

Sobre el recrecido de las presas de mampostería españolas

Diego Saldaña Arce
Ana B. Barco Herrera

El porcentaje de presas españolas sobre las que se ha efectuado un recrecimiento apenas supone un 2% de las que se encuentran actualmente en servicio. La mayor parte de estos recrecidos se han efectuado en las últimas décadas como consecuencia de la necesidad de aumentar la capacidad de regulación o de mejorar la seguridad, tanto de la presa como aguas abajo.

El extenso patrimonio de presas que posee España se remonta al primer siglo de nuestra era, cuando los constructores romanos construyeron las primeras grandes presas en Hispania. Ya desde entonces, y a lo largo de toda la historia, el aumento de la demanda de agua exigió el recrecimiento de alguna presa, como solución más económica para satisfacer las crecientes necesidades. Esto ha propiciado el que actualmente se mantengan en servicio, total o parcialmente, presas de mampostería diseñadas y recrecidas en base a criterios empíricos, que coexisten con otras de diseño empírico pero recrecidas de acuerdo con criterios racionales y, finalmente, otras de diseño racional y recrecidas de acuerdo con criterios modernos ó actuales.

En esta comunicación se realiza una breve exposición de los recrecidos de presas de mampostería más significativos, siguiendo un criterio temporal referido al origen de la presa. Se presta especial atención a las presas anteriores al siglo XX, al ser éstas menos conocidas y existir menos información sobre las mismas. Posteriormente se analizan las diferentes soluciones empleadas estableciendo, cuando resulta oportuno, los paralelismos entre diferentes intervenciones.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DE LOS RECRECIENTOS MÁS SIGNIFICATIVOS

Presas romanas

La distancia en el tiempo y la escasez de fuentes documentales dificultan la identificación de recrecidos en las presas romanas que han llegado a nuestros días. La observación de las presas en servicio y de los restos identificados, así como la evaluación de los esquemas resistentes, muestran tan sólo dos recrecidos de importancia —uno en la propia época romana y otro en el siglo XX— existiendo dudas sobre otros posibles recrecidos.

El de mayor importancia se refiere a la presa de la Ermita de Virgen del Pilar, construida en el primer siglo de nuestra era sobre el arroyo de Santa María, en el Valle del Ebro. Se trata de una presa de planta prácticamente rectilínea, de entre 80 y 100 m de longitud; con perfil de gravedad del que, tras su rotura, sólo se conserva la zona del estribo derecho. El perfil de la presa era de gravedad, con sección rectangular de unos 14 m de altura y 7,35 m de anchura en la base. Tras un primer periodo de explotación, que debió extenderse cerca de un siglo, se realizó un recrecido de la presa con el objeto de aprovechar el amplio valle que cerraba. Éste consistió en la adición de un cuerpo superior de entre 2,6 m y 4 m de altura y similar anchura que la presa original, de forma que se mantuvo la forma rectangular de la sección. La nueva sección presentaba una estabilidad precaria —la rela-

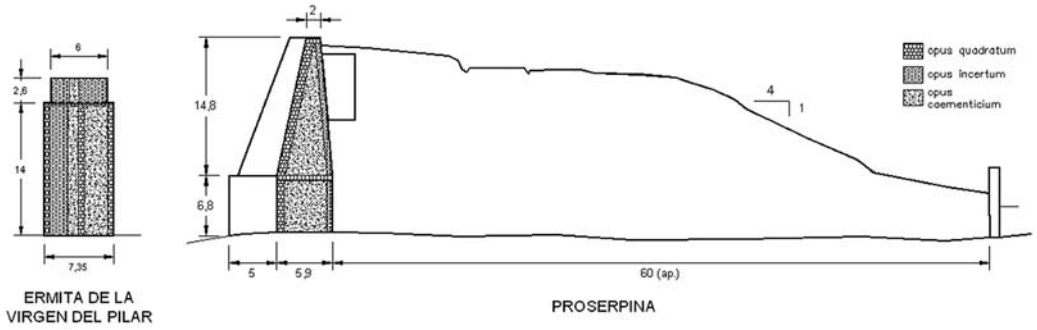


Figura 1
Sección de las presas romanas de Ermita de Virgen del Pilar y Proserpina

ción anchura/altura se habría reducido hasta cerca del 0,4— lo que debió ser una de las razones que la condujo a la rotura violenta. Es precisamente la naturaleza de esta rotura, que se desarrolló casi verticalmente en la zona central de mayor altura, la que pone de manifiesto sin ninguna duda la existencia de dos fases constructivas, al ser diferente la naturaleza de los distintos lienzos de fábrica que componen la estructura del muro.

En otras presas se han encontrado indicios de que pudieran haber experimentado un recrecido en su altura, si bien resulta muy difícil establecer hasta que punto se trata de recrecimientos, de construcciones planificadas en más de una fase constructiva, o simplemente de reparaciones o reconstrucciones.

Ésta última opción podría ser el caso de la presa navarra de Iturranduz, construida en el barranco de Mendigorria en el siglo II para el abastecimiento de la ciudad de Andelos. Se trata de una presa que ini-

cialmente presentó planta recta, de 102 m de longitud, estando formada por un esbelto muro de entre 6 y 7 m de altura y entre 0,9 y 1,0 m de espesor. Las dimensiones del muro hacían imposible la estabilidad del muro sin la contribución de los contrafuertes dispuestos en el paramento de aguas abajo, de 2,5 m de anchura y espesor; con separaciones que oscilaban entre los 1,7 m de la parte de mayor altura y 7,1 m en la zona de altura intermedia. Después de uno o dos siglos de explotación la presa debió sufrir una rotura, tras lo que se debió acometer una reconstrucción de la misma. Aunque los aterramientos de la presa eran importantes, los restos existentes no permiten corroborar el que se aprovechara para aumentar ligeramente la altura de la pesa original. La reparación consistió en la disposición de relleno de tierras de 1,5 m de espesor en la zona de aguas arriba de la presa, que se confinaba mediante un nuevo muros de sillarejo reforzado con pequeños contrafuertes. Mien-

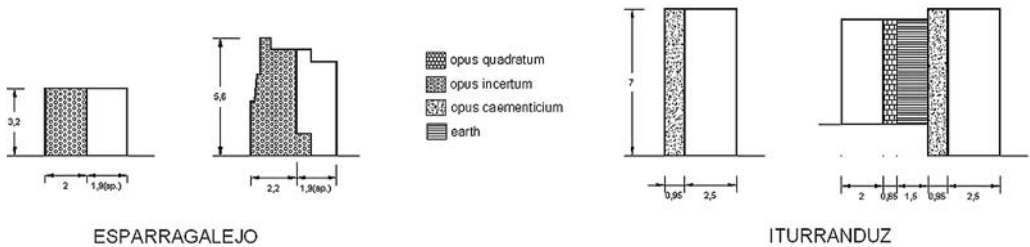


Figura 2
Evolución de la sección de las presa romanas de Esparragalejo e Iturranduz

tras que en el caso anterior la existencia de dos fases constructivas venía establecida por las diferente composición de las fábricas que formaban el muro, en el caso de la presa de Iturranduz se suma la variación del esquema resistente.

Los trabajos y estudios realizados en la última década del siglo XX pusieron de manifiesto la existencia de dos etapas constructivas en la presa emeritense de Proserpina. Si bien esta cuestión se encuentra perfectamente contrastada, no ocurre lo mismo en lo que se refiere a la posible evolución del esquema resistente y a la forma en que se planificó la construcción de esta presa. Se trata de una presa pantalla de 20,6 m de altura máxima y 428 m de longitud en coronación, que se desarrollan en una planta quebrada compuesta por tres tramos rectilíneos. La presa esta compuesta por una pantalla de fábrica del lado de aguas arriba, reforzada del lado aguas abajo por un grueso espaldón de tierras que confiere estabilidad al conjunto, y por una serie de contrafuertes de fábrica del lado de aguas arriba, con el objeto de mejorar la estabilidad de la pantalla frente a desembalses rápidos. El vaciado y limpieza de los aterramientos que cubrían gran parte del vaso, pusieron de manifiesto la existencia en la parte inferior de una zona de presa más antigua, que se adelantaría unos años a la conocida, incluso hasta el primer siglo de nuestra era. Se trata de un cuerpo de presa de 150 m de longitud, con un perfil robusto y sección rectangular, de 6,8 m de altura y 5,9 m de espesor; que presenta el refuerzo de grandes contrafuertes del lado de aguas arriba, que sirven de cimentación a los conocidos hasta la fecha. El conocimiento actual de la obra no permite —a pesar de ser la presa romana mejor estudiada— discernir si se trata de la parte inferior de una presa original más alta, previa a la actual, de una construcción planificada en varias etapas, ó de simplemente del empleo de una pequeña presa anterior —de gravedad y sección robusta— como cimentación de la presa definitiva.

Finalmente, a mediados del siglo XX se efectuó una importante reparación sobre la presa extremeña de Esparragalejo, construida entre los siglos I y II a unos 8 km de la ciudad de Mérida. La intervención resultó excesivamente dura, hasta el punto de desvirtuar parcialmente el esquema resistente de la presa original. Ésta consistía en un muro de gravedad reforzado con contrafuertes del lado de agua abajo. La reparación citada enmascaró la fábrica original roma-

na, e incluyó un ligero recrecido de la sección, acentuando la curvatura del paramento aguas bajo entre los contrafuertes de refuerzo.

Presas medievales

Durante el extenso período medieval el ritmo constructor de presas y azudes decayó notablemente, predominando la construcción de pequeñas obras de derivación de escasa envergadura. Sin duda, debieron ser frecuentes los ligeros recrecidos y reconstrucciones de estas pequeñas presas, así como el de otras de origen romano que continuaron en explotación. No obstante el paso del tiempo, la pequeña entidad de estas obras, y su enmascaramiento dentro de obras posteriores, ha dificultado su estudio.

Presas de los siglos XVI a mediados del XIX

A comienzo del siglo XVI se inicia una etapa —que se extiende algo más de tres siglos— en la que la ingeniería de presas española experimenta importantes avances, que se plasman en la construcción de numerosas presas —algunas de altura muy importante— la diversificación de la finalidad de las presas, y la introducción de nuevos esquemas resistentes. Algunas de las presas más singulares de este período experimentarían recrecidos importantes al poco tiempo de su construcción, o en los siglos posteriores.

La presa de Almansa se emplaza sobre el arroyo Belén Grande, a pocos km hacia el este de la ciudad de la que toma el nombre, realizándose su construcción entre los años 1584 y 1587. La presa original presenta una traza en planta con forma de arco, de aproximadamente 26 m de radio máximo. El perfil de la presa está formado por un paramento de aguas arriba vertical, mientras que el de aguas abajo es vertical en los 7,7 m inferiores y escalonado en los 6,8 m superiores. El ancho de la presa es de 10,3 m en la base, reduciéndose mediante el escalonado superior a 4 m en la coronación. Aunque la relación anchura/altura de esta presa es de 0,71, y por lo tanto sus comportamiento preferente es de gravedad, se trata de la primera presa en la que existe constancia documental —informe realizado en 1566 por Juan de Vidaña sobre las trazas preparadas por el maestro Juanes— del

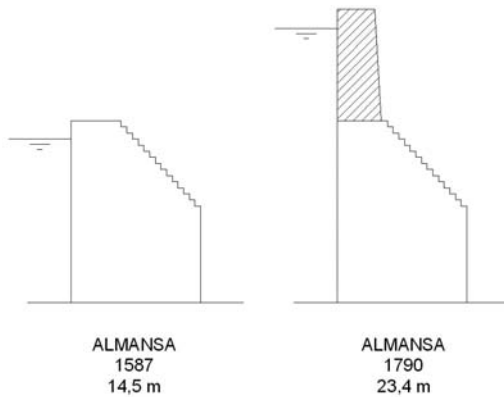


Figura 3
Evolución de la presa albaceteña de Almansa

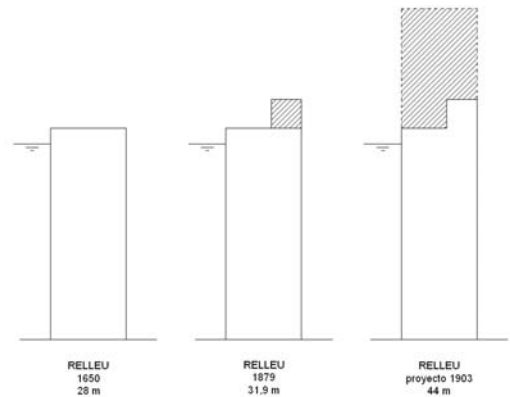


Figura 5
Sección original y recreada de la presa de Relleu



Figura 4
Vista de la presa de Almansa desde aguas abajo

interés de sus constructores en aprovechar la contribución resistente de la planta curva.

A finales del siglo XVIII se realizó un recambio de la presa que elevó la altura de la misma en cerca de 9 m, de forma que la altura máxima del perfil se situó en 23,4 m sobre el cauce. Este recambio consta en planta de una poligonal de tres tramos —longitudes de 36, 34 y 19 m de la margen izquierda a la derecha— presentando un paramento de aguas abajo vertical en un primer tramo, para después de un pequeño escalón y retranqueo adoptar un pequeño talud hasta la coronación, en la que el espesor se reduce a 3 m.

Tras el recambio, el valor medio de la relación anchura/altura se reduce hasta cerca de 0,5, lo que garantiza la ausencia de vuelco mediante el mecanismo de gravedad. Sin embargo, la fuerte curvatura y reducida longitud de su planta, unidas al buen empotramiento en la roca de las laderas y a la generación de tracciones en el talón, no dejan lugar a dudas sobre la movilización del efecto arco, con una contribución importante dentro del esquema resistente. Su comportamiento resistente es por tanto el de un «arco grueso», tal como ya se había alcanzado anteriormente en las presas de Elche y Relleu. Por otro lado, la zona superior del recambio presenta una esbeltez parcial de 0,39, de forma que su estabilidad sólo se justifica con la transmisión de cargas hacia los estribos rocosos, gracias a los fuertes quiebros creados por las tres alineaciones rectas que forman esta zona de la presa.

La presa de Relleu se construyó aproximadamente un siglo más tarde que la presa original de Almansa, aguas abajo de la población de la que toma el nombre. La altura original de la presa sobre cimientos era de aproximadamente 28 m, siendo el perfil rectangular y de 10 m de anchura. El desarrollo en planta de la presa sigue una directriz curva de unos 60 m de radio y un desarrollo que oscila entre los 1,4 a 1,5 m de los 6 m inferiores de la presa y de los aproximadamente 40 m en la coronación de esta primera presa.

Como el resto de las presas levantinas, la explotación de la presa se vio condicionada desde un principio por la rápida acumulación de tarquines, por lo

que desde muy temprano se planteó la posibilidad de recrecer la misma con el objeto de mejorar su funcionalidad. No sería hasta el año 1879 cuando se acometiera el recrecido de la presa —en unos 4 m— hasta su altura máxima actual de 31,85 m. El espesor de la sección en la zona superior añadida se redujo a poco más de 4 m, materializándose mediante un retranqueo del paramento suso en vez de sobre el yuso, que hubiese sido más lógico.

Sin embargo la utilidad de esta actuación fue muy reducida, ya que no se renovaron los elementos de regulación del desagüe de fondo; planteándose a comienzos del s. XX un nuevo recrecido de 12 m de altura, que permitiría aumentar la capacidad del vaso desde 0,6 hm³ hasta unos 4,4 hm³. La necesidad de renovar los órganos de alivio y las filtraciones detectadas fueron algunas de las causas que contribuyeron a retrasar el comienzo de las obras, que quedarían finalmente descartadas con la construcción en 1961 del embalse de Amadorio aguas abajo.

El reducido espesor de la presa —10 metros— la convirtió probablemente en la presa más esbelta del mundo en su momento, con una relación anchura/altura de 0,36. Las dimensiones relativas de la sección convierten el efecto arco en el mecanismo resistente preferente, más si se tiene en cuenta que con el recrecido de finales del siglo XIX la relación anchura/altura se redujo hasta un valor próximo a 0,31. Se trata, por tanto, de una presa arco «grueso», en cuyo mecanismo resistente juega un papel importante el buen «empotramiento» de los estribos de la presa en las laderas, que podría considerarse «completo» en sus seis metros inferiores.

La construcción de la presa de Albuhera de Feria finalizó en el año 1747 en las proximidades de la localidad extremeña de Feria. Originalmente vinculada a la explotación de una serie de molinos, a comienzos del siglo XX se explotaría con fines hidroeléctricos, siendo adquirida en el año 1929 por el Ayuntamiento de Almendralejo para el suministro de agua al municipio. Sobre esta obra se han ido acometiendo sucesivos refuerzos, reparaciones y recrecidos —asociados a los cambios de uso y los desperfectos originados por vertidos incontrolados— que, a pesar de haber mantenido la composición formal de la obra, han modificado significativamente el comportamiento de la misma.

La sección original de la presa consistía en un muro sensiblemente rectangular, de 18 m de altura y



Figura 6
Vista de la presa de Rellou desde aguas abajo

unos 11 m de anchura máxima. La traza en planta de la presa era rectilínea con una longitud que inicialmente que inferior a los aproximadamente 150 m actuales. La presa contaba con un refuerzo en el paramento aguas abajo formado por una serie de siete contrafuertes, de 3,2 m de espesor y dispuestos con un espaciamiento regular de unos 9 m.

No existen datos sobre la existencia de un aliviadero en la presa original, que en todo caso fue insuficiente para evacuar las avenidas, produciéndose en 1790 varios vertidos por coronación. Los desperfectos originados por estos vertidos debieron ser de importancia ya que se abordó inmediatamente un refuerzo y un recrecido de la obra que parecen relacionados, pese a que median 20 años entre ambos. En primer lugar —año 1790— se procedió a mejorar la capacidad resistente de los contrafuertes aumentando su longitud de 8 a 11 m, para posteriormente —hacia el año 1810— realizar un recrecido de 2 m de altura. Este recrecido consistió en la ejecu-

ción de un muro de menor espesor en la zona de aguas arriba, creando una zona de paso de gran anchura delimitada aguas abajo por un pretil.

Con el fin de mejorar el suministro de agua a Almendralejo, se acometió en el año 1950 un nuevo recrecido sobre el ya efectuado en 1810, elevándose la altura total de la presa hasta cerca de 23,5 m sobre cimientos, poco menos de 6 m por encima de la coronación inicial. El muro que forma el recrecido presenta un talud aguas arriba de 0,05 y de 0,76 aguas abajo.

Los recrecidos realizados sobre el muro de la presa han supuesto una disminución de la relación anchura/altura, desde un valor aproximado inicial de 0,61 a un valor intermedio de 0,55 y a un valor actual de 0,46. Inicialmente, las dimensiones relativas de la sección inicial de la presa revelan un esquema resistente preferente de gravedad, en el que la colaboración de los contrafuertes no es necesaria para garantizar la seguridad al vuelco del muro en las condiciones más desfavorables. Sin embargo, en la actualidad la



Figura 7
Evolución de los refuerzos y recrecidos del perfil de la presa extremeña de Albuhera de Feria



Figura 8
Vista desde aguas abajo de la presa de Albuhera de Feria

disminución de la relación anchura/altura y la pérdida de sección en el recrecido implican un aumento en la contribución resistente de los contrafuertes, hasta el punto de que los mismos resultan imprescindibles para evitar el vuelco de la sección bajo solicitaciones desfavorables.

En la segunda mitad del siglo XVI, Felipe II ordenó la construcción de la presa del Romeral para realizar el suministro de agua al Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial, desconociéndose las características de esta presa. La presa quedaría con el tiempo arruinada, siendo reconstruida inmediatamente aguas arriba, bajo la supervisión de Juan de Herrera. El perfil de la presa era de gravedad y sección rectangular, de unos 17 m de altura máxima y aproximadamente 10 m de anchura. A finales del siglo XIX se realizaron una serie de reparaciones sobre las fábricas de los paramentos, que se encontraban dañadas por la pérdida de mortero y los vertidos por coronación, y un recrecido trapecial que elevó la altura de la presa hasta los 20 m actuales. Este recrecido consiste en un pequeño muro de fábrica dispuesto del lado de aguas arriba, de menor anchura y perfil racional. La presa presenta una planta recta de unos 70 m de longitud.

A comienzos del siglo XX la reducida capacidad del vaso era insuficiente para asegurar el suministro de agua al municipio de San Lorenzo y al Real Sitio, por lo que se procedió a un recrecido del embalse con la construcción de la tercera presa del Romeral, situada a unos 130 m aguas abajo de la anterior. Las obras de esta última presa, también de mampostería, finalizaron en el año 1927. Su perfil se diseñó de acuerdo con los criterios de Levy, siendo su altura máxima de 31 m. En la actualidad la finalidad principal del embalse es el suministro de agua para la red de extinción de incendios de su entorno.

La presa de Valdeinfierno se construyó para complementar la función reguladora y de laminación de la segunda presa de Puentes, construida a unos kilómetros aguas abajo. Los trabajos de construcción comenzaron en el año 1789, pero se abandonaron en el año 1806 como consecuencia de la rotura, unos años antes, de la presa de Puentes. En aquel momento la presa alcanzaba una altura de poco más de 30 m de los aproximadamente 50 m que podrían haberse considerado en su proyecto.

La planta de la presa es una poligonal formada por siete lados, que se acerca mucho a la forma de un arco circular de 100 metros de radio. El perfil de la

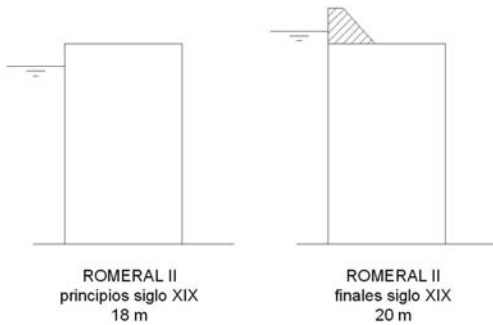


Figura 9
Recrecido de la presa de el Romeral

presa construida resulta muy robusto, lo que viene acrecentado por la no finalización de las obras. La altura de presa sobre el cauce alcanzaba aproximadamente 31,4 m —unos 33,6 m sobre cimientos— estando el cuerpo diferenciado claramente en dos zonas. La parte inferior, que se debió construir de acuerdo con el proyecto original, presentaba una altura de 25,65 m, variando su espesor entre los 40,7 m de la zona inferior y 30,6 en la plataforma intermedia. El paramento suso era vertical, mientras que el yuso estaba formado por una poligonal quebrada. La plataforma situada a este nivel se dispuso con pendiente apreciable, con el objeto de favorecer el vertido de las avenidas por coronación. El cuerpo superior se corresponde con un intento de rematar la construcción de la presa con una altura claramente inferior a la inicialmente proyectada, que debió parecer peligrosa tras el desastre de Puentes. El espesor de esta zona se reduce desde 15,70 a 12,50 m, estando retranqueado unos 15 m en el paramento de aguas abajo con el objeto de uniformizar el paramento mojado.

Las crecidas sufridas en el último cuarto del siglo XIX motivaron el que, cerca de 70 años después de su abandono, se retomara la reparación y recrecido de la presa de Valdeinfierno. Las obras se desarrollaron entre 1892 y 1897, quedando parcialmente inacabadas hasta que en 1953 se instalaron los elementos de regulación del desagüe y la toma. Posteriormente, en 1965 se finalizó un refuerzo del perfil de la presa en la zona recrecida y en el año 1973 concluirían las obras de construcción del actual aliviadero de superficie.

El recrecido consistía en la adición de un cuerpo superior de 15 m de altura, que presentaba planta cir-

cular. Estaba formado por cuatro arcos tangentes de aproximadamente 80 m, 89 m, 134 m y 109 m de radio, que se prolongaban con un pequeño tramo recto en el estribo izquierdo. A diferencia del cuerpo original de la presa, el nuevo recrecido se diseñó siguiendo los principios de la Mecánica Racional. El perfil del recrecido presentaba sección triangular con paramento aguas arriba vertical, y un talud de 0,68 en el de aguas abajo. El ancho de la coronación era de 4 m, lográndose el acuerdo entre la zona inclinada y vertical del paramento aguas abajo mediante un acuerdo curvo. Con el objeto de mejorar el reparto de tensiones sobre el macizo antiguo se dispuso el paramento de aguas arriba del recrecido con un retranqueo de 2,75 m sobre el inferior, formando una banqueta de unos 2,75 m de anchura, que se emplearía desde ese momento como camino de servicio para las labores de explotación.

En el año 1960 se realiza una inspección a la presa de Valdeinfierno en la que se ponen de relieve los problemas de seguridad de la presa entre los que destaca-

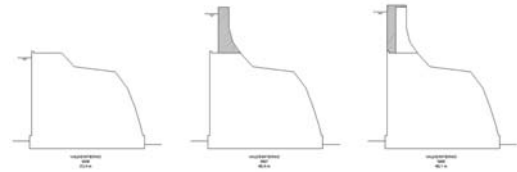


Figura 10
Recrecido y refuerzo del perfil de la presa murciana de Valdeinfierno



Figura 11
Vista de la presa de Valdeinfierno desde aguas abajo

ban, por su importancia, la estabilidad comprometida del refuerzo y la clara insuficiencia del aliviadero de la presa, que confería mayor peligrosidad a la estabilidad del recrecido. Esto motivó la ejecución de un refuerzo de hormigón en el paramento de aguas arriba, que se finalizaría en el año 1965, y consistía en un cuerpo de 2,75 m de espesor medio y 15,7 m de altura en el que se dispusieron juntas de contracción cada 14 m. Durante la ejecución del refuerzo se aprovechó para recrecer la obra en una altura de aproximadamente 0.7 m, con el objeto de mejorar la laminación.

La presa de Arguis se construyó cerca del nacimiento del río Isuela, en el término municipal del que toma el nombre, con el objeto de paliar la escasez de agua para los riegos del término municipal de Huesca. Las primeras gestiones se remontan a mediados del siglo XVII, desarrollándose los trabajos de construcción entre los años 1683 y 1704. Se trataba de una presa de planta recta encajada en una cerrada estrecha, hasta el punto de que la longitud en coronación era de tan sólo 35 m. La sección de la presa era trapecial, de espesor ligeramente decreciente, desde los 13 m de la base a los 11 en la plataforma de coronación, en una altura de 18 m. La coronación poseía pendiente hacia aguas abajo y se hallaba coronada hacia aguas arriba por un muro de 3 m de altura, de forma que la altura total se encontraba próxima a los 22,5 m. Los paramentos resultantes eran prácticamente verticales, con un talud 1H:10V el de aguas abajo, mientras que el de aguas arriba estaba formado por varios planos verticales con retranqueos de 0,1 m. El perfil resultante era de gravedad, resultando la sección muy ajustada para aguantar las acciones generadas durante los vertidos por coronación —en ocasiones superiores a 1 m de calado— lo que pone de manifiesto la contribución del empotramiento en los estribos en la estabilidad de la presa.

En el año 1876 se redactó un informe sobre las mejoras necesarias para aumentar la capacidad del embalse, que no se llegarían a materializar. Habría que esperar a 1910, cuando Lorenzo Pardo redactó un nuevo proyecto de recrecido, para que se retomase la idea del recrecido de la presa, cuyas obras se finalizarían en el año 1929. Después del de Valdeínfierno, se trata del primer recrecido moderno realizado sobre un perfil de diseño intuitivo. Al ser el perfil original menos robusto y la altura del recrecido de cerca de 5 m, la simple adición de un bloque en la zona superior resultaba peligrosa, siendo ésta la pri-

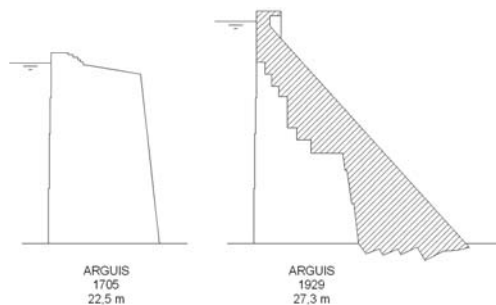


Figura 12
Recrecido de la presa de Arguis

mera presa española en la que se acometió el recrecido mediante la adición de masa sobre el talud de aguas abajo. Esta solución era más costosa y exigía la demolición parcial de la fábrica antigua —durante los trabajos fue necesaria una demolición mayor a la inicialmente pensada— para lograr una imbricación adecuada entre la fábrica nueva y la original.

Presas de mediados del siglo XIX a mediados del siglo XX

En el último tercio del siglo XIX se introducen los criterios de la Mecánica Racional en el diseño de las presas españolas, experimentándose notables avances en cuanto a la importancia de los proyectos y la calidad de los diseños. A comienzos del siglo XX se planifica la construcción de un gran número de presas, principalmente de regadío, de forma que durante el primer tercio de este siglo se alcanza un ritmo de construcción notablemente elevado. La inmensa mayoría de estos proyectos se corresponden con presas de fábrica pétrea —mamposterías y sillerías más o menos evolucionadas— habiéndose recrecido posteriormente un buen número de ellas.

Algunos de estos recrecimientos son de gran importancia, habiendo sido posibles al tratarse de presas originales con diseños más modernos que los de épocas pasadas, con mejor selección y puesta en obra de los materiales, y con información abundante sobre su diseño y construcción. Por tratarse de presas mejor conocidas, se recogen tan sólo (figs. 9 a 12) las secciones más representativas y los datos de mayor importancia.

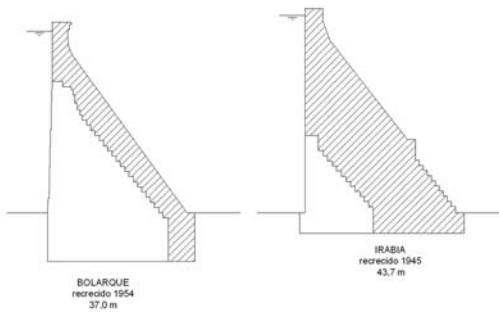


Figura 13
Recrecido desde aguas abajo de las presas de Bolarque e Irabia

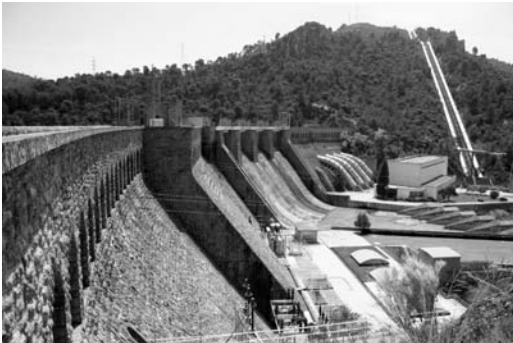


Figura 14
Vista de la presa de Bolarque desde la margen derecha

ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS

A lo largo del tiempo las soluciones empleadas para el recrecido de presas han sido muy variadas, desde la simple adición de un macizo de fábrica en la zona superior hasta la disposición de cables postesados.

Tradicionalmente, las soluciones más fáciles y económicas han sido la adición de un cuerpo adicional de fábrica en la zona superior, y/o una pequeña sobreelevación del umbral de los aliviaderos. Inicialmente, fueron las alternativas técnica y económica más razonables, pero el incremento en la capacidad de embalse obtenida por estas vías ha ido disminuyendo con el tiempo, como consecuencia de

las mayores exigencias en seguridad. Entre las presas en las que se ha empleado una solución de este tipo cabría señalar: Ermita de Virgen del Pilar, Almansa, Albuhera de Feria, Relleu, Valdeinfierno, Romeral, Campofrío y Conde de Guadalhorce.

Cuando el aumento de la capacidad de embalse ha requerido recrecidos de mayor importancia, ha sido preciso recurrir a soluciones más costosas y técnicamente más complejas como:

- Recreido con la adición de fábrica del lado de agua arriba. Esta solución resulta estructuralmente ventajosa, siempre que la altura del recrecido no sea excesiva. No obstante, presenta el inconveniente de exigir el vaciado completo del embalse. Entre los casos en los que se ha utilizado o planteado esta solución se pueden citar los de Riudecañas, Alsa y Santolea.
- Recrecimiento con la adición de una masa de fábrica sobre el talud de aguas abajo de la presa. Aunque se trata de una solución estructuralmente más ventajosa que la anterior para recrecidos de gran altura, presenta mayores problemas para lograr el trabajo solidario de la fábrica antigua y la moderna; cuestión que resulta más delicada en fábricas pétreas antiguas —mamposterías y sillerías— que en los hormigones más modernos. El éxito alcanzado por los ingenieros británicos en el recrecido de la presa egipcia de Aswan influyó notablemente en la adopción de esta solución en las presas españolas de Arguis y Bolarque. En las últimas décadas esta solución es sido cuestionada por implicar la desaparición de paramentos pétreos de gran valor histórico y estético, hasta el punto de optar por otras soluciones. Sin embargo, en ocasiones como el reciente y gran recrecido de la presa norteamericana de Roosevelt ha sido inevitable el que una presa de gran histórico y técnico haya desaparecido bajo una fábrica moderna de hormigón.
- Disposición de cables metálicos postesados para anclar la presa al macizo de cimentación. Habitualmente ha sido un complemento a la adición de masa en coronación, cuando ésta ha resultado excesiva. Normalmente ha sido una solución poco deseada por los problemas de

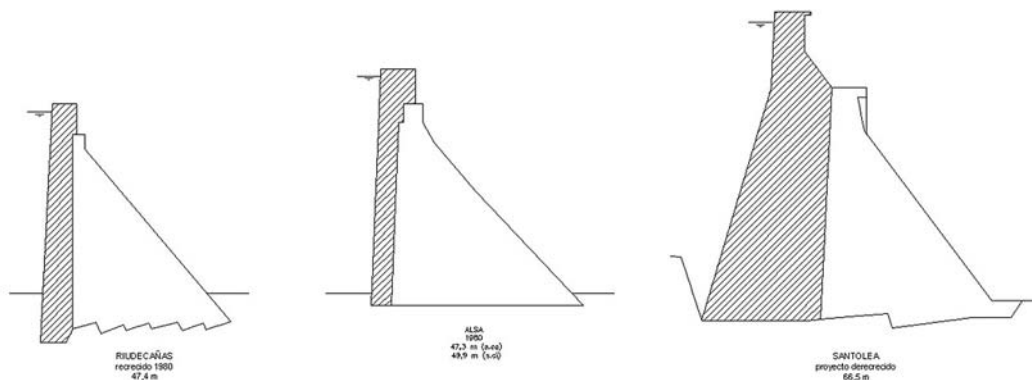


Figura 15
 Recrecido desde aguas arriba de las presas de Riudecañas, Alsa y el proyectado de Santolea



Figura 16
 Vista aérea de la presa de Riudecañas (Ministerio de Medio Ambiente)

seguridad a largo plazo, derivados del riesgo de relajación y corrosión de los cables. Probablemente, la primera aplicación de esta solución en fábricas pétreas sea el recrecido, por ingenieros franceses, de la presa argelina de Cheurfas en el año 1925. En España este sistema ha sido utilizado recientemente en la presa de mampostería de la Cierva.

Dentro de los recrecidos es importante diferenciar aquellos que ya se habían previsto durante las fases de proyecto o construcción de la presa, ya que en ese caso resulta más apropiado referirnos a ellos como

«construcción por etapas». En las presas más antiguas la ausencia de documentación dificulta esta distinción, resultando más fácil en las presas construidas en la segunda mitad del siglo XIX y, en mayor medida, durante la primera mitad del siglo XX. Se trata de pequeños recrecidos de unos 2 m de altura —caso de Conde de Guadalhorce— y a lo sumo de 3 o 4 m, que ya se consideraban en el diseño del perfil. Los motivos de estos planteamientos son muy variados, pudiéndose señalar las limitaciones económicas, las dudas sobre la respuesta hidrológica real de la cuenca y la eficacia de cierta solución de aliviadero, la consideración de futuros aumentos de la demanda, e incluso problemas administrativos y legales. Entre las presas de mampostería en las que la construcción por etapas fue de mayor relevancia se pueden señalar la presa de Puentes Viejas —abastecimiento de aguas a Madrid— y alguna construida en la isla de Gran Canaria.

En ocasiones, el recrecimiento directo de la presa ha sido imposible por razones geológicas, topográficas, estructurales, o simplemente económicas; debiendo recurrirse a la construcción de una nueva presa en las proximidades de la cerrada antigua. Lamentablemente esto ha supuesto la desaparición, bajo las aguas del nuevo embalse, de presas de gran valor para la ingeniería española. Este es el caso de las presas de Castellar, Romeral, Peña del Águila, Guadalcaén y Manzanares el Real. En los últimos años, la sensibilidad de los ingenieros a estas cuestiones ha sido más respaldada que en épo-

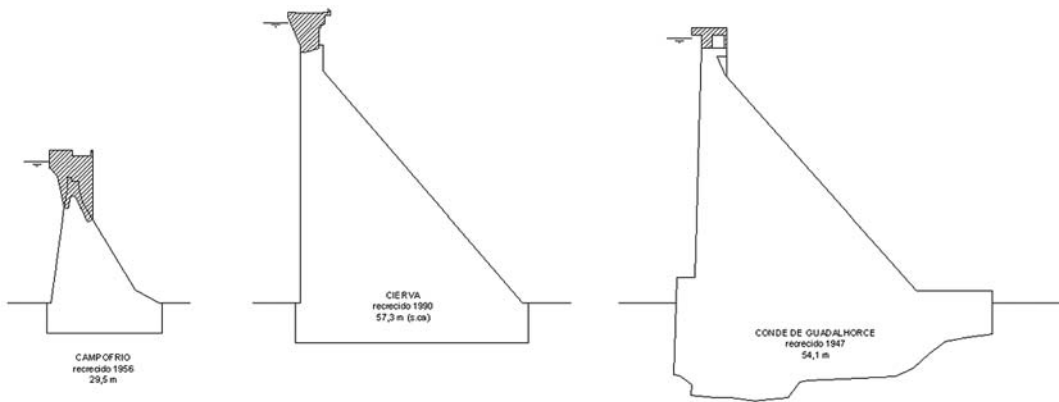


Figura 17

Recrecido mediante la adición de un bloque en coronación en las presas de Campofrío y Conde de Guadalhorce, postesado en el caso de la Cierva

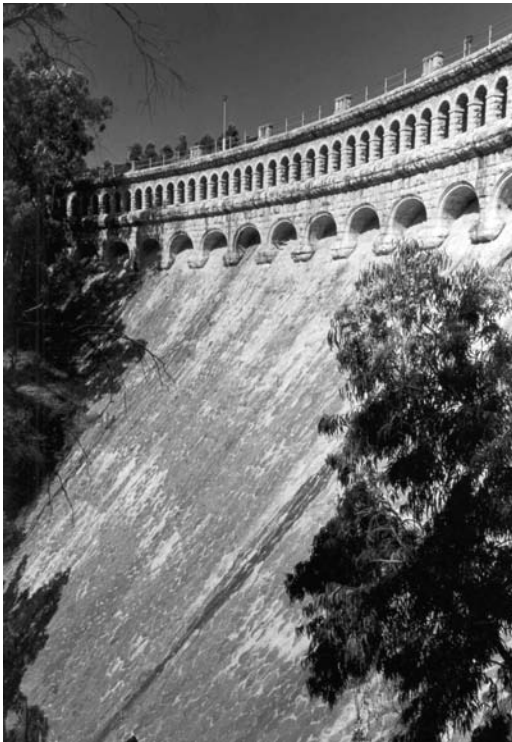


Figura 18
Vista desde aguas abajo de la presa de Conde de Guadalhorce

cas anteriores, permitiendo salvaguardar para generaciones futuras importantes presas como la tercera de Puentes.

CONCLUSIONES

Los recrecidos de las presas han ido siempre estrechamente vinculados a las reparaciones y refuerzos, aprovechando la ejecución del recrecido para acometer estos otros tipos de obras ya que, en algunos casos, no justificaban por sí mismas el vaciado total o parcial del embalse

Las razones que han motivado el recrecido de las presas han sido tradicionalmente:

- El aumento de las demandas, que ha exigido mayor volumen de regulación; siendo, en algunos casos, la alternativa del recrecido más favorable, tanto desde un punto de vista económico, como social y ambiental
- Compensar la pérdida de capacidad de aquellos embalses que han sufrido graves aterramientos
- Optimizar la generación de energía de ciertos aprovechamientos
- Más recientemente, la mejora de la seguridad mediante el aumento de los resguardos y el incremento de la capacidad de laminación

Tabla 1
Principales recrecimientos de presas españolas de mampostería y/o su embalse

Presa	Construcción original		Recrecimiento		Solución de recrecido
	Fecha	Altura	Fecha	Altura	
Ermita de Virgen del Pilar	Siglo I	14	Siglo II	18	Bloque superior
Iturranduz	Siglo II	6 a 7	Siglo III a IV	7	Aguas arriba
Proserpina	Siglo I	6,8	Siglo II	20,6	Posible construcción por etapas
Esparragalejo	Siglos I a II	3,2	1950	5,6	Bloque superior
Castellar	1500	17	1970		Nueva presa aguas abajo
Almansa	1587	14,5	1790	23,4	Bloque superior
Relleu	1653	28	1879	31,9	Bloque superior
Arguis	1705	22,5	1929	27,3	Aguas abajo
Albuhera de Feria	1747	18	1810–1950	23,5	Bloque superior y contrafuertes
Valdeinfierno	1806	33,4	1897	48,4	Bloque superior
Romeral	1811	18	1890–1927	20	Bloque superior - nueva presa aguas abajo
Campofrío	1883	25,5	1956	29,5	Bloque superior
Puentes	1884	74	2001		Nueva presa aguas abajo
Peña del Águila	1892	22	1988		Nueva presa aguas abajo
Manzanares El Real	1908	30	1968		Nueva presa aguas abajo
Bolarque	1910	37	1954	43,7	Aguas abajo
Guadalcaicín	1917	44	1995		Nueva presa aguas abajo
Riudecañas	1918	40,9	1980	47,4	Aguas arriba
Alsa	1920	42,6	1950	49,9	Aguas arriba
Conde de Guadalhorce	1921	70,3	1947	74,1	Bloque superior
Irabia	1925	19	1945	44	Aguas abajo
Puentes Viejas	1925	40	1935	66	Construcción en dos etapas
Cierva	1929	59	1990	65,3	Bloque superior con postensado
Santolea	1932	50	2007	66,5	Aguas arriba (proyecto)

El número de presas sobre las que se ha actuado es importante, siendo las soluciones adoptadas muy variadas como consecuencia de la complejidad de esta cuestión. El elevado número de presas de mampostería que se mantienen en servicio, hace pensar en que en un futuro próximo las actuaciones de reparación y posible recrecido, serán cada vez más frecuentes. En este contexto, la experiencia alcanzada con los recrecidos ya realizados será de gran utilidad para optimizar las soluciones, y contribuir a preservar los valores históricos y estéticos de estas presas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Díez-Cascón, J; Bueno, F. 2001. *Ingeniería de presas. Presas de fábrica*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Díez-Cascón, J; Bueno, F. 2003. *Las presas y embalses en España. Historia de una necesidad. I Hasta 1900*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Alonso, M. 2003. *Recrecimiento de presas. Dam Maintenance and Rehabilitation*. Lisse: Swets & Zeitlinger Publishers.
- D. Saldaña (preparación). *Presas de Mampostería en España*. Tesis doctoral. Santander: Universidad de Cantabria.