

## **Adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón a la normativa vigente. Cuenca (España)**



**Roque J. Piñero Coloma**

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Director de Construcción de Construcciones Alpi,S.A.

### **Resumen**

Tras 55 años de funcionamiento, la presa de Alarcón, una presa de gravedad, de hormigón, situada en el río Júcar en la provincia de Cuenca ( España ) , presentaba evidentes síntomas de envejecimiento. El riesgo tan elevado que suponía el posible fallo obligó a una urgente actuación y adecuación de la estructura al completo, manteniendo sus funciones de explotación en todo momento.

A nivel mundial existe una creciente necesidad de realizar actuaciones como la que a continuación se describen. Siendo esta, una aportación más al estado del Arte en este tipo de intervenciones, donde Construcciones Alpi,S.A. con su larga experiencia en el mundo de las infraestructuras hidráulicas ha desarrollado e implantado tecnologías novedosas, nunca antes aplicadas, en el campo de la Rehabilitación de Presas.

### **Palabras clave**

Rehabilitación de presas, presa de Alarcón, patologías de hormigón, nuevas Tecnologías

### **Abstract**

*After operating for 55 years, the Alarcón Dam, a concrete gravity dam set on the River Jucar in the province of Cuenca (Spain), showed evident signs of ageing, particularly with regards to the state of the concrete. The very high risk implied by the possible failure of the dam demanded urgent action and the complete modification of the structure, while continuing to remain in operation at all times.*

*There is a growing need to perform actions such as those described in this article on an international scale. The work seen here serves as yet a further contribution to the state-of-the-art in these types of interventions and where Construcciones Alpi, S.A., with their wide-ranging international experience in the world of dams and reservoirs, have developed and introduced new technologies that have never been applied before to dam refurbishment projects.*

### **Keywords**

*Dam refurbishment, Alarcón Dam, Concrete pathologies, New Technologies*

### **Introducción**

El grado de desarrollo de un país está directamente relacionado con las infraestructuras que este disponga. Evidentemente una país desarrollado debe contar con garantía de suministro de agua y de electricidad. Esto está estrechamente relacionado con la regulación de cuencas hidrográficas y como consecuencia, con la existencia de presas. Una vez alcanzado cierto nivel de desarrollo, el objetivo de la inversión, centrado anteriormente en la construcción de nuevas infraestructuras se transforma en mantenimiento y conservación de todas ellas. Es de manifiesta importancia en todo el mundo, la preocupación que se tiene por el envejecimiento de las presas que hoy por hoy, están activas. Prueba de ello es la multitud de ponencias incluidas en los Congresos internacionales de Grandes Presas.

En el caso de España, existen del orden de 1.250 Grandes Presas en servicio. El 80 % de estas fueron construidas entre 1.950 y 2.000 siendo los años 60 y 70 los de mayor auge. Nos encontramos con un parque “presístico” cuya edad empieza a superar los 50 años de edad. En la fase actual ya no se construyen tantas presas, siendo prioritario el mantenimiento de las existentes conservando su funcionalidad y sobre todo su seguridad.

Al igual que España existen muchos otros países que actualmente se encuentran en una situación similar, por lo que el interés que suscita tanto el diseño, como la tecnología empleada en esta actuación es creciente a nivel mundial.

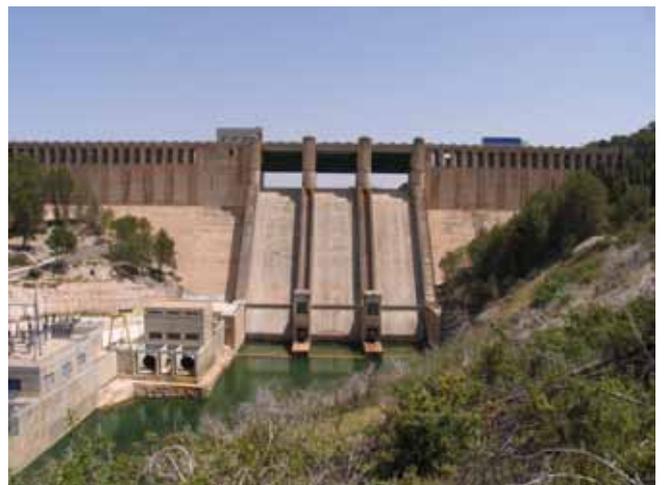


Vista general de la presa desde aguas abajo totalmente rehabilitada y aliviando

Las actuaciones realizadas se incluyen dentro del ‘Proyecto 04/05 de adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón a la normativa vigente T.M. Alarcón (Cuenca)’, promovida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, a través de la Dirección General del Agua y de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

La presa de Alarcón, es una presa de gravedad, que fue terminada y puesta en explotación en el año 1.955, siendo una pieza fundamental en el sistema Júcar e infraestructura vital e imprescindible en la explotación del Trasvase Tajo-Segura.

En el momento de la actuación, la presa con 55 años de antigüedad, presentaba evidentes síntomas de enveje-



Vista general de la presa desde aguas abajo. Estado inicial



vista general de la presa desde aguas arriba. Estado inicial

cimiento, principalmente patologías en el hormigón. El riesgo tan elevado que suponía el posible fallo obligó a una urgente actuación y adecuación de la estructura al completo. Se evaluó el estado de los hormigones en toda la presa, incluyendo así los paramentos, aliviadero, coronación, estructura sobre el aliviadero, etc. y se proyectaron las actuaciones con un condicionante fundamental, mantener el régimen de explotación de la presa en todo instante.

### Descripción de la Presa de Alarcón

La presa de Alarcón es de planta recta, de gravedad, con una altura sobre cimientos de 67 m y una longitud de coronación de 317 m. La capacidad del embalse que genera es de 1.117,83 Hm<sup>3</sup>. Tiene un aliviadero central formado por tres vanos de 15 m de luz cada uno, controlado por compuertas tipo TAINTOR de 15 x 7 m y con una capacidad de desagüe de 1.750 m<sup>3</sup>/s. la coronación se aprovechó en su día como parte del trazado de la N-III, Madrid-Valencia.

### Actuaciones ejecutadas

En la Adecuación de la Presa se actuó sobre:

- Aliviadero y restitución al cauce
- Paramentos de la presa.
- Desagües de Fondo
- Puente sobre el Aliviadero

#### • Acondicionamiento del lecho

La orientación del paramento de aguas abajo de la presa es sensiblemente al sur con una exposición solar permanente durante la jornada. Esto, unido al fuerte descenso térmico nocturno, provocan ciclos de helada con fuertes gradientes térmicos. Este fue uno de los principales causantes del deterioro del hormigón.

#### Aliviadero y restitución al cauce

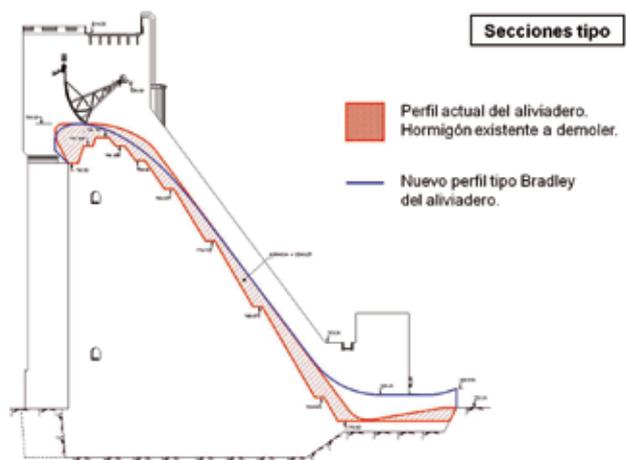
El hormigón del Aliviadero estaba fuertemente fisurado por el motivo expuesto y a su vez por el desgaste sufrido en diversas situaciones de alivio de caudales.

En fases anteriores se realizaron tratamientos superficiales con poca durabilidad. En este caso se optó por la demolición de forma escalonada de los primeros metros superficiales del hormigón del paramento, adaptando el nuevo perfil a una nueva solución mejorada hidráulicamente. Esto obligó a :

- sustituir las compuertas Taintor del Aliviadero.
- adaptar los desagües de fondo, situados aguas abajo de la presa en la sección coincidente con los cajeros.

Para la ejecución del Aliviadero se diferenciaron tres tramos:

- Trampolín de lanzamiento sumergido: fue el primero que cronológicamente se ejecutó, se realizó la demolición



Perfil de demoliciones y nueva sección hidráulica del Aliviadero



**Ejecución de la demolición robotizada de uno de los aliviaderos desde la plataforma móvil**

hasta alcanzar la cota de un plano horizontal de hormigón sano y con 40 cm de espesor mínimo en la solución definitiva.

- Canal de descarga o rápida: compuesta por dos fases. La fase A, correspondiente a la transición entre el tramo de pendiente uniforme del canal de descarga y el trampolín de lanzamiento y la fase B desde el final de la Fase A hasta punto de tangencia del Perfil de vertido.
- Perfil de entrada. se denominó Fase C y correspondía con el umbral del propio aliviadero, a su vez cierre inferior de las compuertas Taintor

Para la demolición del hormigón se descartó el empleo de explosivos, optándose finalmente por una demolición robotizada más controlada. Estos equipos se desplazaban sobre una plataforma móvil, situada sobre cada uno de los canales de descarga del aliviadero apoyándose en los cajeros existentes.

Se previeron unos drenajes entre la parte del aliviadero de nueva construcción y el existente, compuesto por unas canaladuras con un tubo dren protegido que recorría el contacto de ambos hormigones a lo largo de toda la sección. Su objetivo era eliminar las subpresiones que pudiera generar, en un episodio de vertido por aliviadero, el agua que penetrase por las juntas entre hormigones de distintas edades. La conexión entre hormigones existentes y nuevos, se realizó mediante bulones anclados a la presa y unidos a las jaulas de armadura del nuevo hormigón armado del aliviadero.

El sistema de encofrado empleado fue trepante, en tongadas de 2 m de altura, modulado a un canal del aliviadero completo, incluyendo los cajeros. En cada togada se fue adaptando el encofrado a la curvatura de diseño, eliminando las aristas entre tongadas, quedando un perfil continuo sin irregularidades. La granulometría del hormigón empleado fue diseñada con el objeto de garantizar su resistencia, y sobretodo la durabilidad frente a los ciclos de helada. El sistema de colocación del hormigón fue con



Vista desde arriba de una puesta de encofrado, ferrallado y hormigonado



Proceso de colocación de una de las nuevas compuertas Taintor del aliviadero de 40 tn de peso



Ejecución de las nuevas cámaras de desagüe de fondo



Cámaras de desagües de fondo y trampolín sumergido terminado

bomba y desde el pie de aguas abajo en su mayoría. La modificación del perfil hidráulico del aliviadero obligó a la instalación de unas compuertas Taintor nuevas. Estas nuevas compuertas, con un cuerpo de viga cajón y apertura por accionamiento oleohidráulico, se adaptan a la normativa actual permitiendo el sobrevertido.

#### *Paramentos de la Presa*

El hormigón situado en el paramento de aguas abajo de la presa, en su cara sur, se encontraba deteriorado por el efecto comentado anteriormente. En la zona más superficial había perdido todas sus propiedades mecánicas.

Esta patología afectaba a los 5-10 cm superficiales, no suponiendo un grave riesgo pero evidentemente se debía frenar ese avance. La solución consistió en sanear la superficie expuesta y reforzar con una nueva capa de hormigón armado de 30 cm de espesor sobre el perfil saneado. La unión de esta losa de cobertura con el hormigón de la presa existente se realizó mediante bulones anclados a la presa. Estos bulones a su vez se empleaban para el apoyo de las consolas de trepado. Al igual que en el aliviadero se instaló una red de drenaje en el contacto de ambos hormigones.



Fase de izado del tablero de la margen izquierda de la presa

#### *Desagües de Fondo*

Los desagües de fondo se ven afectados por la modificación del perfil hidráulico y sobre todo por el nuevo trampolín sumergido. Esta nueva geometría obligó a desplazar hacia aguas abajo las cámaras de llaves respecto de su situación original. Se demolieron las existentes, construyendo unas nuevas cámaras ampliadas donde se mantuvieron las compuertas BUREAU originales y se instalaron nuevas válvulas Howell-Bunger de diámetro 1.400 mm.

Además se ejecutaron nuevos tableros sobre el aliviadero en la zona del trampolín sumergido permitiendo el acceso rodado a las cámaras de válvulas.

#### *Puente sobre el Aliviadero*

Está compuesto por 3 tableros isostáticos de 15 m de luz, uno por cada aliviadero. La sección de los tableros existentes está formada por una losa de compresión de espesor variable entre 0,15 y 0,23 m, soportada por 6 vigas de hormigón armado, de 0,30 m de ancho y 1,45 m de canto. Las vigas descansan sobre unas pilastras de hormigón encajadas en el estribo a modo de biela. El apoyo viga-biela y biela-estribo se realizó en su día con láminas de plomo.

En el puente se identificaron dos problemas, uno de ellos en el sistema de apoyo de las vigas y el otro en las zonas próximas al apoyo pero en este caso en cada una de las

vigas. Ambos problemas se identificaban con una rigidez del tablero insuficiente así como la presencia de familias de fisuras de carácter estructural.

Esto obligó, por un lado, a la reconstrucción de los estribos, eliminando el sistema de bielas, teniendo que izar cada uno de los tableros. Previamente se aligeró, demoliendo la capa de aglomerado y adoquín existente, además de recortar las aceras.

Y por otro lado, las fisuras que se localizaron en las vigas, eran de carácter estructural, siendo en este caso los esfuerzos de flexión y cortante los causantes. Por lo que se adoptaron dos niveles de reparación, las fisuras interiores fueron inyectadas con resinas epoxi, mientras que las exteriores y localizadas en la parte inferior, fueron saneadas y tratadas contra la corrosión de las armaduras y posterior aplicación de mortero de reparación. En este segundo tipo de tratamientos se completó la actuación con el empleo de Tejido de Fibra de Carbono (TFC) y acabado con un tratamiento de pintura anticarbonatación, reforzando aquellos puntos donde se generaban mayores esfuerzos de cortante y flexión, es decir, los más críticos para la estructura del tablero.

La actuación se realizó vano por vano empezando por el más cercano a la margen izquierda, iniciando la actuación con el izado del tablero. Se empleó una superestructura metálica en celosía con doce péndolas por tablero que mediante un sistema de cilindros hidráulicos suspendía la estructura completa. Con la estructura sustentada de las péndolas se reparaban los estribos seguido de las vigas de cada tablero. Terminada la reparación se posicionaba nuevamente en su situación original y antes de la retirada de la cimbra se colocaron unos encofrados colgados de esta estructura para realizar la ampliación de las aceras.

#### *Acondicionamiento del lecho del río*

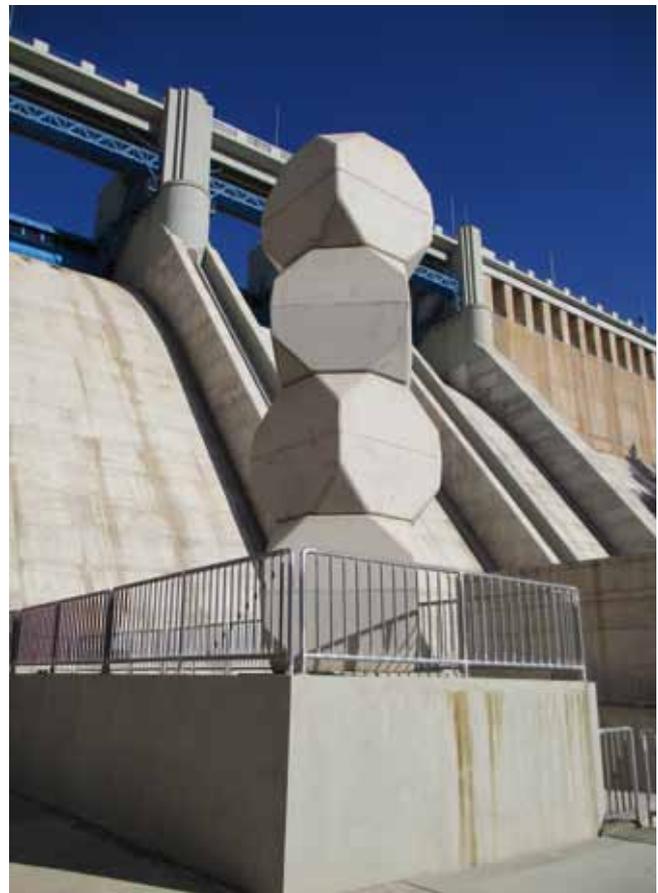
Para evitar la erosión del propio lecho del río se instalaron unos bloques prefabricados de hormigón ejecutados en una planta próxima a la obra. Estos bloques se colocaban uno a uno según unas coordenadas predefinidas.

#### **Conclusión**

Ante la creciente necesidad a nivel mundial, de actuaciones centradas en la rehabilitación de infraestructuras singulares como son las presas, el desarrollo y ejecución de este proyecto, ha permitido evolucionar en el estado del



**Prefabricación de bloques de hormigón**



**Homenaje del director de las obras a Julio Muñoz Bravo, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Confederación Hidrográfica del Segura fallecido en julio de 2011**

arte de las presas así como en los procedimientos constructivos específicos de ejecución manteniendo en todo momento el régimen de explotación. Esta experiencia ha permitido elaborar a Construcciones Alpi, S.A. un proyecto de Investigación, Desarrollo e innovación tecnológica denominado :“Proyecto 243.018. Nuevos Sistemas Constructivos Vinculados al exceso de grado de Fisuración del Hormigón en la Rehabilitación de Presas. 2008-2012”. **ROP**

### DATOS DEL PROYECTO

<b>Título</b>	Proyecto 04/05 de Adecuación del Aliviadero de la Presa de Alarcón a la normativa Vigente. T.M. Alarcón (Cuenca)
<b>Promotor</b>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Confederación Hidrográfica del Júcar
<b>Director de las obras</b>	José López Garaulet, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos adscrito a la Confederación Hidrográfica del Júcar
<b>Autor del proyecto</b>	Jesús Granell, Ingenieros Consultores, S.L. y M.S. Ingenieros, S.L.
<b>Asistencia técnica a la D.O.</b>	Intercontrol Levante, S.A. - Inclam, S.A.
<b>Empresa constructora</b>	Construcciones Alpi, S.A.
<b>Inversión</b>	15.544.253,42 € (IVA no incluido)
<b>Proyecto I+D+i</b>	“Proyecto 243.018. Nuevos Sistemas Constructivos Vinculados al exceso de grado de Fisuración del Hormigón en la Rehabilitación de Presas. 2008-2012”

CANTIDAD	UNIDADES PRINCIPALES
<b>14.771,837</b>	m <sup>3</sup> Hormigón HA-25 de baja retracción.
<b>12.114,485</b>	m <sup>3</sup> Demolición fábrica de hormigón con martillo robotizado
<b>570.259,169</b>	kg Acero corrugado B-500 S
<b>1.673,618</b>	m <sup>3</sup> Hormigón HA-25 en losas de revestimiento del paramento
<b>6.548,630</b>	m <sup>2</sup> Encofrado en paramentos vistos en contacto con el agua en movimiento
<b>691,200</b>	m <sup>2</sup> Refuerzo estructural de vigas de puente mediante la colocación de hojas unidireccionales de fibras de carbono CF130
<b>93.649,445</b>	kg Acero S-355 JR en estructuras
<b>16.075,000</b>	ml Bulón de 25 mm de diámetro, 2,5 m de longitud total y 1 m de longitud anclada con resina epoxi
<b>11.866,220</b>	ml Bulón de 25 mm de diámetro
<b>5.882,000</b>	Ud. Bulón de 20 mm de diámetro x 2,00 m de longitud
<b>810,000</b>	m Refuerzo estructural de vigas de puente mediante adhesión de laminado preformado de fibras de carbono de 120 mm x 1,4 mm