

# DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE PRESAS EN LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

Juan Saura Ramírez.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Comisario de Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

Agustín Argüelles Martín.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

## RESUMEN

*El alto valor del patrimonio de las infraestructuras hidráulicas que gestionan las Confederaciones Hidrográficas en España, reclama un esfuerzo adecuado en orden a su mejor conservación. La escasez de medios en muchos casos, puede suplirse mediante contratos de mantenimiento incluyendo los aspectos de correctivo, pequeño correctivo y preventivo en coordinación con las operaciones que se realicen con medios propios. En el presente artículo se muestran datos relativos a seis presas de la Cuenca del Guadalquivir para las que se ha contratado su mantenimiento.*

## ABSTRACT

*The great value of the hydraulic infrastructures under the care of the Hydrographic Confederations in Spain call for a suitable effort to ensure their upkeep. Means are scarce in many cases, but a solution may be found in Maintenance Contracts for repair, renovation and preventive action all in coordination with the operations carried out by the Confederations. This article gives details of six reservoirs in the Guadalquivir basin for which maintenance contracts are in force.*

## INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras hidráulicas y concretamente las presas, en España, constituyen la muestra de una larga tradición de regulación artificial del régimen de nuestros ríos. Este régimen se caracteriza por dos datos fundamentales: la suficiencia y la irregularidad.

Las presas en España, desde la época romana han servido tanto para atenuar el efecto de las grandes crecidas como para regular el suministro de los recursos, adaptándolo a la curva de la demanda. A partir de épocas más recientes, las presas también

han sido utilizadas para otros fines como la producción de energía eléctrica, las actividades recreativas, etc.

En cualquier caso, es indudable el alto valor económico de estas infraestructuras hidráulicas, como también parece incontestable la gran importancia de su permanencia funcional, tanto por razones de seguridad como de productividad y valorando su dimensión de patrimonio colectivo, por razones de coherencia social, ya que son el fruto de un importante esfuerzo inversor a lo largo de muchos años.

Todas esas razones imponen la eficaz respuesta de una conservación moderna, acorde con el desa-

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de marzo de 1998.

rollo alcanzado por la técnica, inscrita en el marco de calidad que actualmente es exigible en tantos otros aspectos de la actividad humana, a veces menos importantes.

Los requerimientos de seguridad y el papel de las presas, en relación con el medio ambiente hídrico, imponen una alta fiabilidad para optimizar todas las variables de las que depende el correcto funcionamiento tanto de la obra como de sus elementos e instalaciones: desde las estrictamente operativas hasta las de un cierto contenido ambiental, como pueden ser las relacionadas con la calidad del agua o las relativas a usos recreativos, caudales ecológicos, laminación de crecidas, etc.

Existen notables ejemplos de presas españolas anteriores a 1900, de un gran interés cultural, porque son páginas vivas del prólogo de la historia de nuestra ingeniería civil, pero prescindiendo de estos casos, el gran número de ellas corresponden a las construidas en este siglo que culmina.

A partir de los datos del Inventario del MOPTMA de 1991, Eugenio Vallarino y José Alberto Herreras (1997) deducen que más de la mitad de las grandes presas españolas, el 60%, fueron construidas antes de 1970, y este aspecto nos parece muy significativo a la hora de hablar de su mantenimiento ya que los costes de explotación y conservación aumentan exponencialmente con la edad, lo que puede llegar a imponer en muchos casos una importante tarea de sustitución de instalaciones y desde luego de adecuación y atención creciente por parte de sus propietarios responsables.

Según los citados autores (Vallarino E. y Herreras J.A. 1997) el valor en pesetas actuales de las grandes presas españolas, ascendería, en una estimación a la baja, a más de 2,5 Bpta. Una estimación también a la baja de los costes de mantenimiento de este patrimonio, nos daría una cifra del orden de los 30.000 millones de pesetas anuales, teniendo en cuenta la amplitud del término mantenimiento que puede extenderse tanto en el concepto como en el objeto, ello sin contar una serie de actuaciones previas que en su día (Programa de Seguridad de Presas MOPTMA, Abril de 1974) se valoraron para las presas españolas en 86719 Mpta., de los que 18.162 eran considerados prioritarios o urgentes (Saura J. 1996).

## GENERALIDADES

En relación con la terminología, en el ámbito de las obras públicas, suele utilizarse más el término conservación que el término mantenimiento.

Aunque ambos son sinónimos, parece estar más extendida la utilización de la palabra mantenimiento cuando concierne a instalaciones y conservación cuando se trata de obra civil. En cualquier caso, es una redundancia hablar de conservación y mantenimiento, aunque a veces hayamos podido cometerla, llevados quizás por la apreciación subjetiva de ese matiz de su aplicación a la infraestructura o a las instalaciones.

Esta consideración terminológica nos lleva a los antecedentes específicos de tipo normativo en los que suelen mezclarse o alternarse dichos términos, mantenimiento y conservación. Estas referencias normativas son:

▼ La antigua Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas aprobada en 31 de marzo de 1967, dice en su Artículo 92.2 : "Cuando las presas se exploten por una corporación autónoma o por una empresa, la dirección de su explotación (...) además de atender a (...) responderá de la inspección, vigilancia, conservación y seguridad de las presas, y en particular de mantener en condiciones de servicio los dispositivos de control, órganos de desagüe, accesos y comunicaciones ".

Otras referencias en dicha Instrucción a estos aspectos se incluyen en el Artículo 94 "Normas de Explotación, Conservación y Vigilancia" y concretamente en los apartados 94.1 y 94.2.

▼ La Ley de Aguas de 1985, vigente, cuando se refiere en su Artículo 38 al contenido formal de los Planes Hidrológicos de Cuenca, indica que éstos contendrán unas Normas en donde en forma articulada aparecerán proposiciones normativas relativas a la utilización, mantenimiento, administración y desarrollo del dominio público hidráulico y de las infraestructuras hidráulicas.

El vigente Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses aprobado en 12-3-1996 contiene diversas referencias al tema. Así en su Artículo 6.2b, cita entre los cometidos de la vigilancia e inspección de presas: "Promover y fomentar la elaboración de recomendaciones técnicas, manuales o normas de buena práctica en relación con la seguridad para el proyecto, construcción, explotación y mantenimiento de las presas". También el Artículo 30.4 habla de la obligatoriedad de los Programas de Mantenimiento y Conservación y el Artículo 31.3 de la obligatoriedad de mantenimiento, en perfecto estado, de los accesos, las comunicaciones, el suministro de energía, etc. Dedicada, por último, este Reglamento el Artículo 32 al mantenimiento durante la fase de explotación de la presa, refiriéndose en los apartados 32.1, 32.2, 32.3 respectivamente al de la maquinaria e instalaciones, aliviaderos, canales de descarga, cuencos amortiguadores, desagües, etc. y a las reparaciones y reformas en general.

▼ Diversas Reglamentaciones, Guías Técnicas, etc. de diversos países e instituciones, entre ellos las del prestigioso Bureau of Reclamation, destacan la importancia del mantenimiento y su relación con la seguridad de las presas.

En España, la Administración del Estado, fundamentalmente a través de las Confederaciones Hidrográficas, gestiona un

importante patrimonio presístico, en general con gran eficiencia, gracias a la profesionalidad y dedicación del personal encargado de la explotación. Sin embargo, determinadas circunstancias parecen aconsejar el replanteamiento y revisión de algunas de las pautas de desarrollo del mantenimiento, para adaptarlas a las actuales exigencias de calidad y seguridad, superando limitaciones técnicas y económicas que hasta ahora existían.

Como técnica, el mantenimiento es un conjunto de operaciones programadas y sistematizadas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, emitiendo instrucciones para el buen funcionamiento de los elementos e instalaciones de un patrimonio productivo tratando de alargar su vida de forma rentable. En una gran empresa de producción, el mantenimiento suele depender directamente de la Dirección, aunque habitualmente tiene personal destacado en las que podrían ser Divisiones de Producción. Esta Organización permite el escalonamiento de las tareas en relación con su importancia, unificando los criterios mediante una gestión centralizada.

En el caso de las presas de las Confederaciones Hidrográficas, entendemos que la Organización, de manera semejante a lo que ocurre en una gran empresa productora, debe beneficiarse de una economía de escala gracias a la centralización de una serie de servicios. El desarrollo de esta organización podría hacerse compatibilizando una gestión de mantenimiento especializado a través de contrato con una empresa o con varias, con la realización de una serie de operaciones específicas: pruebas de funcionamiento, inspecciones rutinarias y pequeñas

reparaciones de elementos anexos por parte de personal del Organismo destacado en las presas, a las órdenes directas del Encargado, quien al mismo tiempo supervisaría las tareas de periodicidad prefijada, realizadas por el mantenimiento contratado.

Esta compatibilización del Mantenimiento Preventivo realizado en parte por el usuario, con el realizado a través de contrato, responde a una concepción ya clásica. El mantenimiento de usuario pretende responsabilizar a éste de los equipos que maneja.

Con ello se consigue poder realizar a tiempo ciertas operaciones y dar estímulo a los usuarios por su colaboración directa en el mantenimiento, siempre en función de su cualificación y disponibilidad.

El mantenimiento contratado será el más especializado e incluirá el preventivo en sus dos versiones clásicas: a tiempo fijo (M.H.T. maintenance hard time) y circunstancial (M.O.C. maintenance on condition).

En el caso de la Cuenca del Guadalquivir, se ha contratado el mantenimiento de seis presas con una U.T.E., constituida por F.C.C., Matinsa y Ofiteco, por un periodo de cuatro años.

#### DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN EL CASO DE SEIS PRESAS EN LA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR

Se han elegido seis presas de la provincia de Sevilla, cuyas características principales se indican en Tabla 1, y cuyo valor pa-

TABLA 1

PRESA	RÍO	TIPO	ALTURA	LONGITUD (m)	VOLUMEN CORONACIÓN (m)	VOLUMEN PRESA (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	DESTINO EMBALSE (Hm <sup>2</sup> )	TIPO ALIVIADERO	CAPACIDAD ALIVIADERO (m <sup>3</sup> /s)	AÑO DE TERMINACIÓN
Aracena	Rivera de Huelva	CB	60	612	315	123	S	V	2.000	1969
El Pintado	Viar	PG	86	356	354	213	I/H	V	2.000	1948
Huesna	Rivera de Huesna	ER	71,5	278	876	135	S	L	536	1990
Peñaflor	Guadalquivir	PG	20	236	30	3	D	V	6.500	1983
Puebla de Cazalla	Corbones	PG	70	220	212	74	I	L	400	1994
Torre del Águila	Salado de Morón	TE	42	314	250	66	I	L + V	700	1947

trimonial actualizado podría ascender a unos 30.000 Mpta.

Las tareas a desarrollar por la empresa adjudicataria del contrato son:

- ▼ Implantación y desarrollo de un Sistema de Información para el seguimiento, control y gestión de todas las actividades de mantenimiento.
- ▼ Inventario informatizado de elementos, instalaciones y equipos a mantener.
- ▼ Elaboración del programa de mantenimiento preventivo y desarrollo del mismo.
- ▼ Desarrollo del Plan de mantenimiento correctivo: reparaciones importantes incluidas en la oferta
- ▼ Desarrollo de otras operaciones de mantenimiento correctivo.
- ▼ Elaboración y desarrollo del programa de vigilancia y auscultación ajustado al estado de las instalaciones existentes, mejorándolas y adecuándolas en su caso.
- ▼ Elaboración y desarrollo de los programas para tratamiento e interpretación de las lecturas de los instrumentos de auscultación.

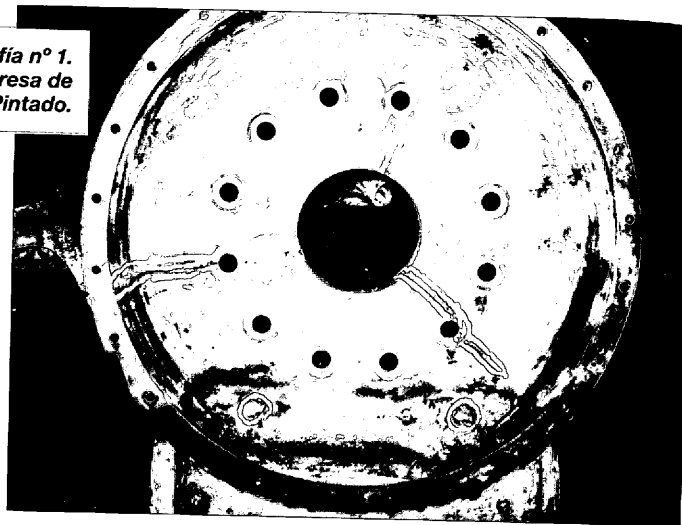
En relación con el presupuesto de este contrato cuatrienal, pueden desglosarse algunos apartados que permiten en el momento presente una cierta evaluación crítica provisional, a expensas de un análisis más detallado una vez que se hayan desarrollado en mayor grado los trabajos objeto del mismo, y establecer una correlación con otras ratios obtenidas de distintas fuentes.

Se ha dado en este caso una fuerte componente, tanto en el aspecto de las tareas, como en el económico, del mantenimiento correctivo, consecuencia de la antigüedad de algunas de las presas y la ausencia de actuaciones de reparaciones importantes en ellas a lo largo de sus años de funcionamiento. A su vez, dentro de estas actuaciones de mantenimiento correctivo, las más importantes son las correspondientes a elementos de desagüe, e instalaciones electromecánicas, sin olvidar las necesarias en otros tipos de instalaciones para su adecuación y mejora de fiabilidad dejando para consideración aparte el capítulo de la auscultación.

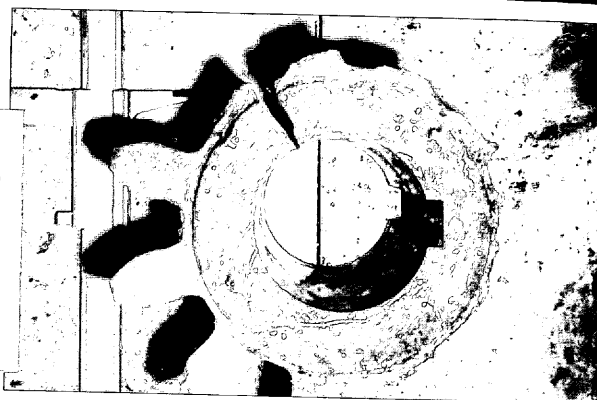
En el capítulo correspondiente a mantenimiento correctivo, destacan reparaciones importantes en elementos de desagüe de las presas de Torre del Águila, Aracena y El Pintado, construidas en 1947, 1969 y 1948 respectivamente. En las fotografías 1, 2, 3, pueden verse algunos detalles correspondientes a determinados elementos dañados en algunas de estas presas, que han sido o van a ser sustituidos o en su caso reparados.

Podría destacarse también entre las reparaciones la realizada en el canal de descarga del aliviadero mixto de Torre del Águila, dañado severamente como consecuencia de la evacuación de importantes caudales laminados durante las avenidas de Diciembre de 1996 (fotografía 4).

Fotografía nº 1.  
Presa de  
El Pintado.



Fotografía  
nº 2. Piñón  
de bronce  
de válvula  
Lerner  
Johnson.  
Presa de  
El Pintado.



En cuanto a la auscultación, todas las presas han sido revisadas. Los sistemas han sido en general ampliados y modificados, habiéndose dotado en todos los casos de una red de transductores inteligentes, para conversión de las señales analógicas a digitales, así como de radioenlace bidireccional y sistema de transmisión de datos a control vía modem.

Utilizando cifras provisionales medias, el mantenimiento preventivo, incluyendo lecturas, asciende para las seis presas a 5304 horas.hombre al año. En el cuadro II se exponen la carga de trabajo y los costes incluyendo los infraestructurales, materiales y de todos los medios puestos a disposición del proyecto con repercusión significativa del transporte, dadas las distancias entre las presas y el centro operativo.

En la mayoría de los casos una gran parte de la carga de trabajo la absorben las operaciones de revisión de la colimación y nivelación topográfica, así como las lecturas manuales, y como ya se ha dicho, el desplazamiento de personal, dadas las distancias entre las distintas presas entre sí y entre ellas y el centro operativo.

A continuación se exponen resumidos en diferentes cuadros las cargas de trabajo de mantenimiento relativas a las distintas presas.

Estos costes incluyen los correspondientes a todos los medios humanos y materiales puestos a disposición del proyecto, y



Fotografía nº 3. Desmontaje carrete troncocónico toma de riego. Presa de Torre del Águila.

en principio tienen el carácter de valores medios pendientes de cálculos más detallados. La comparación de estas cifras con las de otros trabajos similares (Del Hoyo, R. 1997), permite contrastar algunos parámetros habiendo comprobado que en líneas generales están encajados. Aunque salvando las distancias, podría ser asimilable a la casuística de las presas lo que rezaba un antiguo aforismo, citado en viejos textos de Medicina: " No hay enfermedades sino enfermos ", para enfatizar que cada caso es único, y requiere un tratamiento distinto. Cada presa a lo largo de sus años de explotación manifiesta una serie de problemas y ello debe dar lugar a un mantenimiento específico, que responda a las singularidades observadas.

**CUADRO II.**  
Carga de trabajo de mantenimiento preventivo de la auscultación

PRESA	HORAS.HOMBRE/AÑO	COSTE EJECUCIÓN MATERIAL (M pta./año)
Aracena	951	5,2
El Pintado	921	4,9
Huesna	1.026	5,5
Peñaflor	492	2,6
Puebla de Cazalla	1.042	5,6
Torre del Águila	872	4,7

En cualquier caso, consideramos importante la divulgación de experiencias en este campo y el intercambio de resultados, teniendo en cuenta además que el tema se presta más al análisis sobre casos prácticos, que a desarrollos teóricos que surgirán como consecuencia de aquellos, una vez que se posean suficientes datos.

### REPERCUSIÓN DE LOS COSTES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

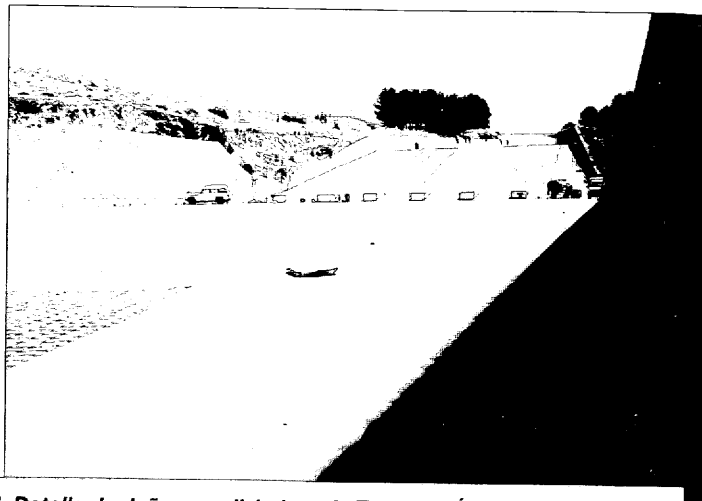
Los costes de la conservación de los equipos de producción han de ser imputados obviamente a los del producto al

**CUADRO III**  
Carga de trabajo y coste anual de mantenimiento preventivo incluyendo como dato el número de compuertas y válvulas

PRESA	Aracena	El Pintado	Huesna	Peñaflor	Puebla de Cazalla	Torre del Águila
Nº de compuertas	5	3	-	20 (14+6)	3	2
Nº de válvulas	8	10	11	-	5	6
Horas hombre/año	796	871	663	751	659	681
Coste ejec. material (Mpta.) /año	4,7	5,1	3,9	4,4	3,9	4,0

**CUADRO IV**  
Cargas de trabajo y coste anual estimado del mantenimiento de pequeño correctivo general y de instalaciones anexas en cada presa.

PRESA	Aracena	El Pintado	Huesna	Peñaflor	Puebla de Cazalla	Torre del Águila
Pequeño correctivo						
Horas hombre/año	530	1.237	884	928	134	707
Mantenimiento obras anexas.						
Horas hombre/año.	424	990	707	742	107	566
Coste ejecución material (M pta.)	5,6	13,1	9,4	9,9	1,4	7,5



Fotografía nº 4. Detalle de daños en aliviadero de Torre del Águila y reparación.

que se aplican. En el caso de las infraestructuras hidráulicas del Estado los costes de mantenimiento se repercuten a los usuarios a través de los cánones y tarifas.

En estas exacciones, una de las partidas a considerar es la de conservación de las infraestructuras de regulación, transporte y distribución. La escasez de las dotaciones hasta ahora aplicadas a este capítulo -con presupuestos del orden del 0,02% del valor de las infraestructuras, concretamente en el caso del Guadalquivir -ha desembocado en un progresivo deterioro del estado de las mismas, que se ha paliado con inversiones extraordinarias como el Programa de Seguridad de Presas, aspecto al que ya se ha hecho referencia (Saura J. 1996).

Aplicando lo que establece el Título VI de la Ley de Aguas y el Capítulo III del Reglamento de Dominio Público Hidráulico vigentes y en particular el Artículo 300 de este último podemos repercutir estos costes en las exacciones correspondientes.

Así en el caso que nos ocupa, la regulación total de las seis presas asciende a 171 Hm<sup>3</sup>/año, teniendo en cuenta que la Presa de Peñaflor no es de regulación, sino de derivación y por tanto los costes de su mantenimiento han de repercutirse en los volúmenes que abastecen a todas las zonas servidas por esa derivación.

Si consideramos los costes de mantenimiento correctivo como inversión, repercutirán en un 2% sobre el precio anual del m<sup>3</sup> regulado durante 50 años y por tanto, en nuestro caso producirán un incremento de dicho precio del orden de 0,07 pta/m<sup>3</sup> año.

En cuanto a la repercusión del preventivo, sumando los costes reflejados en los Cuadros I, II y III, excluyendo la presa de Peñaflor, tenemos para esos 171 Hm<sup>3</sup> un valor de 0,76 pta/m<sup>3</sup> año.

Y referente a la Presa de Peñaflor, su repercusión sobre los 700 Hm<sup>3</sup> de recursos derivados en dicha presa, será de 0,03 pta/m<sup>3</sup> año.

Por consiguiente, vemos que las cifras medias que pueden considerarse en una primera estimación, imputables al mantenimiento, incluso considerando, la importante componente del correctivo -que hemos anualizado como inversión- repercute de una forma que entendemos escasamente relevante en el precio del m<sup>3</sup>, que por otra parte debe tenderse a que refleje con realismo todos los costes que realmente inciden en su puesta a disposición del usuario y en su consumo.

Teniendo en cuenta que en la Cuenca, se obtienen en años medios valores del canon por m<sup>3</sup> del orden de 2 pta. para riegos y 3-4 pta. para abastecimiento o uso industrial, la repercusión de los costes del mantenimiento preventivo, sería inferior al 50% y en la realidad bastante menor al no computarse en los volúmenes no regulados, efectivamente consumidos. En cuanto al mantenimiento correctivo, al poder considerarse inversión, su coste es poco relevante.

Por otro lado, el montante de gastos anuales de mantenimiento ( 84,3 + 16,8 = 101,1 Mpta. ), supondría el 0,34% del valor actualizado estimado ( 30.000 Mpta. ) del conjunto de las seis presas, cifra evidentemente más adecuada que el actual 0,02%, para permitir el correcto funcionamiento y durabilidad en el tiempo de estas infraestructuras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Vallarino E. y Herreras J.A.. "Las presas españolas del siglo XX". Revista O.P. nº 40. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Barcelona 1997.
- Saura J. "Necesidad del mantenimiento programado de presas: ejemplo Cuenca del Guadalquivir". V Jornadas Españolas de Presas. Valencia 1996.
- Del Hoyo R. Comunicación presentada en el XIX Congreso Internacional de Grandes Presas. Florencia 1997. ●