

# Nuevas tecnologías aplicadas en la gestión de presas: Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Guadiana

FRANCISCO BARBANCHO LÓPEZ (\*), JOSÉ MARÍA GUTIÉRREZ BERNABÉ (\*\*), y SERGIO DE CAMPOS PAUS (\*\*\*)

**RESUMEN** El objetivo de este trabajo es presentar las ventajas proporcionadas por el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) a las Cuencas Hidrográficas. Dicho sistema permite conocer el estado de las presas en tiempo real, garantizando la gestión de los recursos hídricos y previendo y alertando posibles situaciones de riesgo como inundaciones y sequías. Como experiencia se explica el SAIH de la Confederación Hidrográfica del Guadiana a fin de mostrar un complejo sistema donde el uso de las últimas herramientas tecnológicas ha sido esencial para obtener un óptima gestión y hacer frente a las operaciones cotidianas.

## NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO DAM MANAGEMENT: THE HYDROLOGICAL INFORMATION AUTOMATIC SYSTEM (HIAS) IN THE GUADIANA RIVER BASIN.

**ABSTRACT** *The objective of this paper is to present the advantages provided by the Hydrological Information Automatic System (HIAS) to river basins. Such system not only allows to know the current state of dams, but it also guarantees optimal water resources management, as well as preventing and controlling risk situations such as droughts or floods. The Guadiana river basin's HIAS is exposed in order to explain a real and complex case where the use of this technological tool is essential in order to face day-to-day operations.*

**Palabras clave:** Control automático, SAIH, Planes de emergencia, Calidad agua, Diseño, Descarga, Evaporación, Inundación, Compuerta, Válvula, Sonda.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de los sistemas de adquisición, transmisión, almacenamiento y gestión de la información hidrológica permite en la actualidad disponer de herramientas abiertas para optimizar la gestión de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica, así como el funcionamiento de cada presa en particular.

La optimización de los recursos, de especial importancia en periodos de sequía, la ayuda a la prevención de daños producidos por inundaciones o el conocimiento de la calidad del agua de los embalses, entre otros, son posible gracias a la implementación de tecnologías multidisciplinares tales como los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH).

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SAIH DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA

La explotación de los recursos hidrológicos de la cuenca del río Guadiana, gestionada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana, se ve dificultada por sus particulares divisiones geológicas y administrativas.

Por un lado, la zona de cabecera es de naturaleza kárstica, no abundando los recursos de aguas superficiales. En cambio, la zona central está fuertemente regulada, con más de 40 embalses y presenta una importante actividad agrícola y ganadera. Finalmente la zona sur está separada del resto a efectos de explotación, ya que el río transita por Portugal antes de retornar al área de competencia de la Confederación.

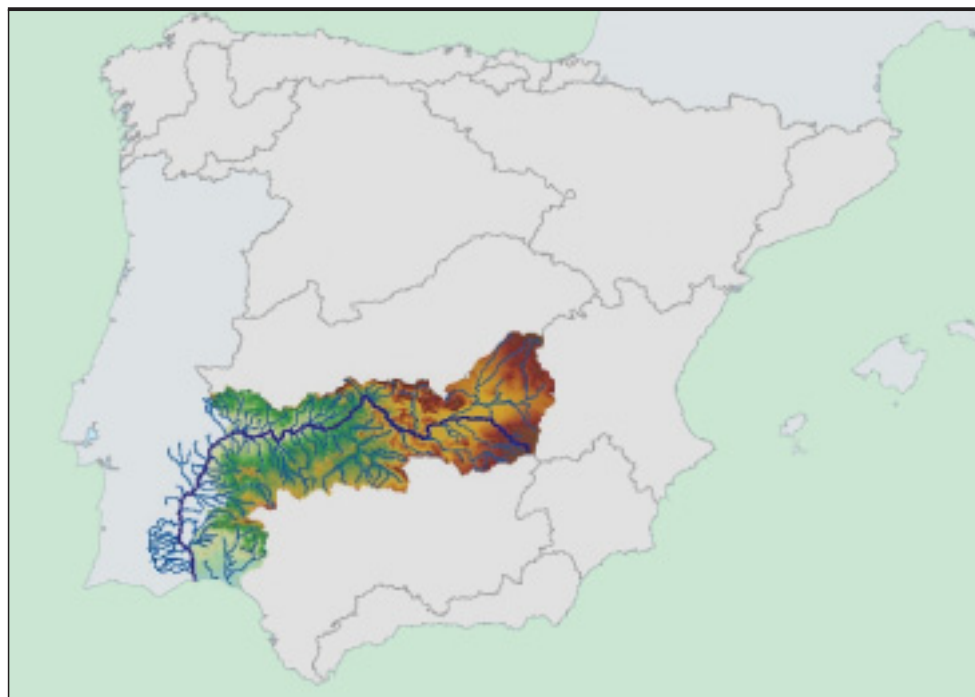
En estas condiciones se hace especialmente necesario disponer de sistemas de adquisición de datos hidrológicos y meteorológicos, y de información de la explotación de las diferentes presas, obteniendo de este modo una visión global y permitiendo una óptima gestión de los recursos.

El programa SAIH, puesto en marcha a partir del año 1984 se encuentra operativo en diferentes cuencas hidrográficas de España. Caben destacar las características del SAIH implantado en la Confederación Hidrográfica del Gua-

(\*) Director de Explotación. Confederación Hidrográfica del Guadiana (España).

(\*\*) Director de Proyectos. Adasa Sistemas, S.A.U. (España).

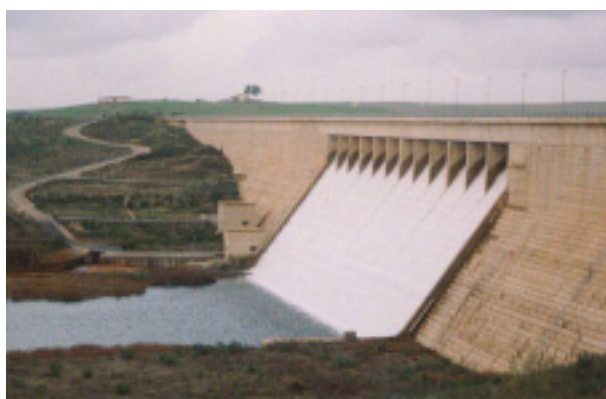
(\*\*\*) Jefe de Proyectos de Sistemas de Información. Adasa Sistemas, S.A.U. (España).



**FIGURA 1.** Localización geográfica de la Cuenca del río Guadiana.

diana ya que demuestran un alto nivel de evolución del sistema; éste viene marcado por una doble vertiente:

- La filosofía de sistema se ha expandido desde un objetivo inicial exclusivamente hidrológico (adaptado a las cuencas mediterráneas de comportamiento torrencial), hasta un verdadero sistema de gestión global de todos los campos de la actividad del organismo. El SAIH no se traduce como un servicio de alerta hidrológica y se incluye en la estructura organizativa de las Confederaciones como un sistema de gestión del conjunto de la información disponible, no sólo para el organismo sino también para la sociedad en su conjunto.
- La adaptación a las innovaciones tecnológicas que van surgiendo en cada momento ha ocasionado la consolidación de una serie de tendencias que permiten una mayor flexibilidad del sistema. Los diseños son cada vez más abiertos y se aprovechan soluciones comerciales, de código abierto y más extendidas.



**FIGURA 2.** Imagen de una presa de la Cuenca del río Guadiana.

Estos aspectos se materializan en el SAIH del Guadiana. Prueba de ello son los diseños iniciales (donde la red de puntos de control incluye la medición de valores hidráulicos e hidrológicos, parámetros de calidad de las aguas y de gestión de los recursos subterráneos), las soluciones de hardware y software (uso de estaciones remotas tipo PC, sistemas operativos LINUX, tecnología JAVA, SACADAS basados en productos comerciales, etc.) y el propio montaje interno del sistema (usándose técnicas de Sistemas de Información Geográfica y acoplándose, sobre él mismo, desarrollos muy alejados de los objetivos iniciales del SAIH, como pueden ser la gestión de flotas o las comunicaciones de fonía fija y móvil del organismo).

Asimismo el acceso a la información, tanto a usuarios internos como externos, se realiza a través de herramientas web, abriendo una vía muy interesante para facilitar el flujo de información no sólo de aspectos hidráulico-hidrológicos, sino de todos los campos de actividad de la gestión diaria del organismo (gestión de usuarios y concesionarios, facturaciones, atención al público, seguridad de instalaciones, etc.)

### 3. RESULTADOS

La experiencia indica que la implantación de un sistema de estas características permite el aprovechamiento de una serie de sinergias que conducen a unos esquemas operativos muy alejados de los tradicionales.

Desde la primera fase del diseño de las instalaciones y sensorización previstas para las presas del proyecto SAIH Guadiana, se tuvieron en cuenta las experiencias previas en otras cuencas y las problemáticas reales halladas en la explotación de los embalses. Los principales problemas identificados fueron los siguientes:

- Problemas de fiabilidad de datos, mantenimiento de instalaciones y averías en equipos producidos por interferencias electromagnéticas y descargas eléctricas.

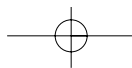


FIGURA 3. Portal del Sistema de Información Hidrológica del Guadiana.

- Abundancia de sistemas de sensorización y de adquisición de datos inconexos, desarrollados en el marco de diferentes proyectos, dificultando la ampliación de los sistemas de medida y su flexibilidad ante nuevos retos

Para hacer frente a la primera problemática, se diseñaron las instalaciones locales basadas en el despliegue de una red de fibra óptica a través de las galerías de servicio de la presa, interconectando las diferentes cámaras de válvulas y compuertas. En las cámaras se efectúan instalaciones clásicas mediante cable de cobre, pero con distancias limitadas hasta un armario satélite donde la señal eléctrica se convierte a fibra óptica.

De esta manera, las grandes distancias de cableado se cubren con fibra óptica, inmune a las interferencias electromagnéticas y a las descargas eléctricas de las tormentas. Esta solución minimiza las averías y mejora la calidad de las medidas. No obstante, los problemas ocasionados por las sobretensiones en las acometidas eléctricas siguen existiendo.

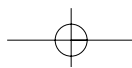
A fin de minimizar esta posibilidad, los puntos de control de presas son dotados de protecciones contra descargas eléctricas y sistemas de alimentación ininterrumpida. Sin embargo, esto solamente garantiza la monitorización de la presa y de los caudales circulantes durante un tiempo adicional facilitado por las baterías eléctricas. En consecuencia, antes de que se agote su autonomía, será necesario desplazar un operario para rearmar las protecciones eléctricas. Para aumentar la disponibilidad de los sistemas de telemedida, se han instalado protecciones eléctricas auto-rearmables.

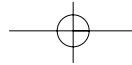
En resumen, se ha desarrollado un diseño capaz de funcionar en condiciones meteorológicas adversas que normalmente coincidirán con las peores situaciones de explotación hidrológica de las cuencas.

Para hacer frente a la segunda problemática, flexibilidad y capacidad de crecimiento, se ha optado por la utilización de estándares industriales y sistemas abiertos. Sobre la red



FIGURA 4. Imagen de una central hidroeléctrica en el Guadiana.





NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA GESTIÓN DE PRESAS: SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA (SAIH) DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA

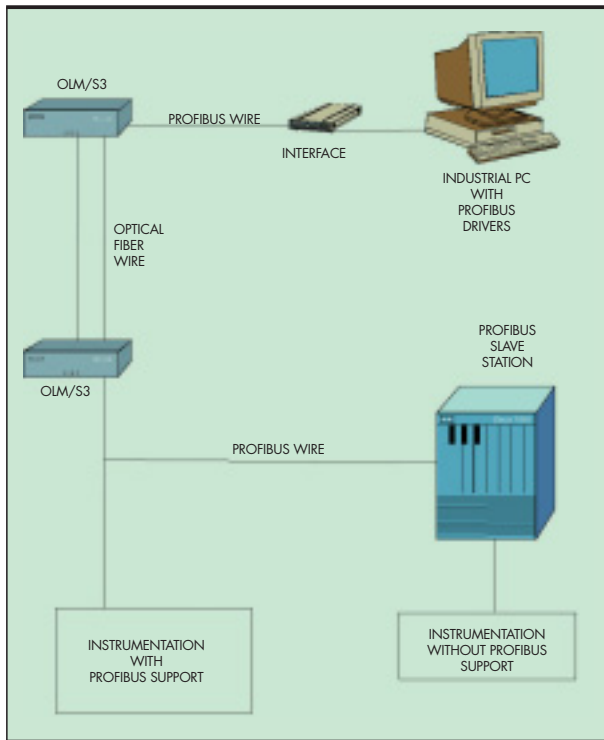


FIGURA 5. Red de fibra óptica Profibus.

de fibra óptica se utiliza el estándar Profibus. Este es un bus de campo abierto y multifabricante que permite interconectar los sensores con el sistema de adquisición de datos de la presa. Cualquier sensor nuevo podrá ser fácilmente conectado directamente al bus o indirectamente a un armario satélite, sin necesidad de recablear por las galerías, garantizando el crecimiento con la mínima inversión.

Los equipos de adquisición, tratamiento y almacenamiento de datos se basan en el sistema operativo abierto Linux y sobre un ordenador industrial. Las aplicaciones desa-

rolladas incluyen los procesos de adquisición y tratamiento de datos leídos del bus Profibus, a base de datos internos, procesos de cálculo y de gestión de comunicaciones con el Centro de Control del SAIH. Para la visualización y configuración del sistema se ha desarrollado una aplicación en lenguaje JAVA, que permite conocer el estado actual de los caudales circulantes y el estado de los órganos de maniobra. La comunicación con el Centro de Control de la Cuenca se basa en el protocolo estándar abierto DNP3, funcionando sobre una red TETRA con soporte IP.

La aplicación de visualización y configuración JAVA puede ejecutarse localmente, en el PC industrial o en cualquier PC portátil. Además puede utilizarse remotamente, permitiendo tanto las tareas de telemantenimiento como la visualización del estado de un embalse distante del punto de control de la presa donde se encuentra actualmente el operario.

La capacidad de cálculo disponible permite evaluar 'in situ' los caudales circulantes por los aliviaderos y compuertas de desagüe. Se han implementado los algoritmos de cálculo necesarios para conocer el caudal vertido por las compuertas Taintor de aliviadero, por los aliviaderos de labio fijo, desagües de fondo y también los caudales turbinados en las centrales eléctricas.

A continuación se describen dos casos donde el diseño integral de los sistemas de adquisición de datos de las presas permite hacer frente a las nuevas necesidades:

- Integración de estaciones meteorológicas
- Sistema de monitorización de la calidad de las aguas embalsadas (aquaDam)

El proyecto del SAIH Guadiana incluye la construcción de estaciones de aforo a pie de presa, que normalmente se integran en la red local de comunicaciones por fibra óptica con la sala de control de la presa. Estas estaciones facilitan la información precisa de los caudales desagüados en tiempo real, la cual es de gran importancia cuando se intenta alcanzar una gestión hidrológica óptima operando los elementos de descarga.

Algunos de los embalses de la Cuenca del Guadiana son los más grandes de la Península Ibérica y se encuentran entre los más grandes de Europa. Su gran superficie, en conjunción con la elevada insolación, producen importantes fenóme-

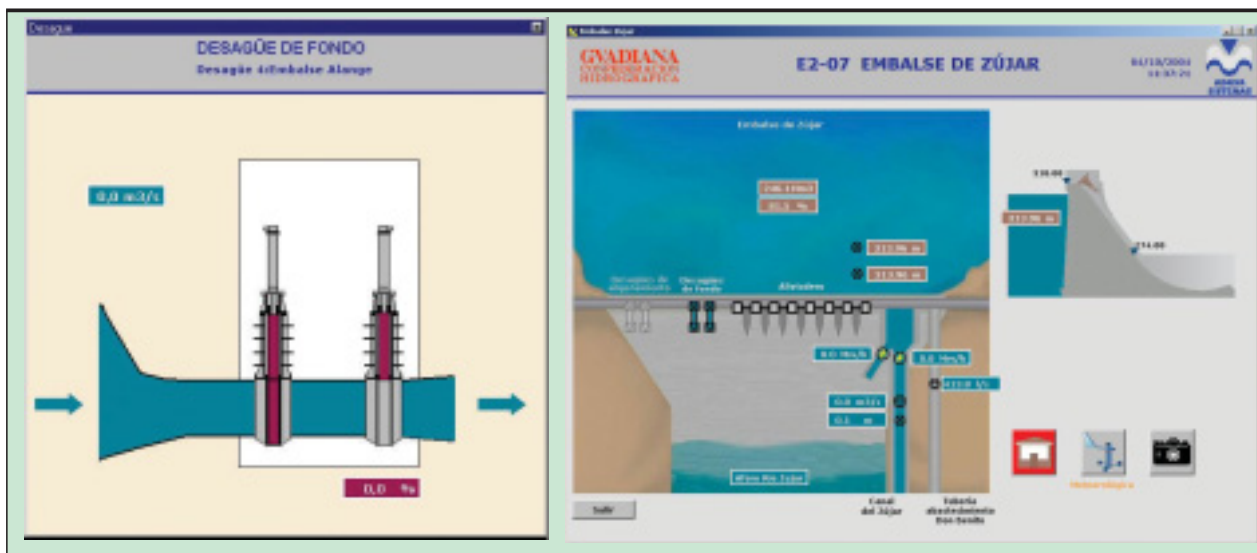
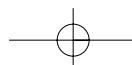


FIGURA 6. Pantallas de visualización.



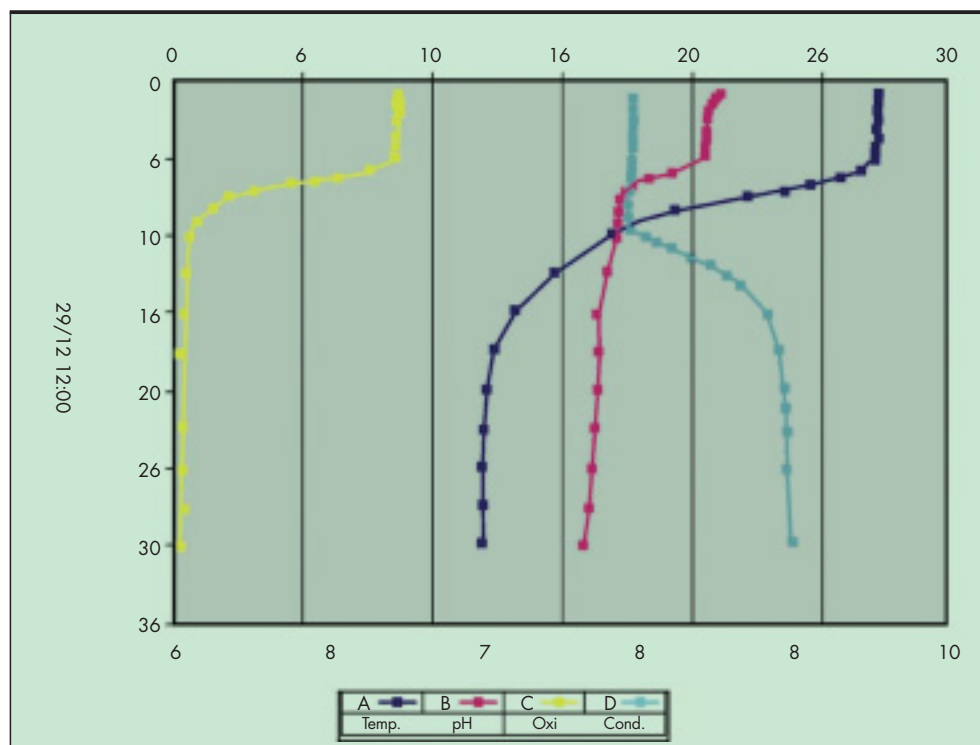
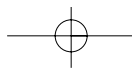


FIGURA 7. Perfil vertical físico-químico de calidad de las aguas de un embalse.

nos de evaporación, llegando en verano a valores de 10 mm por día. Con el objetivo de mejorar el conocimiento del balance hídrico de las masas de agua embalsada, en las cercanías de todas las presas se han instalado estaciones meteorológicas básicas, equipadas con sensores de temperatura, humedad, radiación, presión atmosférica, precipitación y un tanque evaporimétrico. Estas estaciones se integran en la red local de comunicaciones de las presas, como un satélite Profibus más, y se transmiten al Centro de Control de cuenca conjuntamente con el resto de variables hidrológicas. La información meteorológica adquirida se pone a disposición de los organismos competentes, tales como el Instituto Nacional de Meteorología, y de administraciones regionales y locales.

Algunos de los embalses del Guadiana presentan una gran potencialidad de ocurrencia de fenómenos de eutrofización, debido a la importante actividad agrícola en la región, poniéndose en peligro la calidad de las tomas de agua potable para abastecimientos urbanos.

Con la finalidad de profundizar en el conocimiento del comportamiento de los fenómenos de eutrofización, se han desarrollado unas experiencias piloto con sondas sumergibles (aquaDam), capaces de medir en continuo diferentes paráme-

tros de la calidad de las aguas a diferentes profundidades, generándose perfiles verticales de dicha calidad. Nuevamente, el equipo de control de la sonda aquaDam se comporta como un dispositivo Profibus, permitiendo la lectura de los resultados de los sondeos, su transmisión al Centro de Control y la modificación remota de la estrategia de dichos sondeos.

#### 4. CONCLUSIÓN

Los dos casos anteriores confirman que el conjunto de las soluciones adoptadas constituyen una plataforma flexible, fácilmente reprogramable para hacer frente a nuevas necesidades. De este modo se facilita la integración de nuevos servicios, reduciendo los costes de inversión y mantenimiento y garantizando la sostenibilidad del sistema. A título de ejemplo, en los próximos años de deberán diseñar y ejecutar los Planes de Emergencia de Presas, que incluirán mejoras en la sensorización de las presas, sistemas de video vigilancia y sistemas de aviso a la población. El despliegue de estos sistemas se podrá beneficiar de la infraestructura abierta y modular desplegada por el proyecto SAIH en las cuarenta y seis presas de la Cuenca del Guadiana.

