

La presa romana de la Ermita del Pilar (Monforte de Moyuela, Teruel)

The Roman dam at the Pilar Hermitage (Monforte de Moyuela, Teruel)

Miguel Arenillas Parra. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático. E.T.S. Ingenieros de Caminos, C. y P. Madrid. i75@retemail.es

J. Iñigo Hereza Domínguez. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza. ihereza@chebro.es

Carmen Díaz-Guerra Jaén. Geóloga.
Ingeniería 75. S.A. Madrid. i75@retemail.es

Rafael Cortés Gimeno. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Prof. Titular E.T.S. Ingenieros de Caminos, C y P. Valencia. rcortes@tr.upv.es

Resumen: La presa de la Ermita del Pilar es otro buen ejemplo de las numerosas presas construidas por los romanos en España. En este caso los restos conservados son pocos pero permiten caracterizar la obra y comprobar que, con cerca de 17 m de altura, se sitúa entre las mayores conservadas de aquella época. Por tales motivos hemos considerado de interés presentar en este artículo los resultados obtenidos en un reciente estudio sobre esta estructura que, a pesar de su importancia, había quedado prácticamente ignorada hasta el momento.

Palabras Clave: Obras hidráulicas, Presas, Cuenca del Ebro, Teruel, Época romana.

Abstract: The Ermita del Pilar dam is another good example of the numerous dams constructed by the Romans in Spain. In this case the conserved remains, though few, enable us to characterize the works and show that, at around 17 m in height, it is among the largest remaining from this period. Consequently, we consider of interest the presentation of the results obtained in a recent study on this structure, which despite its importance, had remained practically ignored until now.

Keywords: Hydraulic works, Dams, Ebro basin, Teruel, Roman Era

Introducción

La presa de la Ermita del Pilar es una obra de época romana de la que se conservan pocos restos, aunque suficientes -como se verá- para lograr una caracterización razonable de la estructura original. Por su altura (más de 16 m en la segunda fase) se debe incluir entre las más altas de esa época (la quinta de las conservadas, según la información disponible) y por su tipología es fácil que corresponda a una de las primeras construidas por los romanos en Hispania (siglo I de nuestra Era (1)), probablemente

te). Se trata de una obra de carácter rural, con una estructura no muy bien planteada y sólo regularmente construida, lo que determinó su ruina en un periodo de tiempo relativamente corto, es posible que no más de algunas décadas.

Las dimensiones establecidas por los romanos para la presa fueron muy estrictas desde el principio y tras su recrecimiento la relación espesor/altura máxima quedó claramente por debajo de lo admisible. Esta ampliación debió de venir forzada por el rápido aterramiento del embalse, situado relativamente próximo a la cabecera fluvial, en un tramo del río donde las pendientes son fuertes y los arrastres importantes. Sin embargo, al incrementarse la altura de la presa, la estructura no se reforzó (o al menos no quedan restos que permitan atestiguarlo), lo que tuvo que ocasionar la ruina casi inmediata de la obra. En ese momento la presa se aban-

(1) Cf. Castillo Barranco, J.C. (2002): Tipología y materiales de las presas romanas en España. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid (inédita), y Castillo Barranco, J.C. y Arenillas Parra, M. (2000): "Las presas romanas en España. Propuesta de inventario", Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de las Presas. Mérida.

Fotografía 1.
Restos de la
presa con la
ermita del Pilar
al fondo.



donó, ya que no quedan señales de reparaciones posteriores.

No obstante, los restos que se conservan tienen un indudable interés, pues ayudan a conocer algunos de los criterios y aspectos constructivos aplicados por los romanos en Hispania –un tanto discutibles en este caso–, relativos a un campo –el hidráulico– sobre el que no se dispone de demasiados ejemplos. También es interesante la obra por su localización, pues se emplaza en un ámbito muy concreto –la cuenca del río Aguasvivas, afluente del Ebro por la derecha donde, en poco más de 1.000 km² de superficie, se construyeron y explotaron sucesivamente, a lo largo de 2.000 años, diez presas (2) que, aunque con distintos fines, facilitaron la regulación fluvial en una zona en la que las disponibilidades hídricas tienen un fuerte sesgo de carácter estacional. Tres de estas obras son de época romana (entre ellas Almonacid de la Cuba, la más alta del mundo de todas las de ese periodo conservadas actualmente), cinco bajomedievales (aunque una de ellas puede tener antecedentes romanos) y dos del primer tercio del siglo XX (Almocheu, de 1914, y Moneva, de 1929).

(2) Sobre estas obras puede verse: Arenillas Parra, M., Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba" en VV AA. La presa de Almonacid de la Cuba. Del mundo romano a la ilustración en la cuenca del río Aguasvivas. Madrid: Sesma Muñoz, J.A., Utrilla Utrilla, J.F. y Laliena Corbera, C. (2001): Agua y paisaje social en el Aragón medieval. Los regadíos del río Aguasvivas en la edad media. Zaragoza; y Arenillas Parra, M. (1995): "Presas y azudes en la Baja Edad Media: antecedentes, problemas y soluciones". XXII Semana de Estudios Medievales. Estella

Por todo ello hemos considerado oportuno dar a conocer esta obra, hasta ahora sólo conocida por los habitantes de la zona y escuetamente citada en algunos documentos (3), sin que se haya publicado ningún estudio de detalle sobre ella (4). Esto nos permite también hacer algunos análisis comparativos con otras presas de época romana conservadas en España, en mejor o peor estado.

Situación de la presa

Los romanos construyeron la presa de la Ermita del Pilar sobre el río Moyuela (también llamado Santa María), afluente del Aguasvivas por margen izquierda, en terrenos que hoy pertenecen al término municipal de Monforte de Moyuela (Teruel). Eligieron para ello, con buen criterio, la embocadura de un pequeño congosto labrado por el río en un afloramiento de calizas jurásicas

(3) En los itinerarios del río Ebro y de todos sus afluentes, realizado por la División Hidrográfica de Zaragoza en 1882, se señala escuetamente "presa" en el lugar que corresponde a la ubicación de esta obra, sin ningún dato complementario. Ya en el siglo XX, se describe sucintamente en el Inventario de Obras Hidráulicas Históricas de la cuenca del Ebro en Aragón, realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1992.

(4) Se dispone, no obstante, de un trabajo realizado en el año 2000 por la Confederación Hidrográfica del Ebro dentro de un programa de investigación sobre obras hidráulicas históricas: Estudio de la presa de la Ermita de la Virgen del Pilar (Monforte de Moyuela, Teruel), Zaragoza (inédito). De ese trabajo hemos tomado los datos que se recogen en este artículo.

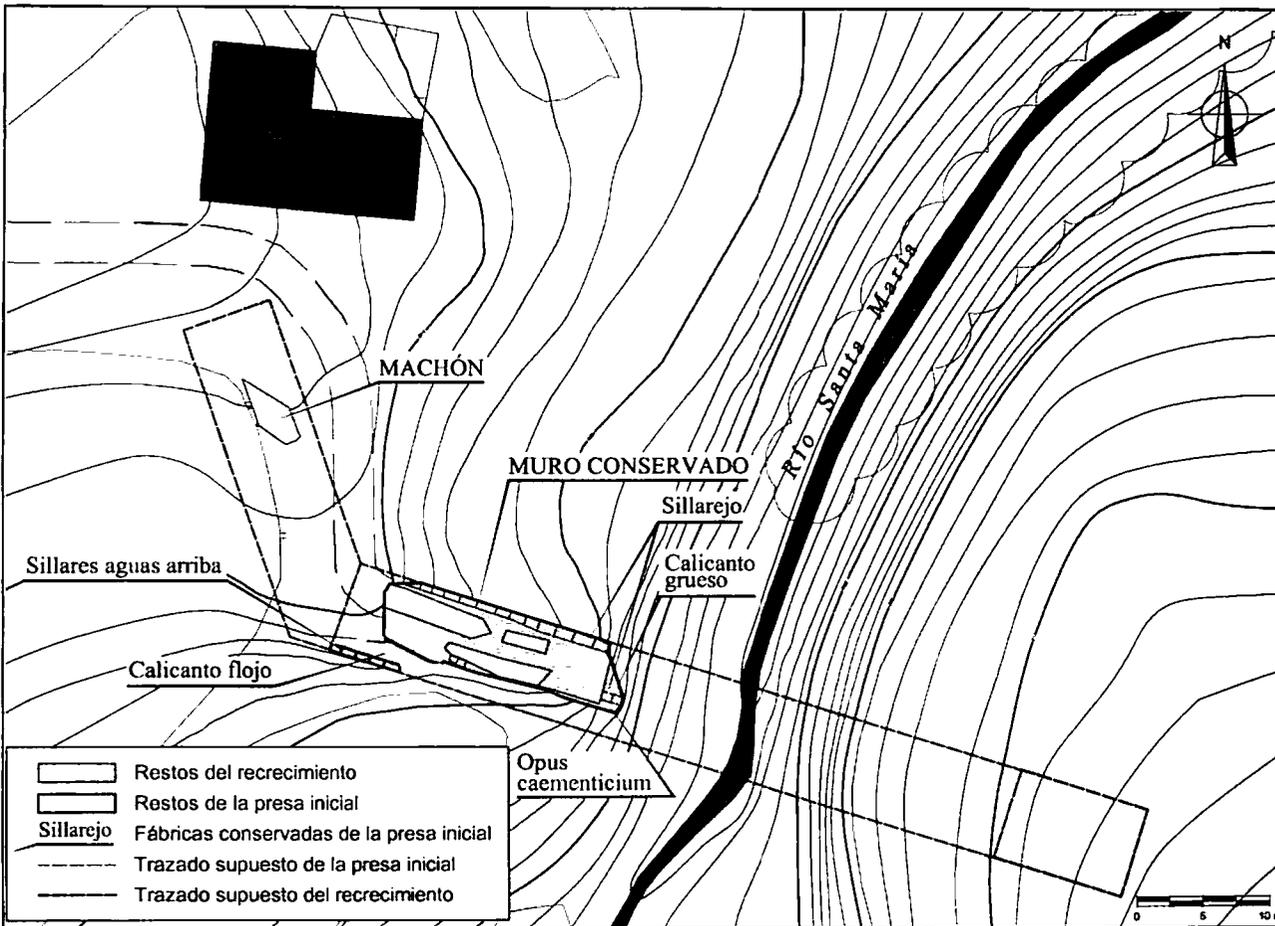


Gráfico 1. Restos conservados y planta supuesta de la presa.

(Lías) que emerge entre los depósitos terciarios del valle del Ebro. El nombre de la obra lo hemos tomado del de la Ermita de la Virgen del Pilar (5), construida junto al estribo izquierdo de la presa y que, en la actualidad, es lugar de romería para los habitantes de la zona (fotografía 1).

El acceso a la presa se realiza por el camino de la ermita, que parte, hacia la derecha, de la carretera de Monforte a Loscos una vez pasado el puente sobre el río Santa María; desde ese punto discurre paralelo al cauce, con unos dos km de recorrido hasta la presa, en el sentido de la corriente.

Características generales de la estructura

En la actualidad se conservan sólo dos elementos muy concretos de la estructura original: un tramo de la zona iz-

quierda de la presa, de unos 20 m de longitud, y un pequeño machón, correspondiente al estribo de ese mismo lado, que se sitúa junto a la ermita. El análisis de estos restos permite identificar una primera estructura y un recrecimiento posterior, al que pertenecería el machón y algunos bloques de la parte alta del tramo indicado; su disposición en el terreno y la morfología del valle facilitan una definición bastante aproximada del trazado en planta de la obra. La primera solución era simplemente un muro de sección rectangular perpendicular al cauce. Al recrecerse la presa –y con objeto de alcanzar con la nueva cota de coronación el punto más próximo posible de la ladera–, se optó por quebrar la traza del estribo izquierdo hacia aguas abajo; en margen derecha, sin problemas topográficos para estribar, se prolongaría la traza recta de la primera estructura hasta el terreno natural (gráfico 1).

La longitud total de la presa inicial sería de algo más de 52 metros, con una altura máxima sobre el cauce (situado a la cota 896) de 14,20 metros (gráfico 2). La presa recrecida alcanzó los 86 metros de largo, con una altura de, al menos, 16,80 m.

El muro está formado por distintas fábricas de características muy variadas (gráfico 3) que, en conjunto, de-

(5) Según los vecinos de Monforte de Moyuela la ermita fue construida con el dinero que dejó uno de los miembros de la familia propietaria de los terrenos, que murió en la guerra de Cuba, probablemente la Guerra de los Diez Años o Guerra Grande, que tuvo lugar entre 1868 y 1878, pues en 1882 ya se cita la ermita en el itinerario del Ebro y todos sus afluentes. op. cit.



Fotografía 2. Paño de sillería del paramento de aguas arriba y, tras él, restos del relleno de calicanto flojo.

terminan un espesor total de 6,90 m. Aguas arriba, el cierre de la estructura es un paño de sillería constituido por piezas de arenisca de labra poco cuidada y dimensiones variables que, en el tramo conservado, tienen entre 40 y 80 cm de longitud, de 25 a 40 cm de altura y algo más de 50 cm de espesor; entre estas piezas, a lo largo de las juntas, se conservan ripios con los que se bus-



Fotografía 3. Se observa el paramento de sillería de aguas abajo y, hacia el interior, el relleno de hormigón ciclópeo.

có un mejor ajuste entre sillares (fotografía 2). Este paramento ha desaparecido en buena parte -posiblemente por la reutilización de sus materiales en algunas construcciones del entorno-, conservándose tan sólo en la zona más alejada del cauce.

A continuación de este paño aparece un relleno de calicanto muy flojo, de 1,00 m de espesor, compuesto por elementos centimétricos de composición variada fundamentalmente silíceo-, englobados en un mortero de cal de muy baja calidad (posiblemente mal fraguado). En la actualidad este material ha desaparecido en su mayor parte y sólo se conserva en el sector protegido por el paramento de sillería.

Adosado a este relleno se presenta un muro de hormigón de cal (opus caementicium) de buenas características y 1,05 metros de espesor, colocado en tongadas bastante uniformes de unos 60 centímetros de altura. Los cantos -la mayoría rodados- son de muy diversa composición y deben de provenir en su mayor parte de depósitos fluviales gruesos próximos a la presa, pues corresponden a los distintos tipos pétreos (areniscas, cuarcitas, pizarras y dolomías, fundamentalmente) que afloran a lo largo del curso fluvial.

El cierre de la estructura hacia aguas abajo es un muro formado por dos paños de sillarejo (de 65 cm de espesor medio el interior y de 85 cm el exterior), que contienen entre ellos un relleno de 2,80 m, constituido por bloques mayoritariamente decimétricos de calizas y esquistos poco seleccionados, y malamente trabados por un mortero de cal con alto contenido de arcilla y arena, que podría considerarse una especie de hormigón ciclópeo muy tosco (fotografía 3). El paño de aguas abajo de la presa está cubierto por abundantes concreciones calcáreas, cuyo origen tiene que radicar en sistemáticas filtraciones de agua a través de la estructura durante un plazo largo de tiempo.

Todas estas fábricas son, en principio, elementos resistentes frente al empuje del agua, pero sólo una, la correspondiente al muro de calicanto (opus caementicium) situado en posición intermedia, debía de tener encomendada la misión de pantalla impermeable, pues las demás (tanto el relleno adosado al paramento de sillería, como el amplio muro de aguas abajo -y concretamente su núcleo central-), no tienen las condiciones para cumplir ese fin. Se trata en definitiva de una solución muy utilizada por los romanos: un muro pantalla, con un núcleo impermeable más o menos centrado en la estructura y una serie de elementos -de protección y resistentes, dispuestos aguas arriba y aguas abajo de este núcleo. El ejemplo más simple de este modelo -un elemento central de calicanto protegido por dos muros de fábrica, se presenta, por ejemplo, en la presa de la Pared los Moros (6), y uno de los más complejos en Al-

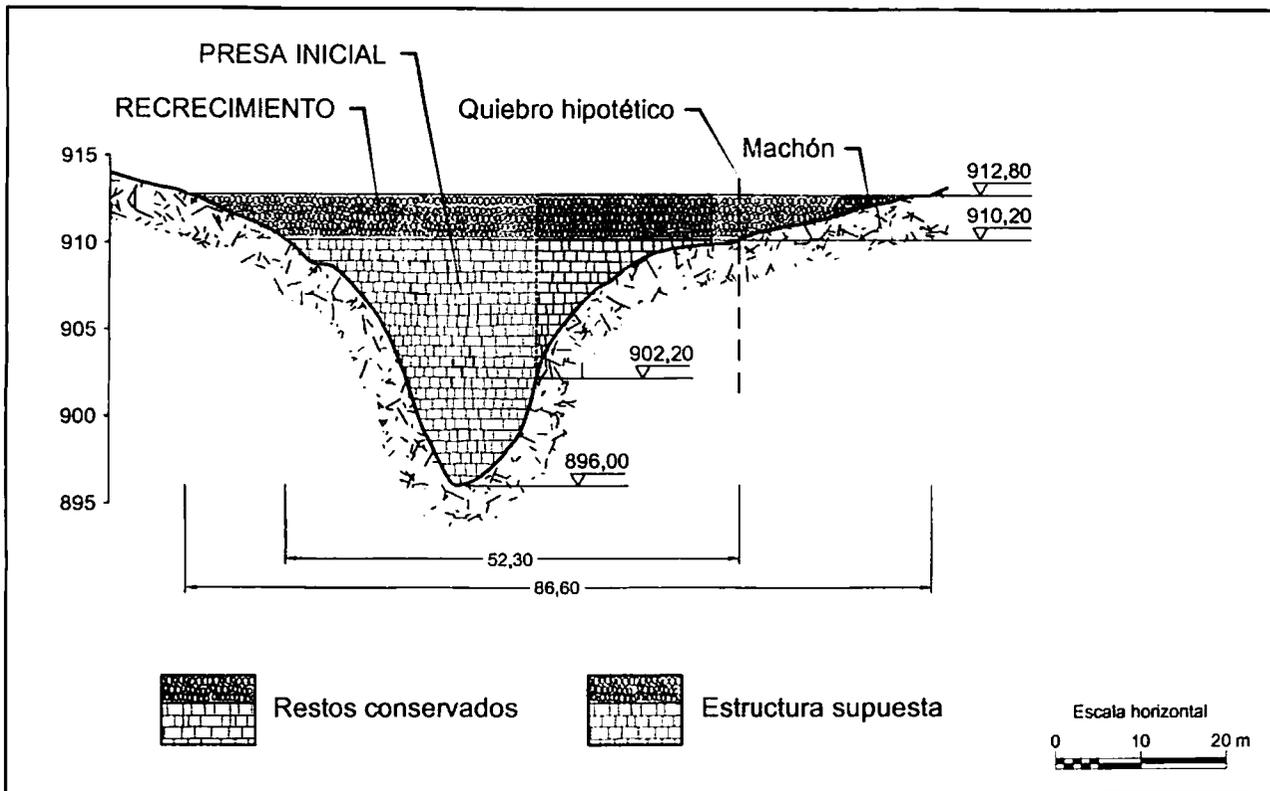


Gráfico 2.
Alzado
supuesto desde
aguas abajo

monad de la Cuba (7), donde sucesivos refuerzos hacia aguas abajo -derivados probablemente de otras tantas roturas- condujeron a un espesor mucho mayor del estrictamente necesario. Ambas presas se sitúan cerca de la que ahora nos ocupa, pero esta solución se empleó también en otras más lejanas, como Proserpina (8), en Mérida, o Alcantilla (9), en Toledo, en las que se construyeron muros pantalla simples, si bien en ambas el efecto resistente se encomendó a sendos caballones de tierra colocados aguas abajo.

En la Ermita del Pilar la solución adoptada para el muro pantalla no es la más sencilla, pero tampoco resulta excesivamente compleja: el núcleo impermeable está

desplazado hacia aguas arriba, donde se protege con un mal relleno y un murete de sillería de no mucha calidad; aguas abajo se plantea un elemento resistente de bastante espesor, aunque de construcción poco cuidada, sobre todo el núcleo central.



Fotografía 4. Restos del muro desde aguas arriba. Sobre el opus caementicium se observa el alisado de coronación de la presa inicial y, por encima, el calcanto del recrecimiento. En primer término los materiales de relleno del embalse.

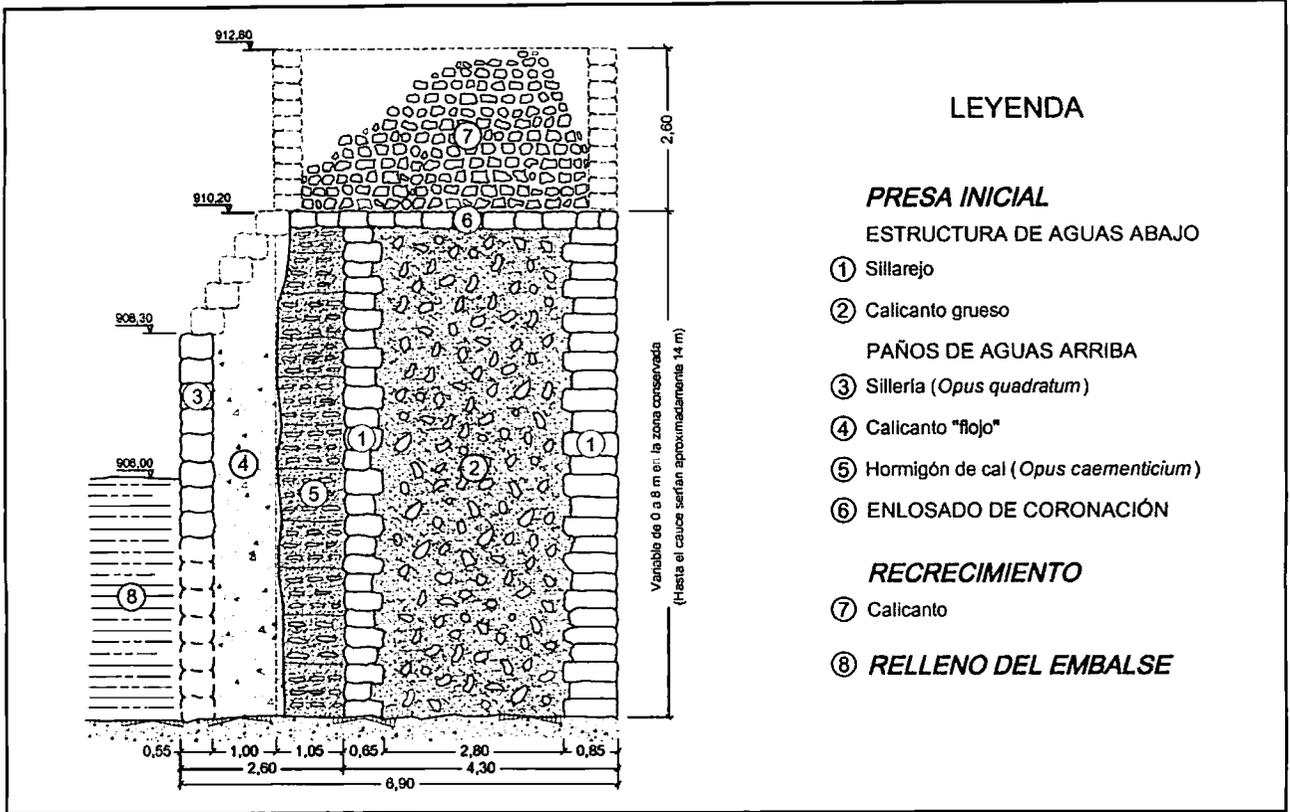
(6) Sobre la presa de la Pared de los Moros puede verse: Arenillas Parra, M., Hereza Domínguez, J.I., Jaime Dillel, F., Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1995): "La presa romana de Almonacid de la Cuba y otros aprovechamientos antiguos en el río Aguasvivas", Revista de obras públicas, nº 3345 (julio-agosto). Madrid; también Arenillas Parra, M., et al. (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba", en VV.AA. op. cit.

(7) Cf. Arenillas Parra, M., et al. (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba" en VV.AA. op. cit.

(8) Cf. Arenillas Parra, M., Martín Morales, J., y Alcaraz Calvo, A. (1992): "Nuevos datos sobre la presa de Proserpina", Revista de Obras Públicas, nº 3311 (junio). Madrid. Y, también Alcaraz Calvo, A., Arenillas Parra, M., y Martín Morales, J. (1993): "La estructura y cimentación de la presa de Proserpina", IV Jornadas españolas de Presas, Murcia.

(9) Cf. Aranda Alonso, F., Carrales Santos, J. e Isabel Sánchez, J.L. (1997): El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo. Diputación Provincial de Toledo Toledo.

Gráfico 3.
Sección y
fábricas de la
presa



Fotografía 5.
Detalle del
material del
recrecimiento

Algunas de las fábricas descritas más arriba-concretamente desde el muro de opus caementicium hasta el paramento de aguas abajo-, están cubiertas por un enlosado de unos 30 centímetros de espesor que debe de corresponder a la coronación de la primera presa (fotografía 4). No es posible asegurar, sin embargo, que en origen este enlosado alcanzase también a las otras fábricas, pues la parte superior de éstas ha desaparecido; por ello cabe, incluso, la posibilidad de que el paramento de aguas arriba fuese escalonado en su tramo más alto, tal y como se indica en el gráfico 3.

Sobre este enlosado (gráficos 1 y 3) se conserva -en tres zonas muy próximas entre sí una fábrica muy cuidada (prácticamente una mampostería -opus incaertum), análoga a la que constituye el machón situado en el estribo izquierdo; se compone de bloques de caliza (paralelepípidicos en algunos casos) unidos por un mortero de cal (fotografía 5). Por su situación y características -y por otras razones que se explican más adelante-, este conjunto tiene que corresponder a un recrecimiento de la estructura inicial, también de época romana (fotografía 7). Es posible que este opus incaertum estuviese protegido por dos paramentos de sillería o sillarejo similares a los que formaban la primera presa. En cualquier caso, el recrecimiento supondría un incremento de, al menos, 2,60 metros sobre la altura inicial de la obra.

El embalse

La presa de la Ermita del Pilar se sitúa en un punto bastante alto de la cuenca del río Moyuela (32,5 km² de superficie hasta el embalse), lo cual determina pendientes importantes del cauce que, en el sector donde se ubica la presa, alcanzan valores superiores al dos por ciento.

Para conseguir un embalse de cierta entidad en estas condiciones -y teniendo en cuenta, además, que el río está bastante encajado en el terreno, los romanos se vieron obligados a elevar bastante la altura de la presa: llegaron a los 280.000 m³ de capacidad (hasta coronación) con la primera solución y a los 450.000 m³ con el recrecimiento (10), si bien en este caso el volumen efectivo se reduciría en unos 100.000 m³, como consecuencia del aterramiento experimentado por el embalse en la fase anterior. Estos materiales rellenan todavía buena parte del antiguo embalse, pudiéndose observar en ellos la incisión fluvial posterior a la ruina de la obra. Adosados al paramento de aguas arriba de la presa, forman un paquete de depósitos detríticos de unos diez metros de espesor.

Comentarios

No se han localizado restos de conducciones con origen en la presa ni hay noticia de asentamientos romanos próximos a la obra; tampoco han aparecido vestigios de posibles desagües, aliviaderos o tomas, que sin duda tuvieron que situarse en el tramo central de la estructura. Por ello, ha sido imposible establecer el destino que tenían las aguas retenidas en el embalse y no cabe sino aventurar algunas ideas sobre el comportamiento de la estructura.

Los caudales medios del Moyuela en el embalse de la Ermita del Pilar son bastante reducidos (11) (del orden de 130 l/s), pero es indudable que durante la vida útil de la obra tuvieron que presentarse situaciones de avenida -más o menos importantes- con una cierta frecuencia, dadas las características de la cuenca, de evidente carácter torrencial. Los efectos de estas situaciones se debieron de paliar con un sistema de tomas y desagües de una cierta capacidad, complementado en todo caso con un aliviadero de superficie, similar, quizá,

al que todavía se conserva en la presa de Almonacid (12). Sea como fuere, la realidad es que la presa de la Ermita estuvo en servicio durante varias décadas, ya que de otro modo no se podrían explicar los importantes volúmenes de depósitos que rellenan parcialmente el embalse (13) ni tampoco las concreciones calcáreas que cubren el paramento de aguas abajo, cuyo proceso de formación es relativamente lento. Es decir, la presa debió de funcionar correctamente durante un buen número de años.

Los problemas reales debieron de tener su origen en el aterramiento del embalse. Para paliar los efectos derivados de este proceso, los romanos recurrieron, con carácter general, a dos tipos de soluciones. En unas ocasiones dispusieron tomas (o desagües) a distintas cotas; es lo que se hizo, por ejemplo, en la presa de Proserpina (14) y quizá en la de Alcantarilla (15), a las que se accedía, desde coronación, por torres (bocines) ubicadas aguas abajo de las pantallas impermeables. En otros casos, recurrieron a torres situadas aguas arriba, en las que se podían abrir tomas a distintas cotas, aunque se complicaba, de manera evidente, la operatividad del sistema, con los medios entonces disponibles. No obstante esta solución fue la aplicada en Almonacid, con la torre adosada al muro (16), y también

(10) Estas cifras se han podido aproximar con cierta precisión a partir de datos topográficos tomados in situ, que han permitido fijar también unas superficies de 5,5 ha para el primer embalse y de 8 ha con el recrecimiento.

(11) La aportación media al embalse es de unos 4 hm³/año y pudo ser algo mayor en época romana. Véase Font Tullot, I. (1998): Historia del clima en España. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.

(12) Cf. Arenillas Parra, M. et al. (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba", op. cit., y Castillo Barranco, J.C. (2002): Tipología y materiales de las presas romanas en España, Tesis doctoral (inédita). Madrid, donde se comprueba que el aliviadero de Almonacid sólo tenía capacidad para desaguar, a embalse lleno, la avenida de 15 años de período de retorno, lo cual quiere decir que tuvo que verter por coronación en bastantes ocasiones. En la actualidad, con el embalse completamente aterrado y la toma -desagüe de fondo totalmente inutilizada lo sigue haciendo casi todos los años, a pesar de la regulación que introduce en el Aguasvivas el embalse de Moneva, situado aguas arriba de Almonacid.

(13) La primera colmatación de Almonacid (3 hm³) -en un río bastante más caudaloso, aunque de pendiente media algo menor debió de producirse en unos 50 años. (Cf. Hereza Domínguez, J.I.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1996): "Un ejemplo histórico: el aterramiento del embalse romano de Almonacid de la Cuba" V Jornadas Españolas de Presas. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Valencia). En nuestra opinión, debió de ser de este mismo orden el tiempo necesario para que se produjese el aterramiento del embalse de la Ermita.

(14) En esta obra la posición de la toma más alta venía además obligada por la cota del acueducto de Los Milagros, claramente más alta que la de la toma inferior. (Véase Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra Jaén, C.; Cortés Gimeno, R.; Arenillas Giraola, M. y Jiménez González, D. (1998): "El abastecimiento de agua romano a Augusta Emerita", Actas II Congreso Nacional de Historia de la Construcción. La Coruña).

(15) Aunque los restos de esta obra todavía no se han estudiado en detalle es fácil admitir la presencia de dos tomas a diferentes cotas, ya que de otro modo no tendrían sentido las dos torres que se observan entre las ruinas de la presa (Cf. Arenillas, L.; Arenillas, M.; Díaz-Guerra, C. y Macías, J.M. (1999): "El abastecimiento a Toledo en época romana", en Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo. Ed. Confederación Hidrográfica del Tago. Madrid)

(16) Cf. Arenillas Parra et al (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba" en VV.AA., op. cit.

en Cornalvo, con torre de toma exenta, dentro del embalse (17). En la Ermita del Pilar la importante altura alcanzada por los sedimentos (diez metros de los catorce de la presa en su primera fase) se podría quizá explicar, precisamente, por la existencia de una torre de toma similar a la de Almonacid que habría permitido el funcionamiento del sistema hasta un nivel importante de aterramiento (18). Lo cual sería coherente con el cierto paralelismo que muestran ambas estructuras, la proximidad de sus emplazamientos y las respectivas fechas de construcción, que no deben de estar muy separadas en el tiempo.

(17) Cf. Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Cortés Gimeno, R.; Díaz-Guerra Jaén, C. y Arenillas Girola, L. (2000): "El sistema hidráulico de Cornalvo en Mérida" Actas III Congreso de Historia de la Construcción. Sevilla y además Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Cortés Gimeno, R.; Díaz-Guerra Jaén, C. y Arenillas Girola, L. (2000): "La presa de Cornalvo en Mérida". I Congreso Nacional de Historia de las Presas. Mérida.

(18) No obstante, cabría también la posibilidad de que se dispusiese de una toma alta a más de diez metros sobre la inferior. De hecho en la presa de Proserpina hay 8,50 m de diferencia entre ambas tomas, aunque quedan todavía otros casi 15 m hasta coronación.

En cualquier caso, lo que sí parece claro es que la presa de la Ermita del Pilar se recreció como consecuencia del aterramiento del embalse: bien por la pérdida de capacidad que ello suponía, bien por quedar inutilizadas todas las tomas. De los restos que se conservan no cabe deducir que este incremento de altura (2,60 m como mínimo) estuviese acompañado de un refuerzo de la estructura. De ser así, con la nueva altura máxima (16,80 m) y el espesor inicial (6,90 m) tuvo que superarse la capacidad resistente del muro frente al empuje del agua (19), lo que necesariamente condujo a la ruina de la obra. Cabe también, como es obvio, otras posibilidades para explicar la rotura de la presa (en las que no tiene interés entrar en estos momentos), pero lo que sí parece deducirse de los pocos restos que todavía se conservan es que el accidente fue de consecuencias tan graves, que determinó el abandono definitivo de la obra. ♦

(19) En presas de gravedad y sección rectangular, con un peso específico medio de 2 t/m³ -normal para los materiales empleados por los romanos, la estabilidad al vuelco, como es bien sabido, se asegura con espesores superiores a la mitad de la altura.

Referencias:

- Alcaraz Calvo, A., Arenillas Parra, M. y Martín Morales, J. (1993): "La estructura y cimentación de la presa de Proserpina", *IV Jornadas españolas de Presas*. Murcia.
- Aranda Alonso, F., Carroles Santos, J. e Isabel Sánchez, J.L. (1997): *El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*. Diputación Provincial de Toledo. Toledo.
- Arenillas, L.; Arenillas, M.; Díaz-Guerra, C. y Macías, J.M. (1999): "El abastecimiento a Toledo en época romana", en *Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo*. Ed. Confederación Hidrográfica del Tajo. Madrid.
- Arenillas Parra, M., Martín Morales, J., y Alcaraz Calvo, A. (1992): "Nuevos datos sobre la presa de Proserpina", *Revista de Obras Públicas*, nº 3311 (junio). Madrid.
- Arenillas Parra, M. (1995): "Presas y azudes en la Baja Edad Media: antecedentes, problemas y soluciones", *XXII Semana de Estudios Medievales*. Estella.
- Arenillas Parra, M., Hereza Domínguez, J.I., Jaime Dillet, F., Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1995): "La presa romana de Almonacid de la Cuba y otros aprovechamientos antiguos en el río Aguasvivas", *Revista de obras públicas*, nº 3345 (julio-agosto). Madrid.
- Arenillas Parra, M., Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1996): "La presa romana de Almonacid de la Cuba" en VV.AA. *La presa de Almonacid de la Cuba. Del mundo romano a la Ilustración en la cuenca del río Aguasvivas*. Madrid.
- Castillo Barranco, J.C. y Arenillas Parra, M. (2000): "Las presas romanas en España. Propuesta de inventario", *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de las Presas*. Mérida.
- Castillo Barranco, J.C. (2002): *Tipología y materiales de las presas romanas en España*, Tesis Doctoral, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid (Inédita).
- Confederación Hidrográfica del Ebro (1992): *Inventario de Obras Hidráulicas Históricas de la cuenca del Ebro en Aragón*. Zaragoza.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (2000): *Estudio de la presa de la Ermita de la Virgen del Pilar (Monforte de Moyuela, Teruel)*, Zaragoza (Inédito).
- División Hidrográfica de Zaragoza (1882): *Itinerarios del río Ebro y de todos sus afluentes*. Zaragoza.
- Font Tullot, I. (1998): *Historia del clima en España*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- Hereza Domínguez, J.I.; Arenillas Parra, M., Díaz-Guerra Jaén, C. y Cortés Gimeno, R. (1996): "Un ejemplo histórico: el aterramiento del embalse romano de Almonacid de la Cuba", *V Jornadas Españolas de Presas*. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Valencia.
- Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra Jaén, C.; Cortés Gimeno, R.; Arenillas Girola, M. y Jiménez González, D. (1998): "El abastecimiento de agua romano a Augusta Emerita", *Actas II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. La Coruña.
- Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Cortés Gimeno, R.; Díaz-Guerra Jaén, C. y Arenillas Girola, L. (2000): "El sistema hidráulico de Cornalvo en Mérida" *Actas III Congreso de Historia de la Construcción*. Sevilla.
- Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Cortés Gimeno, R.; Díaz-Guerra Jaén, C. y Arenillas Girola, L. (2000): "La presa de Cornalvo en Mérida", *I Congreso Nacional de Historia de las Presas*. Mérida.
- Sesma Muñoz, J.A., Utrilla Utrilla, J.F. y Laliena Corbera, C. (2001): *Agua y paisaje social en el Aragón medieval. Los regadíos del río Aguasvivas en la edad media*. Zaragoza.