

EL SAIH Y SU APLICACIÓN

Alfonso Pedrero González.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Dirección General de Obras Hidráulicas.

RESUMEN

Con referencia a las Jornadas sobre "EL SAIH EN LA GESTIÓN HÍDRICA", celebradas entre el 3 y el 7 de abril de 1995, en Zaragoza, se hace una exposición de la evolución del SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA (SAIH), tanto desde el punto de vista administrativo como técnico, describiendo los diversos cambios y mejoras, que se han ido adoptando, para adaptarte a las necesidades de las Confederaciones Hidrográficas y a los avances técnicos, que han experimentado los diversos elementos que integran el SAIH. Asimismo, se exponen los problemas que plantean la explotación y mantenimiento del SISTEMA, la coordinación con otros Organismos, los futuros trabajos a desarrollar en paralelo con el SAIH, y las esperanzas de la D.G.O.H. sobre su futuro.

ABSTRACT

The article describes the development of the AUTOMATIC SYSTEM OF HYDROLOGIC INFORMATION, recalling the meeting on this System the SAIH, in Zaragoza in April, 1995. Administrative and technical aspects are discussed, and the improvements made to adapt the system to the needs of the Hydrographic Confederations and to the technical advances in the different sectors of the organization, considering the problems of the exploitation and upkeep of the Systems, coordination with other bodies, future projects to be developed in parallel with the SAIH and the expectations of the Water Board in this regard.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los días 3 al 7 del pasado mes de abril, se celebraron en Zaragoza unas Jornadas sobre "EL SAIH EN LA GESTIÓN HÍDRICA".

En ellas intervinieron 39 ponentes, a través de 16 conferencias y 3 mesas redondas. Se expusieron 13 stands, 12 por parte de algunas de las empresas que han intervenido hasta ahora en la implantación del SAIH, y uno de la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH). Asimismo se exhibió una exposición de fotografías antiguas y de aparatos de hidrometría, anteriores al SAIH.

El enfoque de las charlas fué muy variado, unas de tipo general sobre la aplicación del SAIH, sus experiencias y problemática, el análisis de su coste y beneficios, etc..., y otras sobre temas técnicos concretos, como la ingeniería del sistema, la evolución de la instrumentación, los sistemas de comunicación, los modelos de simulación hidrológica y los sistemas expertos. También se expusieron cuatro ponencias sobre la experiencia de la utilización de estos sistemas en Francia, Japón y EEUU y dos charlas sobre la coordinación del SAIH con el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y con Protección Civil.

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



Jornadas sobre "El SAIH en la gestión hídrica"

Asimismo, se desarrollaron tres interesantes mesas redondas sobre el enfoque y la utilización del SAIH en cada una de las cuencas hidrográficas, y sobre su aplicación en la gestión del agua. La participación e intervención de los asistentes fueron muy numerosas y provechosas, a través de los coloquios, que seguían a cada conferencia, y especialmente en las mesas redondas.

La asistencia media diaria fué del orden de 200 personas, y los resultados, tanto desde el punto de vista técnico como humano, muy alentadores.

Las consecuencias de estas Jornadas han sido de enorme interés para el futuro del SAIH, pudiendo considerarse que, a partir de ellas, comenzará una tercera etapa de su desarrollo, que podrá caracterizarse por su consolidación en las Confederaciones Hidrográficas.

A continuación se va a exponer lo que fué el objetivo principal de aquellas Jornadas, dando a conocer de forma general lo que es el SAIH, su evolución, sus éxitos y sus problemas, con un análisis de sus cambios y adaptaciones durante la evolución y desarrollo de su aplicación, desde el comienzo de sus estudios iniciales, en 1983. Tam-

bién se van a exponer las consecuencias, que se dedujeron de estas Jornadas, y el futuro que se espera para el Sistema Automático de Información Hidrológica.

2. DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DEL SAIH

El SAIH consiste, en resumen, en un potente instrumento de trabajo, que permite conocer a las Confederaciones Hidrográficas, en todo momento y en tiempo real, la situación hidrometeorológica e hidrológica de sus respectivas cuencas.

Este conocimiento lo consigue mediante la captación, transmisión, elaboración y presentación, de forma útil para el usuario, de las variables hidrometeorológicas e hidrológico-hidráulicas, en una serie de puntos representativos del funcionamiento hidráulico de la cuenca. Con ello se consigue una especie de fotografía instantánea de este funcionamiento y de la situación de dicha cuenca.

Como ya se ha indicado en otras ocasiones, el SAIH nació como una de las actividades que la DGOH lanzó en el marco, mucho más amplio, del Programa General de Seguridad y Explotación de

las Presas del Estado, que surgió, como es bien sabido, a raíz de las avenidas catastróficas que se produjeron durante 1982 y 1983.

Por ello, su objetivo inicial fue agilizar y racionalizar la toma de decisiones en la previsión y seguimiento de las avenidas e inundaciones. Sin embargo, en los primeros estudios, al ir conociendo la complejidad técnica de este instrumento y su elevado coste, se comprendió el riesgo que supondría no utilizarlo más que en las situaciones de emergencia, con la posibilidad de que en esas situaciones no funcionara. En seguida se vió que, con un ligero sobrecoste, sería de gran utilidad conseguir varios fines, que exigieran un funcionamiento continuo del Sistema, con una mayor facilidad de mantenimiento. De esta forma 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, posibili-

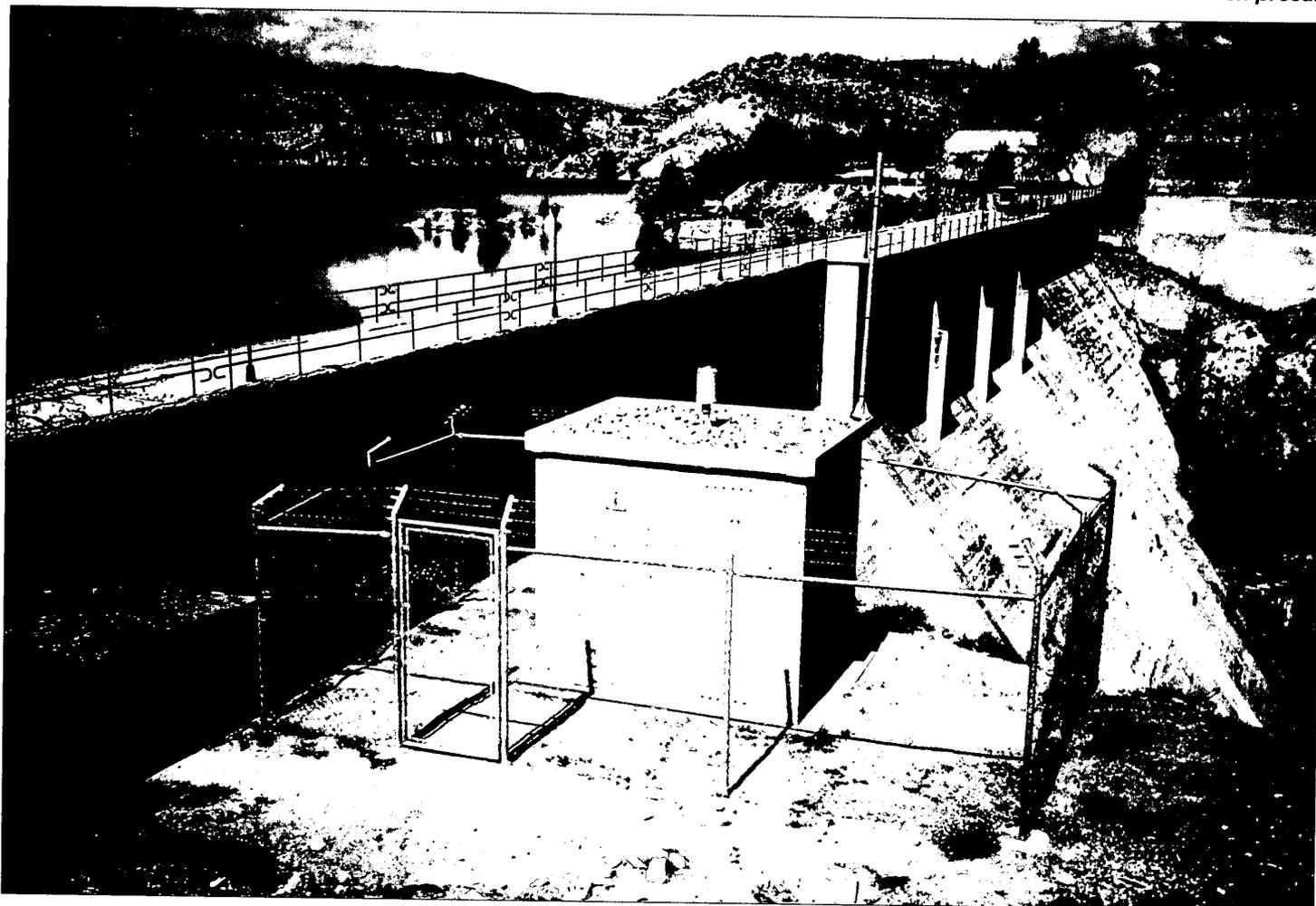
dad de enorme interés en situaciones de escasez de recursos, como la que atraviesa más de la mitad de España en estos momentos.

- ▼ La mejora de la seguridad de las presas, al conocer, en todo momento, su situación y la de sus elementos de desagüe y control.
- ▼ La mejora de las bases de datos hidrometeorológicos e hidrológicos, tanto en cantidad como en calidad.

Pero, al tratarse de un sistema de transmisión de datos, puede utilizarse también para conocer en las Confederaciones Hidrográficas otros tipos de variables, no solamente de tipo hídrico o meteorológico, pero también de gran interés, tales como:

- ▼ Los datos de calidad del agua, tema de enorme interés, previsto en el SAIH desde las primeras cuencas. Su interés lo demuestra el hecho de que, al crearse la Dirección General

**Punto de control
en presa.**



DESARROLLO DEL SAIH (1985 - 1996)

CUENCA	AÑO											
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
JÚCAR												
SEGURA												
SUR												
EBRO												
P. ORIENTAL												
GUADALQUIVIR												
TAJO												

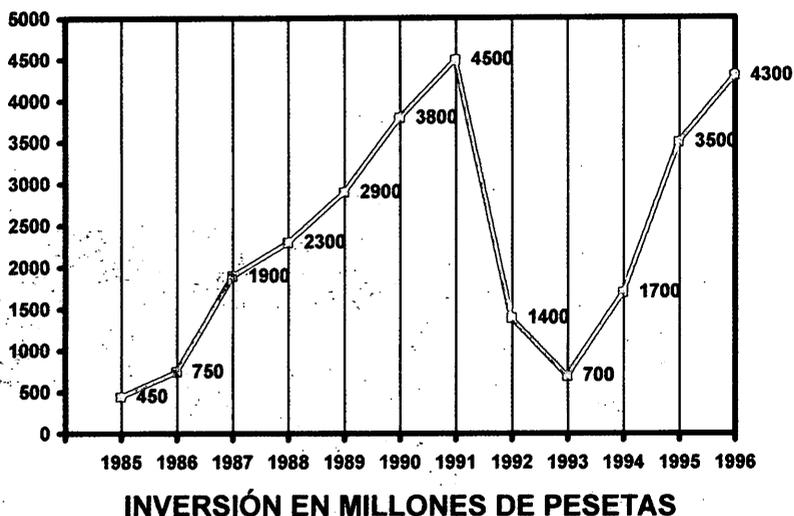


Gráfico nº 1.

de Calidad de las Aguas, pusiera en marcha un programa, el SAICA, cuyo único objetivo es cumplir esta posibilidad del SAIH.

- ▼ Los datos de auscultación de las presas, lo que mejorará todavía más su seguridad.
- ▼ Los datos de evolución y calidad de los acuíferos, posibilidad en la que actualmente tiene gran interés la DGOH.
- ▼ Los datos sismológicos de la infraestructura hidráulica.
- ▼ La posibilidad de telecontrol y telemando de esta infraestructura, tema que quiere activar la DGOH, por su enorme utilidad; en el caso del telecontrol, para la vigilancia de dicha infraestructura, la calibración de sensores, etc..., y en el caso del telemando, para las zonas de regadíos, abastecimientos, etc.

- ▼ Otras muchas posibilidades de tipo administrativo, como la elaboración automática de informes y estadísticas, la difusión pública de información hidrológica, etc.

3. EVOLUCIÓN

Durante el desarrollo del SAIH se han sucedido dos etapas muy diferenciadas.

- ▼ La primera, entre 1983 y 1988, en la que se pusieron en marcha las redes de las cuencas del JÚCAR, SEGURA, SUR, EBRO Y PIRINEO ORIENTAL, tuvo dos características fundamentales:
 - ▼ La voluntad política de acelerar al máximo la puesta en marcha del Sistema, empezando por las cuencas mediterráneas, y
 - ▼ La falta de experiencia en este tipo de Sistemas de prevención..

En enero de 1989, los trabajos sufrieron una disminución de ritmo durante tres años, lo que aprovechó la DGOH, hasta enero de 1992, para:

- ▼ Asimilar la experiencia adquirida en los años anteriores
- ▼ Adaptarse al espectacular avance tecnológico, experimentado hasta entonces, especialmente en las técnicas de la electrónica, de los medios de comunicación y de la informática.
- ▼ Estudiar y buscar soluciones a los graves problemas planteados por el SAIH, en cuanto a su explotación, mantenimiento y puesta al día.
- ▼ La segunda etapa, entre 1992 y la actualidad, se está caracterizando por la adquisición de experiencia, tanto por parte de la DGOH como de las Confederaciones, y por la adaptación a los últimos avances de las técnicas, que forman parte del SAIH.

Esta evolución se ve claramente en el Gráfico nº 1, en el que se aprecian perfectamente estas fases, tanto en el desarrollo de las diversas redes como en las inversiones anuales de esta época.

A continuación se van a exponer las diferencias más importantes entre ambas fases, tanto desde el punto de vista administrativo como técnico, con las evidentes mejoras que han aparecido en la segunda, como consecuencia de las carac-

terísticas mencionadas anteriormente: adquisición de experiencia y avances técnicos.

4. PLANTEAMIENTO ADMINISTRATIVO

Desde este punto de vista, y de acuerdo con las dos ideas básicas, o características fundamentales de la fase inicial, las decisiones de la DGOH, que distinguieron el planteamiento administrativo de esta primera fase, fueron las siguientes:

- a) Actuación sobre cuencas hidrográficas completas
- b) División en tres fases administrativas de los trabajos de implantación en cada cuenca.
- c) Convocatoria de concursos de proyecto y construcción para la instalación de las redes.

▼ La decidida voluntad política de instalar cuanto antes el SAIH en todas las cuencas peninsulares, aconsejó impulsar la alternativa de empezar a actuar sobre cuencas hidrográficas completas, en lugar de iniciar estudios más profundos en alguna cuenca piloto. Esta decisión se vió apoyada por la conveniencia de atraer licitadores de reconocido prestigio y con cierta experiencia, que seguramente no habrían estado interesados en participar en proyectos de poca entidad económica y escasa resonancia internacional.

▼ Debido a las circunstancias administrativas (Intervención de la CIABSI), al distinto perfil técnico de los realizadores del Logical Específico y al carácter de investigación de los Sistemas Expertos, se decidió dividir en tres fases de trabajo correspondiente a cada cuenca hidrográfica, desarrollando cada una de ellas a través de contratos diferentes:

- a) Instalación de la red de captación, transmisión y primera elaboración de los datos a considerar (almacenamiento, proceso elemental y presentación).
- b) Suministro y montaje del Sistema Informático del Centro de Proceso de la cuenca (equipos informáticos y logical básico).
- c) Implantación del Logical Específico, con estudio de modelización y posterior aplicación de Sistemas Expertos.

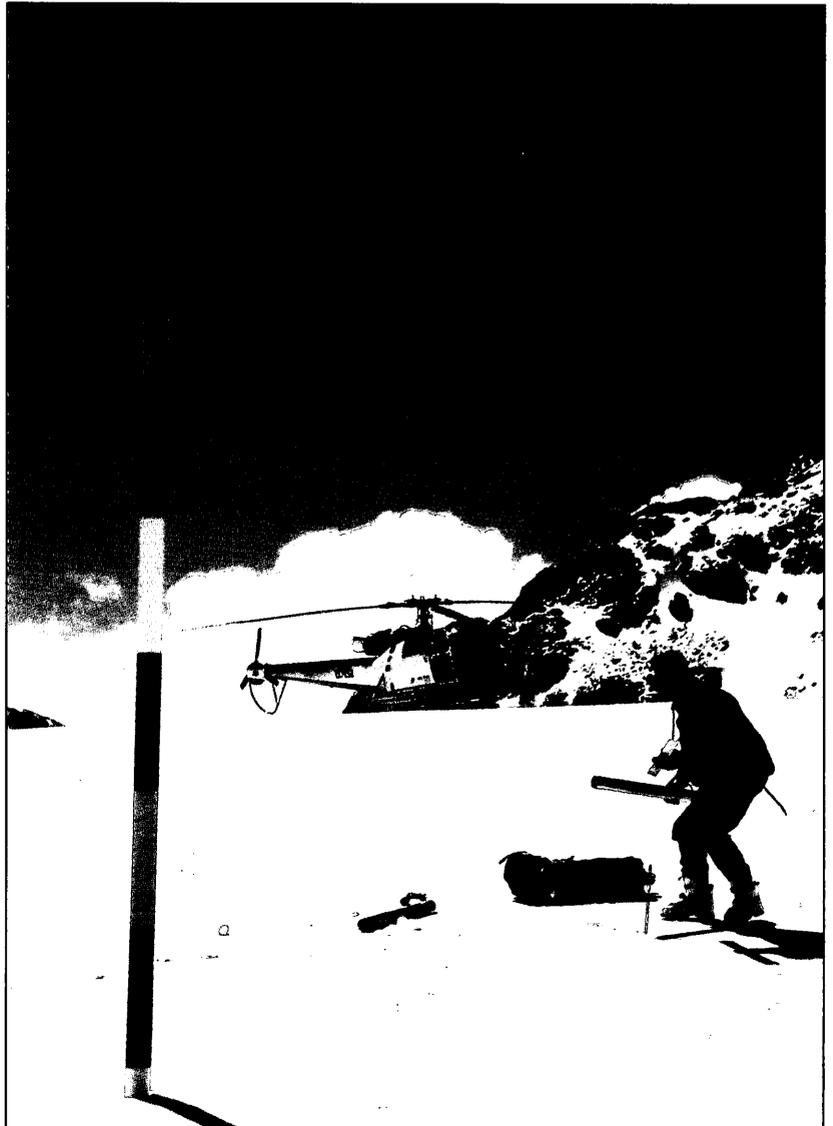
▼ Por otra parte, para la instalación de la Red, la DGOH decidió convocar concursos de proyecto

y construcción, regidos por pliegos de bases muy flexibles preparados por la propia Dirección General, en lugar de concursar sobre proyectos de construcción detallados, para lograr:

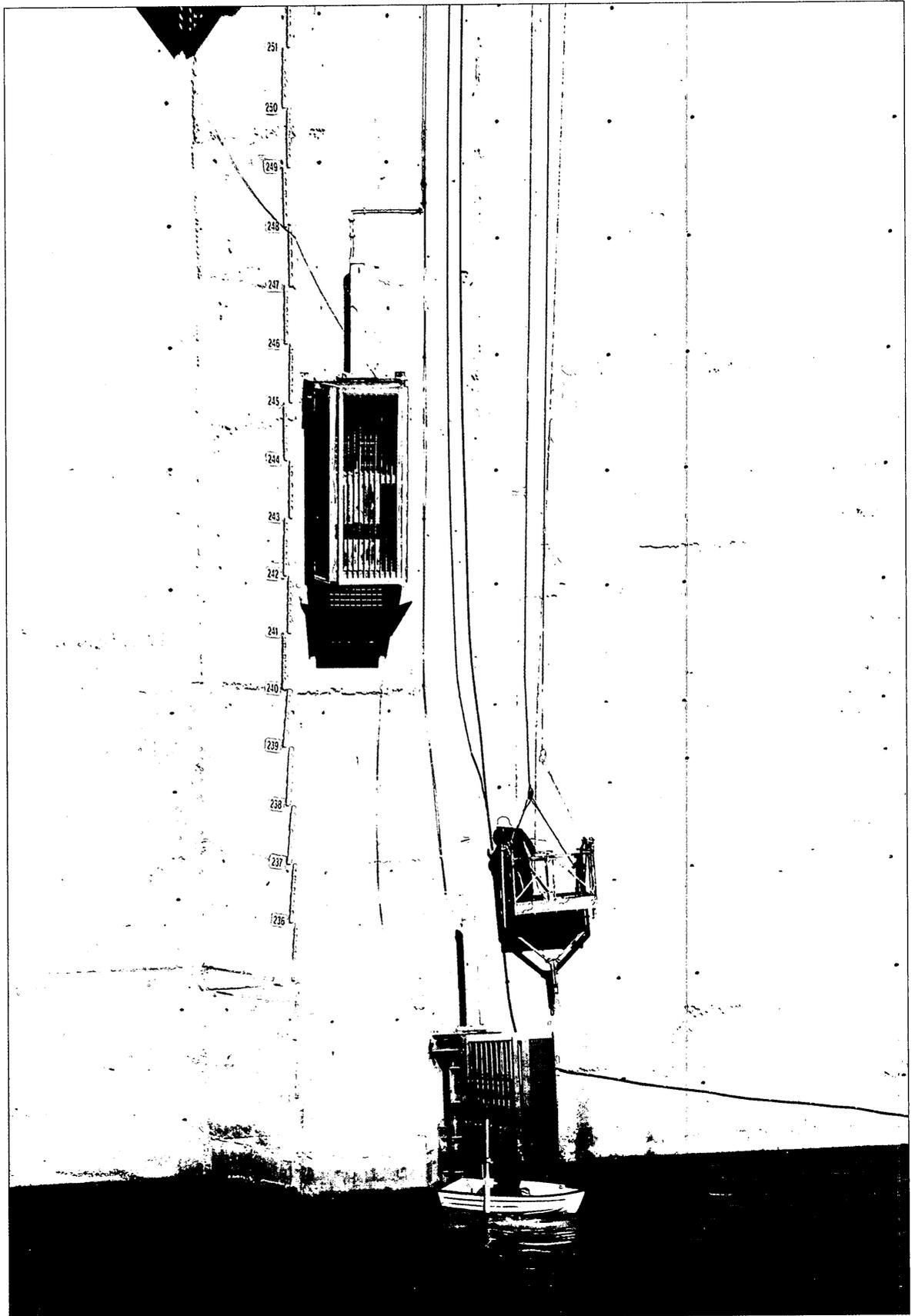
- acelerar el lanzamiento del Programa, acortando los plazos de concurso y adjudicación, y
- adquirir un valioso conocimiento de la situación del mercado internacional, y del estado de las diferentes técnicas, a partir de la presentación de "variantes" a los concursos.

La experiencia adquirida por la DGOH y las Confederaciones Hidrográficas durante los años de implantación de las cinco primeras cuencas, entre 1985 y 1992, ha contribuido a que las tres

**Toma de datos
nivales (Programa
Erhin).**



Colocando las sondas de medición de nivel de embalse.



decisiones iniciales de la DGOH, se hayan convertido actualmente en las siguientes:

- a) Mantener la actuación sobre cuencas hidrográficas completas
- b) Implantación de las redes de cada cuenca en una sola fase, con un enfoque técnico más adecuado
- c) Convocatoria de concursos de construcción sobre proyectos elaborados por cada Confederación.

Las principales consecuencias, siempre ventajosas, que están teniendo estas decisiones, son:

▼ En primer lugar, la integración del SAIH en todos los departamentos de las Confederaciones, en las que está produciendo un gran impacto dentro de su funcionamiento, colaborando eficazmente al proceso de modernización que se está exigiendo a la Administración. Esta modernización se está manifestando en la promoción del personal a una mayor cualificación, y en la mejora de los medios técnicos.

▼ Por otra parte, unos proyectos mucho más concretos y definidos, que se adaptan mejor a las necesidades de la Confederación, y cuyas variantes siempre serán relativas a mejoras técnicas de última hora, quedando bien definidas desde el punto de vista contractual.

▼ Un ahorro considerable de medios por parte de los licitadores, cuyos esfuerzos se pueden dedicar, fundamentalmente, a la investigación de los precios reales y al estudio de novedades técnicas que permitan mejorar el proyecto base.

▼ Un mayor ajuste entre el presupuesto inicial y el resultante, al no tener más variaciones presupuestarias que las derivadas de la introducción de mejoras técnicas, aparecidas durante el desarrollo de la obra.

5. PLANTEAMIENTO TÉCNICO

Desde el punto de vista técnico, los cambios que se han producido en el SAIH durante su aplicación han sido más importantes que desde el punto de vista administrativo, ya que aquí es donde más han influido la experiencia adquirida y las mejoras técnicas que han ido apareciendo.

Para la adquisición de esta experiencia y la puesta al día del conocimiento de las mejores téc-

nicas, ha sido muy importante la investigación realizada sobre la situación de estos Sistemas en el extranjero.

Para plantear de una forma coherente este tema, se va a ir exponiendo la secuencia lógica que deben seguir las actividades a desarrollar para la puesta en marcha de la implantación del SAIH en una cuenca hidrográfica, comparando el planteamiento de cada una de estas actividades en las dos fases del desarrollo del SAIH.

5.1. CONOCIMIENTO DEL SAIH EN LAS CONFEDERACIONES

- Inicialmente, esta actividad no era posible, ya que no se conocía a fondo el Sistema.

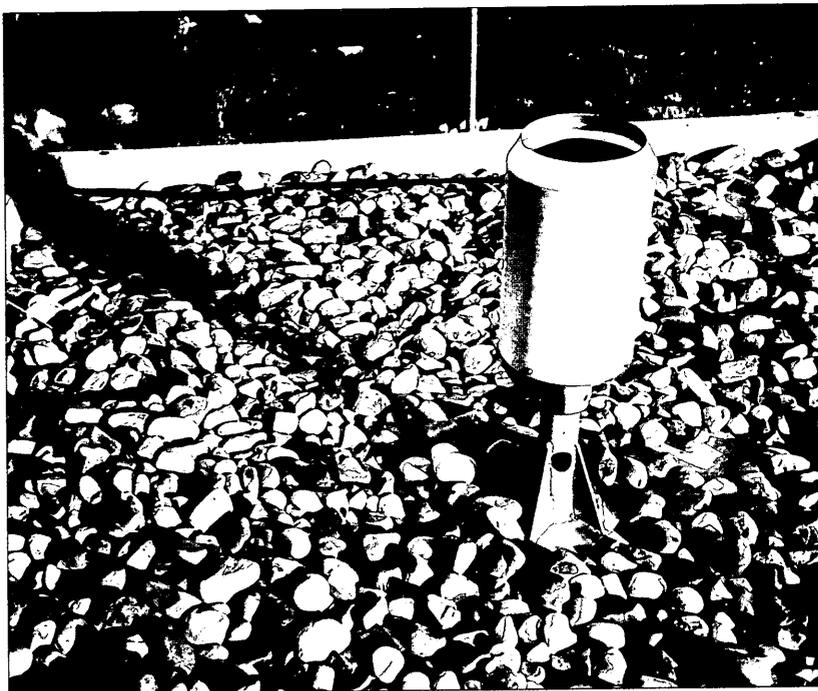
- En estos momentos, este punto, que ya se está consiguiendo, se considera absolutamente fundamental. Se trata de llegar a que todos los Departamentos de las Confederaciones (Hidrología, Explotación, Planificación, etc.) conozcan a fondo este importante instrumento de trabajo, su capacidad, su potencia y su versatilidad.

Es esencial conocer que otras muchas de sus aplicaciones, además de las indicadas anteriormente, pueden ser, por ejemplo, las de:

- ▼ Archivo de datos hidrológicos fiables y continuados
- ▼ Elaboración automática de informes y estadísticas
- ▼ Difusión pública de información
- ▼ Familiarización con las tecnologías modernas en el campo de los recursos hidráulicos.

Este conocimiento por parte de todos los técnicos de las Confederaciones, así como el que todos ellos dispongan de terminales, mediante los que puedan acceder a los bancos de datos, elaborados por el SAIH, relativos a sus funciones específicas, será la forma de conseguir, como se ha indicado anteriormente, que el SAIH sea considerado como un instrumento imprescindible de trabajo, y ésta será la clave de su éxito.

Es importante considerar que estos bancos de datos de que dispondrán las Confederaciones, aunque estén elaborados por los medios informáticos del SAIH, estarán formados no solamente por los datos aportados por este Sistema sino también por todos los obtenidos en la Confederación a partir de cualquier otro procedimiento, tan-



Pluviómetro automático.

to anterior como coetáneo con el SAIH (redes fonónicas y meteorológicas, datos de embalses, abastecimientos y zonas regables, etc...).

5.2. ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES DE LAS CONFEDERACIONES

- Inicialmente, esta actividad se desarrolló de forma imperfecta, en primer lugar por no conocer bien las posibilidades del Sistema, y además por no haber conseguido la intervención de todos los Departamentos de las Confederaciones durante el estudio de las primeras redes.

- Actualmente, una vez conseguido el conocimiento del SAIH y de sus posibilidades por toda la Confederación, así como los problemas a resolver y la forma de funcionamiento de dicha Confederación, se trata de estudiar el tipo de SAIH que se requiera para ello, o sea, de confeccionar con el SAIH un "traje a la medida" de las necesidades de la Confederación.

Teniendo en cuenta que las Confederaciones son todas diferentes, tanto en su forma de funcionar como en los tipos de problemas que han de resolver con mayor frecuencia (avenidas, sequías, optimización de recursos, problemas de regadíos, contaminación de cauces, aprovechamientos subterráneos, etc...), los correspondientes SAIH también serán diferentes, aunque estén basados en

ideas y criterios homogéneos y coordinados por la DGOH. Estas diferencias las marcan precisamente sus diferentes objetivos, y su adaptación a los diferentes problemas y a la organización de cada Confederación.

5.3. INGENIERÍA DEL SISTEMA

Así podemos llamar a la expresión técnica del "traje a la medida", mencionado anteriormente. Es la base del SAIH y la clave de su éxito.

- Inicialmente, se manejó una idea muy elemental de este tema, ya que es una consecuencia de las actividades anteriores, que, entonces, fueron muy deficientes.

- En estos momentos, se desarrolla con normalidad en las Confederaciones que estudian sus respectivos SAIH, ya que es el primer paso para poner en marcha el proyecto correspondiente. En resumen, consiste en responder a preguntas como las siguientes:

- ▼ Para qué se quiere el SAIH
- ▼ Quiénes han de ser sus usuarios
- ▼ Qué tipo de datos van a necesitar y con qué frecuencia
- ▼ Cómo se han de presentar estos datos y qué elaboración requerirán, etc.

Las respuestas a estas preguntas, y el conjunto de esta actividad, han de ser fruto de una labor de coordinación total en toda la Confederación, y su resultado es el objetivo más importante de los que se han de conseguir para el éxito del SAIH, así como la base de las actividades siguientes.

5.4. TOPOLOGÍA Y TIPOLOGÍA DE LA RED

Es la consecuencia más inmediata de la actividad anterior, y consiste en la definición de la estructura y funcionamiento de la red, de su localización geográfica y de los distintos tipos de puntos que la componen.

- Inicialmente, las ideas básicas, que condicionaron fundamentalmente la estructura del Sistema, fueron las siguientes:

- a) Jerarquización de la Red en tres niveles: 1) Puntos de Control, donde se capta la informa-

ción; 2) Puntos de Concentración, que gobiernan determinadas zonas, cuya información reciben a través de sus Puntos de Control; y 3) Centro de Proceso de la cuenca, donde se reciben, desde los Puntos de Concentración, todos los datos, se elaboran y se toman las decisiones.

b) Procedimiento de interrogación secuencial y cíclico desde el Centro de Proceso a los Puntos de Concentración, y desde éstos a los Puntos de Control, a intervalos de tiempo regulares.

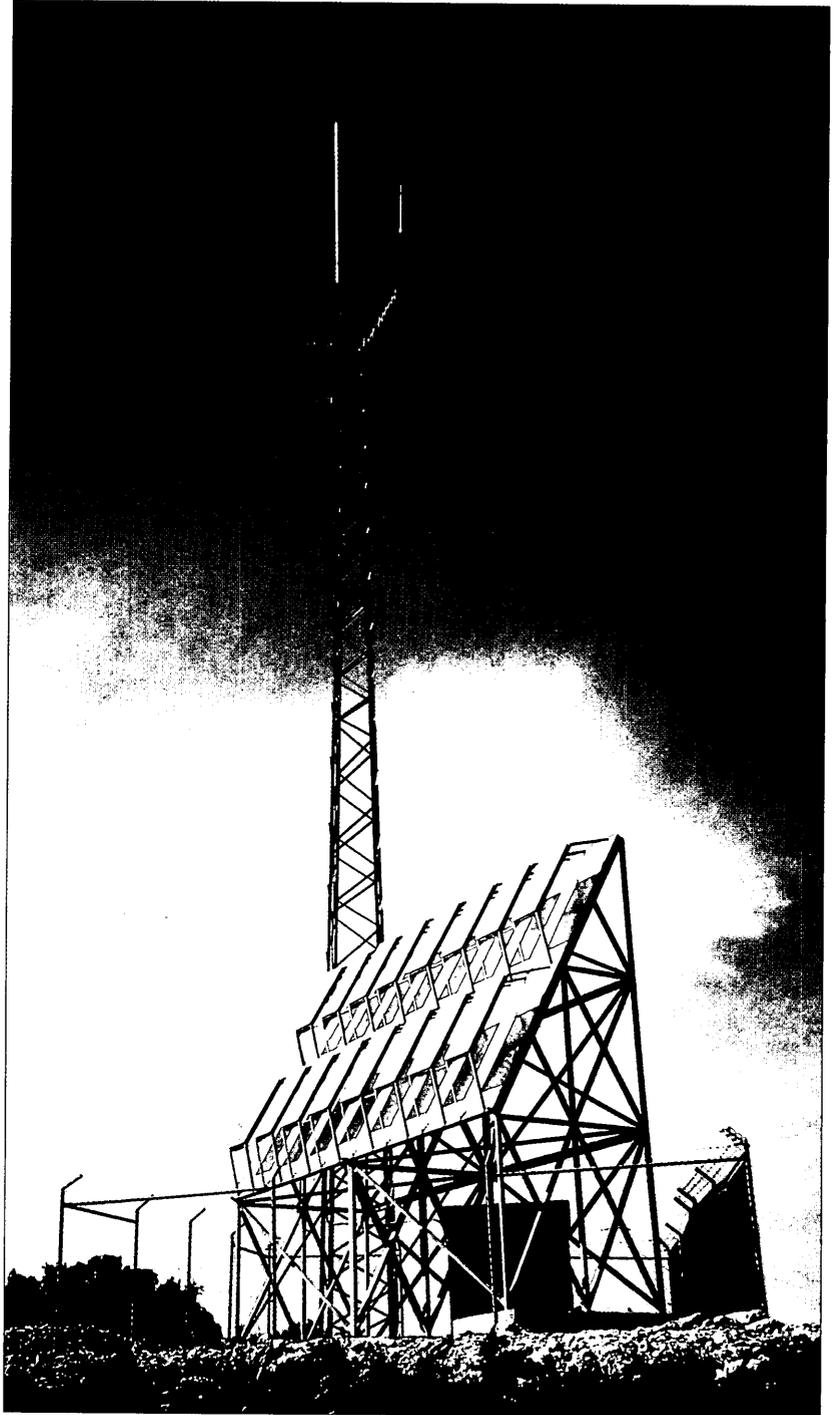
c) Transmisión de la información relativa a datos y alarmas en sentido ascendente solamente, es decir, desde los Puntos de Control a los de Concentración, y de éstos al Centro de Proceso.

Los criterios iniciales con que se decidieron esta estructura y tipo de funcionamiento se debieron esencialmente al tipo de transmisión utilizado, que fué la radio, y que, de esta forma, se podía abaratar considerablemente. La localización geográfica y la tipología de los puntos se basaron en la experiencia que se iba adquiriendo con las sucesivas redes en implantación.

- Actualmente, han mejorado notablemente, con la experiencia adquirida, tanto los criterios para la localización geográfica de los puntos de control como para la tipología de algunos de ellos, como las estaciones de aforos, marcos de control, accesos difíciles, etc...

El cambio más espectacular ha estado en la estructura y funcionamiento de la red. Este cambio se ha debido al cambio de los sistemas de transmisión, al paso de la radio al satélite geoestacionario (HISPASAT).

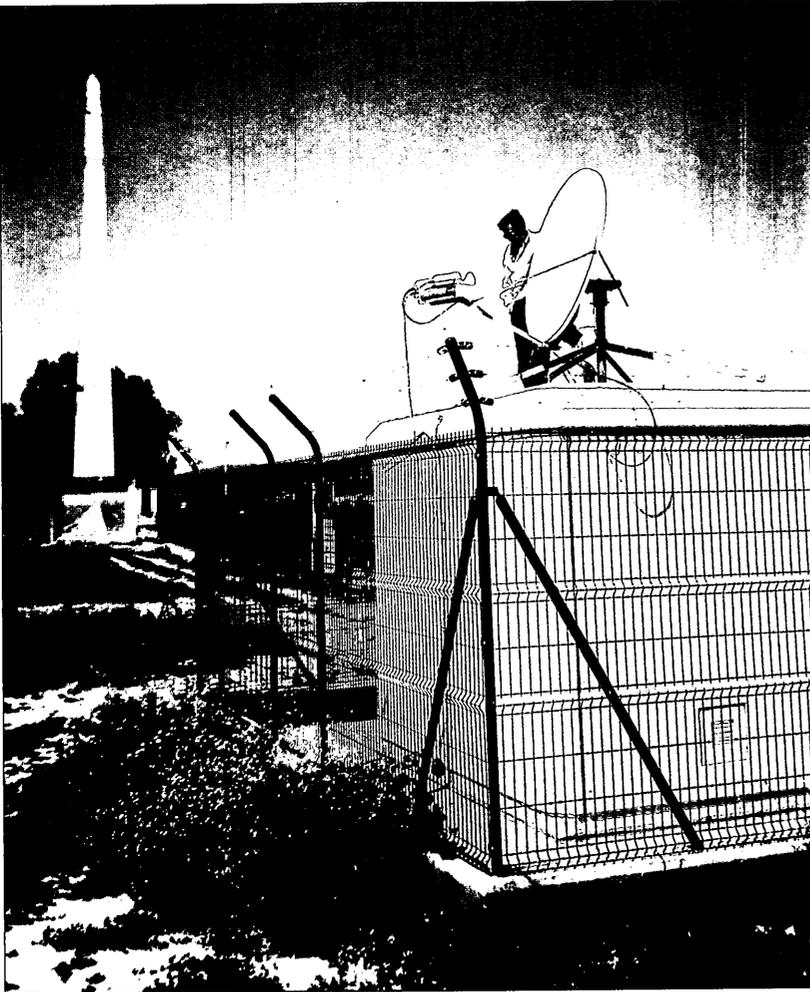
Han desaparecido los Puntos de Concentración, que han sido sustituidos por los Centros de Explotación o de Recepción. La interrogación la hace directamente el Centro de Proceso a los Puntos de Control, quienes envían los datos acumulados al Centro de Proceso, el cual, una vez elaborados, los envía a los Centros de Explotación, que funcionan así como otros usuarios internos, como los distintos Departamentos de la Confederación., Además, el proceso de interrogación ha perdido su rigidez inicial, siendo totalmente flexible, tanto en los períodos temporales como en la posibilidad de interrogar solamente a determinados puntos.



5.5. INSTRUMENTACIÓN

**Repetidor de radio
con energía
fotovoltaica.**

Esta actividad se refiere específicamente a los diversos elementos de que se compone cada punto de control, y es probablemente el capítulo con cambios más importantes, debidos, tanto a la experiencia adquirida como a las mejoras técnicas que han experimentado estos elementos.



Antena para transmisión por satélite.

Estos elementos son:

5.5.1.- SENSORES

Inicialmente se cometió un fallo en este tema, que fué una excesiva preocupación por la precisión del sensor.

Actualmente se lleva a cabo un estudio más profundo de la precisión requerida, en función de los fines para los que se necesita el dato, y de los procesos de elaboración y transmisión del mismo. Se busca un equilibrio entre esta precisión y la robustez que se debe exigir a los sensores para facilitar su instalación, mantenimiento y comprobación. También se requiere la posibilidad y facilidad de validación de los datos que se captan.

En la situación actual, cuando ya hay muchos sensores diferentes instalados, sería conveniente que la DGOH realizara un seguimiento selectivo para, mediante el oportuno estudio comparativo, deducir consecuencias extrapolables hacia el futu-

ro, relativas tanto a la tipología de los sensores más adecuados como a la validación de sus datos. Sobre este tema, la DGOH hizo un intento de montar un parque de prueba de sensores, en la presa de Baserca (ENHER), probándose alguna sonda de cuarzo para medir niveles de embalse, pero la falta de medios para su seguimiento abortó el intento.

5.5.2. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS (MICROPROCESADORES)

Estos elementos han presentado un grave problema durante la Primera Fase, debido a tener una tipología exclusiva para cada cuenca, sin posibilidades de cambios, ampliaciones, etc., lo que obligaba a estar en manos de un suministrador, que, incluso podría desaparecer, y con un sobrecoste injustificado por repetición de logicales muy parecidos.

Esta situación ha obligado a la DGOH a estudiar durante mucho tiempo la posibilidad de estandarización de estos elementos, llegando a la conclusión de que ésto solamente sería posible a través de la unificación del protocolo de comunicaciones, intento en el que se está trabajando actualmente, ante la alternativa de transmisión por satélite.

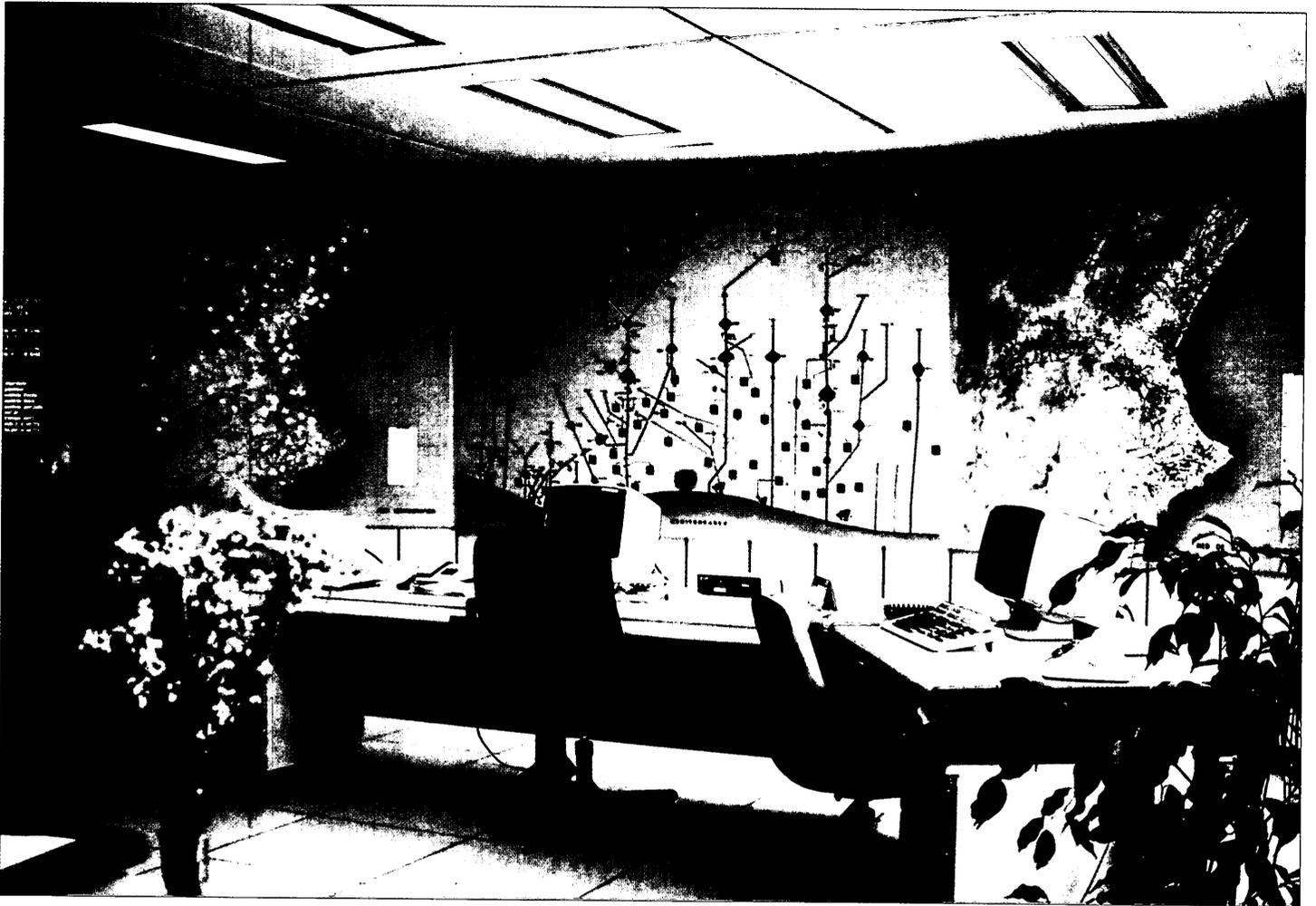
5.5.3. SUMINISTRO DE ENERGÍA

Para el suministro de energía de los diversos puntos de la red, incluidos los repetidores de radio, se utilizan dos sistemas de alimentación, el normal (líneas o paneles solares) y el de emergencia (baterías o grupos electrógenos).

▼ Inicialmente, los grupos de baterías para emergencia se dimensionaban indiscriminadamente para una autonomía de diez días, lo que ocasionaba unos sobrecostes, a veces innecesarios.

▼ Actualmente se hace un estudio punto a punto, para determinar la autonomía necesaria, en función del riesgo que puede suponer el que dicho punto quede fuera de funcionamiento, especialmente en el caso de los repetidores de radio.

Otro tema, al que se está prestando ahora mucha atención, es la protección de las acometidas eléctricas contra las descargas atmosféricas. Este punto es de especial importancia, ya que estas



**Centro de Proceso
de cuenca
(Valencia).**

descargas se producen en un porcentaje muy elevado a través de dichas acometidas, afectando tanto a éstas como a los equipos que alimentan.

Por otra parte, se están investigando también otras fuentes de alimentación alternativas, como la eólica, que, en algún caso, está dando resultados muy alentadores.

5.6. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

En este punto es donde ha habido uno de los cambios más espectaculares en el SAIH, que ha llegado a influir hasta en la estructura y funcionamiento de las redes: el paso de la radio al satélite geoestacionario.

▼ Una de las premisas básicas, seleccionada desde el principio del SAIH por motivos de seguridad, fué el de empleo de redes de radio particulares, como medio de transmisión de datos.

Este sistema funciona actualmente de forma satisfactoria, pero ha planteado muchos problemas a lo largo de estos años, de varios tipos:

▼ De tipo administrativo, como los sucesivos cambios de frecuencias, obligados por la Dirección General de las Telecomunicaciones, para adaptarse a la Normativa Europea.

▼ De tipo técnico, como los cambios de velocidad de transmisión, forzados por estudios poco profundos del protocolo de comunicaciones, muy ligado a la Ingeniería del Sistema; los graves problemas de interferencias sufridos en las bajas frecuencias de las primeras cuencas; las dificultades de encaje y comprobación durante las pruebas finales de funcionamiento; y la grave afección a la topología de las redes, al hacer depender la localización de determinados puntos de la posibilidad de transmisión, en detrimento muchas veces de la utilidad física de dichos puntos.

- De tipo económico, afectando especialmente a la red de repetidores, tanto en cuanto a su instalación como, sobre todo, al mantenimiento de sus accesos y a las averías producidas por las descargas atmosféricas.

- En estos momentos, la DGOH ha decidido la utilización de satélites geoestacionarios: el HIS-PASAT, para la transmisión de los datos del SAIH, en general, y el METEOSAT, para la transmisión de los datos nivales, que forman parte del programa ERHIN, que quedará integrado también en el SAIH.

Desde el punto de vista teórico, ésta podría ser la solución adecuada para la transmisión en el SAIH, ya que tendría las siguientes ventajas:

- ▼ Mayor seguridad en la transmisión, al evitar las interferencias
- ▼ Mejora evidente en la topología de las redes, al ser menos rígido que en la radio el sistema de transmisión.
- ▼ Mayor rapidez en la obra, al suprimir la red de repetidores, y en la comprobación de funcionamiento, que es inmediata.
- ▼ Menor coste aparente, tanto en la implantación como en el mantenimiento.

Sin embargo, todavía se tropieza con la falta de experiencia real sobre este sistema, tanto en cuanto a su funcionamiento como a su coste real.

De cualquier forma, la DGOH tiene mucha esperanza en su futuro funcionamiento, siendo probable que las redes actuales de radio vayan siendo sustituidas, al menos en parte, por el nuevo sistema de satélite.

5.7. SISTEMA INFORMÁTICO DEL CENTRO DE PROCESO DE CUENCA

- El criterio inicial fue el de fragmentar la instalación de este sistema en tres etapas:

- Una primera, incluida en el contrato principal, en la que se consideraba un microordenador en el Centro de Proceso y en los Puntos de Concentración, cuya misión era lograr una presentación primaria de datos, que permitiera verificar el funcionamiento correcto de la red.

- Una segunda, mediante la instalación en el Centro de Proceso del ordenador definitivo, a través de un contrato aparte, con la potencia ade-

cuada para procurar las prestaciones máximas definidas para el Sistema.

- Y una tercera, consistente en la implantación de un logical básico, que permitiese almacenar y ordenar los datos con fines estadísticos, así como una primera elaboración para presentación y posible manejo de modelos matemáticos.

- Actualmente, éste es otro de los capítulos estrechamente ligados a la Ingeniería del Sistema, y que ha experimentado mayores cambios y mejoras con los avances técnicos de la Informática.

En primer lugar, como parte de la Ingeniería del Sistema, se elabora el Proyecto Informático, es decir, las características funcionales del Sistema y las exigencias de presentación de datos a que se deba llegar, lo que determinará el equipo informático necesario, así como el logical básico, desde el primer momento de la implantación de la Red.

En las cuencas actualmente en ejecución, como la del Guadalquivir, este Proyecto se ha empezado a elaborar desde el comienzo de la implantación de la red, lo que está permitiendo un desarrollo del Sistema completamente lógico, y adaptado a los datos que envían los puntos de control, a medida que se van instalando y pueden transmitir a través del Hispasat.

5.8. LOGICAL ESPECÍFICO

Llamamos así a la parte probablemente más importante del SAIH, desde el punto de vista técnico, especialmente para conseguir una utilización correcta y provechosa del Sistema. Consiste fundamentalmente en el estudio y aplicación de los modelos matemáticos de simulación, más adecuados a la utilización de los datos del SAIH, y su adaptación al flujo de estos datos en tiempo real, con la ayuda de los Sistemas Expertos.

▼ Este tema se empezó con mucho retraso en las cuencas de la Primera Fase, descuidado por otros que parecían más urgentes, y se ha ido haciendo de una forma muy deslavazada y anárquica, en función de las aficiones y del tiempo disponible del Ingeniero Encargado de cada cuenca.

▼ En estos momentos, con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos, la DGOH está reconduciendo el trabajo para unificar en lo

posible los tipos de modelos a desarrollar y aplicar en todas las cuencas.

Por otra parte, y basándose en los primeros trabajos realizados en el SAIH del Júcar por el Laboratorio de Sistemas Inteligentes, de la Facultad de Informática de Madrid, se va a reanudar el desarrollo de la aplicación de los Sistemas Expertos para la utilización de los datos en tiempo real en los modelos de simulación, tanto para avenidas como para la optimización de los recursos hídricos.

6. EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Este es uno de los graves problemas que plantea el SAIH. Más que de un problema técnico, se trata de un problema administrativo, de disponibilidad de medios, tanto personales como materiales.

El tema de la Explotación es bastante complejo, ya que requiere personal de diferentes perfiles técnicos y notable formación. Es evidente que la importancia de la información a manejar aconseja que la solución se base en el empleo de personal propio de cada Confederación. Para ello, se ha de promover la dotación de plantillas suficientes en número y bien dotadas de medios.

Para hacerse una idea del volumen de trabajo que depende del equipo de Explotación del SAIH en una Confederación, basta tener en cuenta que este equipo ha de atender al funcionamiento diario del Sistema, recepción de los datos, organización, almacenamiento, presentación, distribución de los mismos, preparación de estadísticas, ficheros e informes, atención a las alarmas, preparación y coordinación del trabajo de mantenimiento, etc... Pero, además ha de llevar a cabo un trabajo, en paralelo al de funcionamiento, que consiste en mantener al día su ingeniería, desarrollando continuamente una serie de proyectos paralelos al funcionamiento de la Red, tales como:

- ▼ La utilización de los modelos hidrológicos y de previsión
- ▼ La investigación sobre la utilización de los Sistemas Expertos
- ▼ La actualización de los mapas de riesgo de inundaciones
- ▼ La puesta al día de las curvas de gasto de las estaciones de aforos, válvulas, compuertas, volúmenes de embalses, etc...



▼ La calibración de sensores y el seguimiento de su funcionamiento, tanto para afinar su tipología como para estudiar la validación de sus datos.

Telenivómetro para la toma automática de datos nivales.

Análogamente, en la DGOH sería necesaria la creación de un equipo técnico, que podría abordar misiones de gran importancia para la coordinación futura del SAIH, a nivel nacional, tales como:

- ▼ Promover, coordinar y centralizar la realización de los proyectos paralelos a que se ha hecho mención anteriormente, especialmente los referentes al desarrollo del logical, modelos y sistemas expertos.
- ▼ Coordinar, homogeneizar y optimizar las actuaciones de las distintas Confederaciones en sus respectivas gestiones de explotación.

▼ Crear grupos de trabajo específicos para el estudio de temas monográficos, tales como la normalización de puntos de control y de los protocolos de comunicaciones, el empleo de las bases de datos, de la cartografía digitalizada y de los Sistemas de Información Geográfica, utilización de la teledetección, etc.

▼ Conseguir la mayor difusión posible de las técnicas del SAIH, mediante boletines técnicos informativos, publicación de artículos, etc.

▼ Redactar unas "Normas de Explotación del SAIH", para la coordinación con usuarios externos.

▼ Centralizar la coordinación con otros Organismos (INM, Protección Civil, etc.).

En cuanto al Mantenimiento, la experiencia de estos años parece indicar que, por ahora, no admite más solución que afrontarlo con la contratación de empresas especializadas, reservándose la Confederación la dirección de este trabajo, a través de las personas de explotación del SAIH, a quienes se asigne esta función.

Esta solución está muy avalada por la experiencia de organizaciones que, como el USBR y el Army Corps of Engineers, lo hacen de forma sistemática y satisfactoria, desde hace unos años, en sus instalaciones de previsión y alarma de avenidas.

7. COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS

Esta coordinación ha existido a dos niveles, con Organismos colaboradores durante la implantación y la puesta en marcha, y con Organismos usuarios de la información suministrada por el SAIH.

Entre ellos destacan los siguientes:

7.1. DIRECCIÓN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES (DGT)

La colaboración entre ambas Direcciones Generales ha sido continua, desde el comienzo del SAIH, para definir las bandas de frecuencia en que habían de situarse las redes de radiocomunicación de cada una de las cinco primeras cuencas, actualmente en marcha.

Posteriormente, con el lanzamiento del satélite Hispasat, la colaboración ha continuado, para determinar el operador del satélite con el que la DGOH habría de gestionar la transmisión.

Actualmente, la DGOH está participando en el Programa PLANSAT, puesto en marcha por la DGT.

7.2. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (INM)

Desde la concepción inicial del SAIH, la DGOH comprendió la necesidad de contar con radares meteorológicos para anticipar el pronóstico de lluvias en los casos de cuencas de respuesta rápida, y especialmente en las situaciones de "gota fría", que periódicamente aparecen en el Mediterráneo. No obstante, considerando que el INM había anunciado un plan de instalación de radares meteorológicos en toda España, se decidió llegar a un acuerdo de colaboración al respecto.

A partir de entonces, el contacto ha sido continuo, y actualmente se procede a una coordinación y conexión directa entre los Centros de Proceso de los diversos SAIH con los Centros Territoriales del INM, instalados en las mismas capitales, para el intercambio de datos meteorológicos en ambos sentidos y de datos de los radares del INM al SAIH. Con este intercambio se consiguen mejorar las bases de datos y de calibración de los modelos meteorológico-hidrológicos de ambos Organismos.

También existe esta colaboración en el desarrollo de un proyecto, ya mencionado, que la DGOH lleva a cabo en coordinación con el SAIH, el ERHIN, para el estudio de los recursos nivales.

El INM actúa, por lo tanto, como colaborador y como usuario.

7.3. PROTECCIÓN CIVIL

En este caso, se trata de un usuario externo, para el que la información del SAIH es de enorme importancia en las situaciones de emergencia, producidas por las avenidas.

Dentro de las futuras "Normas de Explotación del SAIH", mencionadas anteriormente, habrá de estudiarse la solución práctica para el funcionamiento de esta coordinación.

7.4. GOBIERNO DE ANDORRA

La cuenca del río Valira, uno de los principales afluentes de la cabecera del río Segre, está íntegramente comprendida dentro del territorio andorrano, y su aportación es fundamental para este río, tanto desde el punto de vista hidrológico, en general, como desde el punto de vista nival.

Por ello, desde el comienzo del estudio del SAIH del Ebro, se firmó un acuerdo internacional de colaboración con el Gobierno andorrano para ambos temas. Existe un intercambio continuo de datos nivales y además se han implantado seis puntos de control del SAIH en su territorio, cuyos datos se transmiten al Gobierno andorrano como a un Centro de Explotación más de la cuenca del Ebro.

Se trata, por tanto, de un caso de colaborador y usuario externo.

7.5. OTROS USUARIOS

A medida que la utilidad del SAIH se va difundiendo, van apareciendo posibles usuarios futuros de su información, tales como Empresas de abastecimientos municipales, Comunidades de Regantes, Comunidades Autónomas, etc.

Algunos de ellos, como son las Empresas Hidroeléctricas, además de usuarios, están siendo también colaboradores durante la implantación, con el intercambio de sus propios datos.

El caso de estos usuarios habrá de contemplarse también en las "Normas de Explotación".

8. TRABAJOS ACTUALES Y FUTUROS

Como consecuencia de las mencionadas Jornadas de Zaragoza, se han conseguido, entre otros, los siguientes objetivos, de enorme importancia para el SAIH:

▼ Hacer, por primera vez en España, una exposición pública del SAIH, con su origen, objetivos y posibilidades, evolución, sus éxitos y sus problemas.

▼ Hacer comprender a las autoridades responsables la importancia que tiene el SAIH para las Confederaciones, como potente instrumento de trabajo y como elemento fundamental para su modernización, así como la imperiosa necesidad de su integración total en todos los Departamentos de las mismas.

▼ Destacar lo imprescindible que es el conocimiento completo de las posibilidades del SAIH por parte de todos los Departamentos de las Confederaciones, con objeto de que cada una de ellas haga del SAIH un "traje a la medida" de sus necesidades.

▼ Plantear por primera vez la magnitud del problema que presentan la Explotación y el Mante-

nimiento del SAIH para su supervivencia, así como las posibles soluciones al mismo.

▼ Exponer la necesidad de abordar una serie de trabajos, en paralelo con el desarrollo del SAIH, necesarios para mantener al día su ingeniería y su utilidad.

Para completar estos objetivos, la DGOH ha empezado a poner en marcha la ejecución de los trabajos a que se hace referencia en el párrafo anterior, que son los PROYECTOS PARALELOS y los trabajos coordinados por la DGOH, mencionados en el apartado nº 6.

El detalle de todos estos proyectos y trabajos es el siguiente:

8.1. ACTUALIZACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS E INVESTIGACIÓN SOBRE SISTEMAS EXPERTOS

Este trabajo se está llevando a cabo en todas las Confederaciones, bajo la coordinación de la DGOH, con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) para el tema de los modelos y del Laboratorio de Sistemas Inteligentes (Facultad de Informática de Madrid) para los Sistemas Expertos. Este último tema de investigación se va a llevar a cabo también para la validación de datos.

8.2. ACTUALIZACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIONES

Estos son elementos de gran utilidad para el manejo de los embalses situados aguas arriba de las zonas de riesgo, para la planificación hidráulica de posibles obras de encauzamiento y defensa, para la planificación urbanística de los términos municipales afectados y para la determinación, ante situaciones de alerta de avenidas, de las posibles zonas a evacuar, vías de comunicación afectadas, etc.

Cuando estos mapas existen antes que el SAIH, son fundamentales para determinar la topología de éste, en cuanto a puntos de control meteorológico y foronómico se refiere.

Utilizando el SAIH como elemento de trabajo, la actualización de estos mapas es inmediata, así como el conocimiento de los mismos es fundamental para la calibración de los modelos del SAIH.

Por otra parte, con la puesta en marcha de la "Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones" la DGOH está forzada a disponer de ellos, para una utilización correcta del SAIH en relación con Protección Civil. Por

ello, ha empezado la labor de coordinación para la ejecución de este trabajo en todas las Confederaciones.

8.3. ACTUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE GASTO

El mantenimiento y vigilancia continua de las estaciones de aforo es imprescindible para el correcto funcionamiento del SAIH. Sus curvas de gasto deben estar constantemente actualizadas mediante campañas de aforos directos. Se insiste especialmente en este tipo de puntos de control por ser los más propicios a la descorrección, especialmente en situación de avenidas.

En este trabajo se incluyen dos actividades fundamentales:

- a) La revisión y puesta al día de la obra civil de todas las estaciones de aforos
- b) la actualización de las curvas de gasto, no solo de las estaciones de aforos, sino también de los canales, tuberías y demás conducciones, así como de todos los elementos de toma y desagüe de las presas.

En estos momentos, la DGOH está estudiando la forma más eficaz de llevar adelante estos trabajos.

8.4. CALIBRACIÓN DE SENSORES

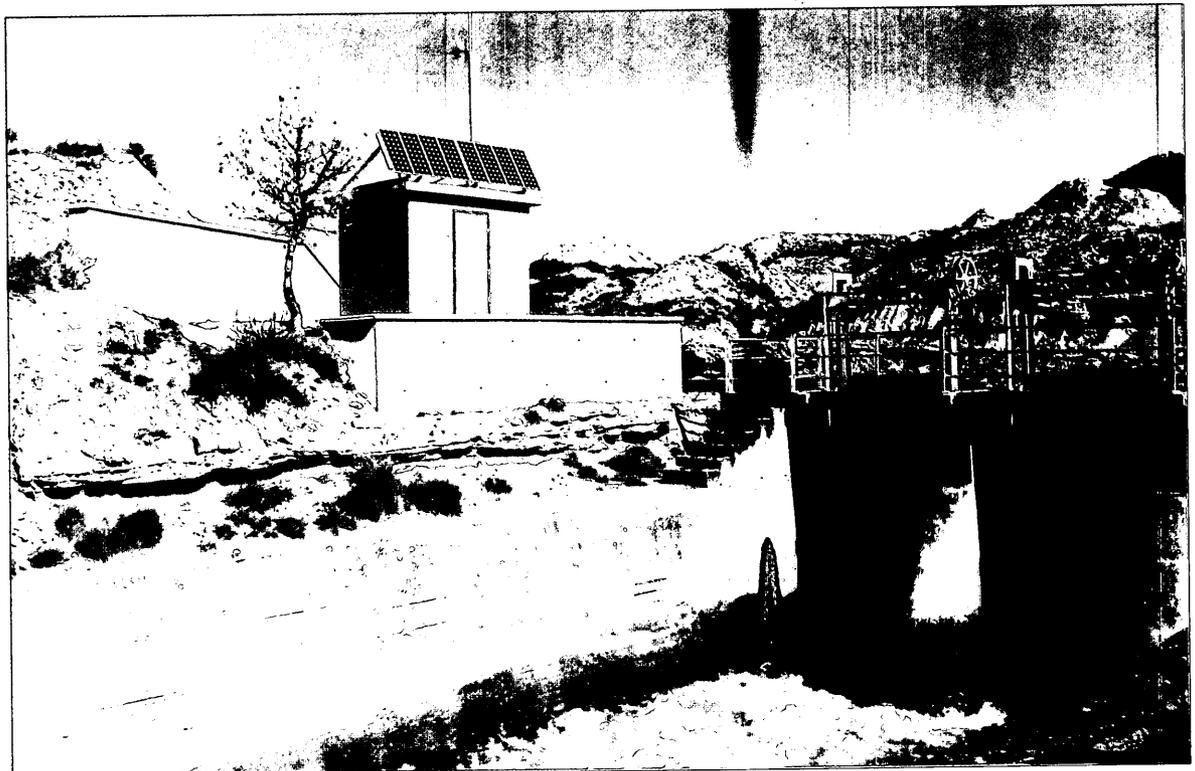
Este es uno de los puntos importantes de las labores de explotación y mantenimiento del Sistema, ya que, en todo momento, se debe garantizar la veracidad del dato que se transmite.

También se incluyen dos actividades fundamentales:

- a) La calibración de los sensores instalados, actividad que deben llevar a cabo los equipos de mantenimiento del SAIH, y cuya homogeneización está estudiando la DGOH.
- b) La creación de un parque selectivo de la tipología de sensores, tema que también está estudiando la DGOH, para ponerlo en marcha lo antes posible, y al que se hizo referencia en el apartado 5.5.1.

8.5. NORMALIZACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Este trabajo, que estudiará la DGOH, consistirá en un intento de unificación de los tipos de puntos de control, así como de los criterios para su ubicación, en base a la experiencia de la representatividad de los ya instalados, con un mínimo de 4 ó 5 años de funcionamiento.



Control en toma de canal.

8.6. UNIFICACIÓN DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIONES

La DGOH preparó una propuesta sobre este tema, en relación con la transmisión por radio, que afecta a las cinco cuencas de la 1ª FASE.

En estos momentos, está preparando un segundo estudio para la transmisión por satélite, que afectará a las cuencas que adopten este sistema de transmisión.

8.7. NORMALIZACIÓN DE LAS BASES DE DATOS

Para poner en marcha este trabajo, de enorme importancia para todos, la DGOH ha planteado a las Confederaciones la siguiente secuencia de actuaciones:

- ▼ Unificar en cada Confederación, en una sola base, el conjunto de todos sus datos hidrometeorológicos, tanto los procedentes del SAIH como los de las fuentes tradicionales.
- ▼ Estudio, por parte de la DGOH, de una solución única para todas estas bases, ficheros y presentaciones gráficas, con objeto de unificar la distribución de datos al exterior.
- ▼ Estudio, en cada Confederación, de una aplicación, en paralelo a la actual, para esta distribución de datos, a la que, poco a poco, se podría ir pasando el conjunto.

8.8. CARTOGRAFÍA DIGITALIZADA Y GIS

La DGOH ya ha puesto en marcha este trabajo, y dispone de la base cartográfica a escala 1/200.000 del Instituto Geográfico, en la que está depurando la red hidrológica, para localizar las cuencas.

Se están estudiando las necesidades de cada Subdirección, para definir las bases de datos necesarias, y coordinarlas con las Confederaciones, en base a los resultados del apartado anterior.

8.9. UTILIZACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN

La DGOH está desarrollando esta investigación, con la ayuda del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX), para la obtención de los parámetros de la escorrentía y para los estudios nivales.

Es un tipo de trabajo que se ha podido realizar en alguna cuenca concreta, pero que no es extra-



Pértiga de control nival.

polable. Se están estudiando criterios generales para poder facilitar su aplicación.

8.10. TELECONTROL Y TELEMANDO

Se trata de una posibilidad del SAIH, en cuyo desarrollo tiene un especial interés la DGOH.

La Confederación Hidrográfica del Segura ya ha empezado a hacer algunos ensayos de televigilancia en la presa de El Cenajo, con resultados alentadores. La DGOH ha instado a todas las Confederaciones para que estudien proyectos piloto de estos temas, en sus respectivas cuencas.

8.11. NORMAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE DATOS

A petición de las Confederaciones, la DGOH ha empezado a estudiar este tema, que es fundamental para la coordinación de las relaciones del SAIH con los usuarios externos. La base de partida de estas Normas es que solamente se distribuirán datos elaborados, y nunca las variables físicas, con las que se obtengan estos datos.

8.12. DIFUSIÓN DEL SAIH

La DGOH considera de suma importancia el potenciar esta actividad, a base de charlas, artícu-

los, intervenciones en Jornadas o Congresos, etc. y va a preparar las bases para contar con los medios necesarios para esta labor.

9. FUTURO DEL SAIH

La DGOH se encuentra ante un reto muy importante, pero es francamente optimista con respecto al futuro del SAIH, ya que, como se ha expuesto anteriormente, se trata de un potente instrumento de trabajo que, además, facilita la modernización que se le exige a la Administración.

Aunque, tanto la inversión total del SAIH como los costes de explotación y mantenimiento, van a ser relativamente elevados, sin embargo su rela-

ción con los beneficios, que producirá a la Sociedad, será muy favorable.

Es por todo ello, por el apoyo que debiera tener por parte de la Administración y de la Sociedad, como principales beneficiarios del Sistema, por lo que parece razonable pensar en un futuro halagüeño para el SAIH.

BIBLIOGRAFÍA

-Jornadas sobre el SAIH en la gestión hídrica. Febrero de 1995. Dirección General de Obras Hidráulicas y Confederación Hidrográfica del Ebro (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente). ●

SISTEMAS DE TELEMEDIDA Y TELECONTROL

- PROYECTOS
- ASESORIAS
- DIRECCION DE OBRAS
- INGENIERIA

C&T Creatividad y
TECNOLOGIA, S.A.

José Ortega y Gasset, 6
Tel. (91) 578 13 36
Fax.(91) 435 06 33
28006 MADRID
E-Mail: cytsa@ibm.net

Avda. de la Buhaira,7
Tel. (95) 457 80 91
Fax.(95) 457 81 86
41018 SEVILLA



S O L U C I O N E S E L E C T R O N I C A S I N T E L I G E N T E S