente necesario que, indisolublemente unido a la captación de datos, el SAIH proporcione los elementos y procedimientos que permitan su proceso y utilización inmediata; en realidad esto es lo que convierte al SAIH en un SISTEMA.

El SAIH -tanto en su faceta relacionada en la explotación de presas y embalses que aquí se ha descrito, como en cualquiera de las otras que su versatilidad le confiere- es un revulsivo respecto a procedimientos absolutamente válidos para épocas precedentes pero que hoy no serían capaces de afrontar los retos planteados a la gestión del agua. Aunque la mayoría de estos nuevos procedimientos ya están disponibles -al menos en sus

primeras versiones-, es preciso, tanto para su perfeccionamiento como para el desarrollo del resto, emplear las nuevas tecnologías hoy disponibles y, sobre todo, definir objetivos ambiciosos, imaginar escenarios válidos y, desde luego, contar con la experiencia de los que en definitiva han de asumir la responsabilidad final que son los ingenieros encargados de la explotación. ●

1)El Sistema de Explotación de Recursos ...está constituido por elementos naturales, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos hidráulicos naturales, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación... (Artículo 73.3 del Reglamento de la Administración Pública que desarrolla la Ley de Aguas).



OBRA REALIZADA POR:



ESTRUCTURAS ARAGÓN

PARA EL CENTRO DE PROCESO DE DATOS
DEL SAIH DEL EBRO

TIPOLOGÍA:

CIMENTACIÓN: LOSA HORMIGÓN ARMADO 1m CANTO.

ESTRUCTURA: LOSAS NERVADAS HORMIGÓN VISTO.

FACHADA: SEMICIRCULAR, APLACADA PIEDRA NATURAL.

CARPINTERÍA EXTERIOR: ACERO INOXIDABLE, VIDRIOS TRATADOS.

PAVIMENTOS: SUELOS TÉCNICOS NIVELABLES.

INSTALACIONES: ELECTRICIDAD, FONTANERÍA, CLIMATIZACIÓN, PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y ASCENSORES.

CUBIERTA: COBRE NERVADO.

SUPERFICIE CONSTRUIDA: 1037 m².

NÚMERO DE PLANTAS: SÓTANO MÁS CUATRO ALZADAS.

PRESUPUESTO DE CONTRATA: 310.053.270 PTAS. (Sin IVA).

PLAZO DE EJECUCIÓN: JUNIO 1993 A DICIEMBRE 1994

Avda. César Augusto, 3, pl. 6ª. 50004 Zaragoza.
Tel.: (976) 44 09 00. Fax: (976) 44 04 59