

La presa romana de La Alcantarilla en el abastecimiento de agua a Toledo

Miguel Arenillas Parra
Marisa Barahona Oviedo

La presa romana de La Alcantarilla (Mazarambroz, Toledo) se levanta sobre el río Guajaraz, afluente izquierdo del Tajo que nace en la vertiente norte de la sierra del Castañar, en los Montes de Toledo, y daba origen a un embalse —*castellum ad caput*—, cabecera de uno de los sistemas contruidos por los romanos para el suministro de agua a Toledo.

Identificada en el siglo XVIII como una parte del acueducto antiguo que llevaba agua a la ciudad (Ponz 1787, 1: cartas 3 y 5) y considerada ya como presa desde principios del XX (Conde de Cedillo [1905] 1959), hasta el momento sólo había sido caracterizada de forma muy general.¹

Con motivo de un estudio sobre el abastecimiento de agua romano a Toledo promovido por la Confederación Hidrográfica del Tajo y realizado durante los últimos tres años (C. H. del Tajo-Ingeniería 75, S.A. 2008), hemos tenido ocasión de reconocer en profundidad esta importante estructura, alcanzando un nivel de definición que permite describirla con mucho detalle. En la presente comunicación se recogen las características principales de la monumental obra y las conclusiones alcanzadas en el estudio, en relación con su temprana destrucción. No entramos aquí, sin embargo, en su relación con la red de abastecimiento de agua a Toledo, objeto de una profunda revisión durante la realización de los trabajos citados, a cuya publicación nos remitimos (Arenillas et al. 2009).

EL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA

El emplazamiento elegido por los romanos para levantar la presa y regular los caudales del río Guajaraz dista unos 22 kilómetros en línea recta de la ciudad de Toledo. En este tramo el río ha salido ya de su estricta cabecera y corre sobre el extenso glacis que enlaza la sierra con el Tajo, donde ha abierto, en los granitos paleozoicos, un valle muy amplio y de suaves laderas. Tales condiciones morfológicas, junto a la capacidad establecida para el vaso, determinaron las dimensiones de la presa —19 metros desde cimientos y más de 700 metros de longitud—,² con la que se consiguió un embalse de unos tres millones de metros cúbicos de capacidad,³ es decir, del mismo orden que la aportación media del Guajaraz hasta la presa.⁴

Ahora bien, la obra de La Alcantarilla se planteó como un trasvase entre el río Guajaraz y el sistema de la Rosa, construido previamente (Arenillas et al. 2009) y tenía por objeto incrementar, en cantidad apreciable, los caudales transportados por éste. De hecho, son muchas las condiciones de trazado impuestas a la conducción de La Alcantarilla y fueron éstas las que determinaron realmente el emplazamiento de la obra, aunque su posición exacta tuvo que estar condicionada por las características propias del entorno, más o menos amplio, seleccionado en una primera aproximación.



Figura 1
Sistemas de abastecimiento de agua a Toledo en época romana (Arenillas et al. 2009)

LA ESTRUCTURA DE LA PRESA

La presa de La Alcantarilla estaba formada por un gran caballón de tierras, protegido aguas arriba por una pantalla de fábrica, que se prolongaba a ambos lados del terraplén, rematando por sus dos extremos en unos muros de cierre —o acompañamiento— algo más esbeltos que la estructura principal.

En la actualidad la presa está parcialmente derruida, quedando en pie dos largos paños de la pantalla y parte del terraplén adosado a ellos. Estos paños corresponden a los dos estribos de la presa, con longitudes conservadas de 177 metros el izquierdo y 170 el derecho; entre ambos queda un gran vacío, que coincide con la parte central y más alta de la estructura. A los pies de esta boquera se amontonan, en disposición caótica —y casi todos hacia el embalse—, los bloques de la pantalla original, sienterrados por los materiales del terraplén, que se desplazaron parcialmente hacia aguas arriba durante el proceso de rotura. Queda también *in situ*, aunque quizá ligeramente movida de su posición original, una torre —la correspondiente a la toma del canal—, situada en margen derecha y elevada varios metros sobre el cauce. Esta estructura conserva parte de los tres muros que la formaban —el cuarto era la pantalla— y está rodeada, y en buena parte rellena, por los materiales del terraplén. No obstante, las prospecciones y reconocimientos realizados, con apoyo de cartografía a escala 1:500 y curvas de nivel cada medio metro, han permitido establecer con suficiente detalle las características estructurales de la presa construida por los romanos.

En origen, la pantalla estaba formada por un gran muro dispuesto según tres alineaciones rectas que, en conjunto, daban lugar a una figura convexa hacia aguas arriba, adaptada al relieve de la cerrada. De estos tres tramos, el izquierdo alcanzaba los 277 m de longitud, 88 m el central y 189 m el derecho.⁵ Como prolongación de los dos tramos laterales hay restos, además, de unos muros de acompañamiento, con desarrollos de 104 m en el estribo izquierdo y de 55 m en el derecho, resultando de este modo una longitud de 713 metros para el total de la estructura.

Las dos primeras alineaciones de la pantalla principal —izquierda y central— forman un ángulo de 170°, mientras que, entre la central y la derecha, el ángulo es de 145°, abiertos ambos hacia aguas abajo. Por su parte, los muros de acompañamiento debían de formar con la pantalla ángulos de 142° en el estribo izquierdo y de 158° en el derecho, en ambos casos hacia aguas arriba.

El terraplén de aguas abajo quedaba más o menos centrado respecto del muro principal, con unos 450 m de longitud, una anchura en coronación de entre 12 y 15 metros y un talud de tres a uno (3 en la horizontal por 1 en la vertical), según cabe deducir de los restos conservados.

La pantalla es un muro de fábrica de espesor variable, que alcanza los cuatro metros en la base —valor obtenido de los restos que se conservan en el sector central y más alto de la presa— para reducirse a unos tres metros en coronación, lo que se comprueba, con pequeñas diferencias, a lo largo de toda la parte superior de los tramos que se mantienen en pie. Esta variación del espesor no debe ser continua: en los restos correspondientes a la zona más profunda de la cerrada, los dos paramentos son sensiblemente paralelos entre sí, mientras que en los tramos conservados *in situ*, pero situados a mayor altura, el paramento de aguas arriba está ligeramente inclinado respecto de la vertical.

De acuerdo con esto se puede proponer —pues no hay datos suficientes para asegurarlo— que la zona inferior de la pantalla de La Alcantarilla se construyó como un muro vertical hasta una determinada altura, a partir de la cual el paramento de aguas arriba se inclinaba ligeramente, hasta determinar en coronación un espesor total de la pantalla de los tres metros antes indicados.⁶

Los trabajos de prospección han permitido también la localización de los restos de tres contrafuertes, dispuestos hacia aguas arriba, que se levantaron en la parte central y más alta de la estructura, para colaborar con la pantalla en su resistencia frente al empuje del terraplén. Corresponden a elementos perpendiculares al muro, contruidos solidariamente con el resto de la pantalla, según se observa en los fragmentos conservados. Sin embargo, los contrafuertes no cumplieron el objetivo para el que estaban previstos y se rompieron en el proceso que condujo a la ruina de la obra. Como consecuencia de ello, muchos de sus restos debieron quedar cubiertos por los materiales del terraplén que se vertieron hacia el embalse. No obstante, los tres elementos que hemos podido localizar se conservan unidos al muro principal y, por las características del proceso de rotura, no pueden estar muy alejados de su posición original, desde la que volcaron —girando levemente— hacia aguas arriba. Este hecho nos ha permitido fijar, con relativa precisión, su situación en la pantalla, comprobando que la distancia entre el contrafuerte central y el derecho duplica prácticamente la que hay entre el izquierdo y el central. Esta diferencia tan neta permite suponer la presencia de un cuarto contrafuerte entre los dos indicados en primer lugar, cuyos restos deben estar cubiertos bajo los materiales del terraplén. Estos cuatro contrafuertes cubrirían, en



Figura 2
Contrafuerte arruinado visto hacia aguas arriba (Arenillas et al. 2009)

la práctica, la parte central y más alta de nuestra presa, a distancias similares —entre 14 y 15 metros— a las que se encuentran los seis contrafuertes centrales de Proserpina.⁷

Los restos conservados de los contrafuertes no permiten establecer en detalle sus dimensiones, excepto la anchura —de dos metros aproximadamente—, que ha podido fijarse a partir de uno de ellos, el derecho.

Hemos podido localizar también la posición de la torre del desagüe de fondo, que se sitúa en la alineación izquierda de la presa, muy cerca —8,50 m desde su eje— del quiebro que ésta forma con la alineación central. Apuntada ya por algunos autores (Celestino 1976; Aranda, Carrolles e Isabel 1997), resultaba en todo caso necesaria para poder vaciar el agua del embalse por debajo de la toma del canal. Se localiza, prácticamente, en el punto más bajo de la cerrada, quizá en coincidencia con el cauce original.

De esta torre profunda se han podido identificar *in situ* los arranques, muy deteriorados, de dos de los tres muros que la formaban junto con la pantalla, adosados a la parte inferior de ésta. Se conserva también —volcado hacia aguas arriba y prácticamente enfrentado a los restos anteriores— un trozo de la zona alta de la propia pantalla, que corresponde asimismo a la torre, donde se mantienen los arranques de los indicados muros transversales, aunque en mejor estado que los anteriores.

A partir de todas estas trazas se han podido definir las dimensiones y disposición en planta de la torre



Figura 3
Fragmento superior de la pantalla con arranque de los muros de la torre del desagüe de fondo (Arenillas et al. 2009)



Figura 4
Torre de toma de la presa (Arenillas et al. 2009)

del desagüe de fondo, que son idénticas a las de la torre de toma. En ambos casos corresponden a estructuras adosadas a la pantalla dentro del terraplén, con dimensiones exteriores de 5,50 m según la presa y 6,00 m en sentido perpendicular a ella. Sus muros de cierre superan los 90 cm de espesor y, de ellos, los dos transversales se adosan simplemente contra la pantalla, sin que sus respectivas fábricas estén trabadas entre sí.

En la torre del desagüe de fondo el nivel de relleno observado debe de situarse en torno a unos dos metros sobre la cota de cimentación, quedando cubiertos, casi con seguridad, los eventuales restos de la conducción.

La torre de toma se adosa a la alineación central de la pantalla a algo menos de 50 m de su extremo oriental. También en este caso, el interior de la estructura está relleno por los depósitos del terraplén, que aquí alcanzan, lógicamente, mayor cota, pues la torre se emplaza a unos cincuenta metros a la derecha del río. En cualquier caso, estos materiales tienen que cubrir, asimismo, todos los elementos que constituyen la toma, por lo que no es posible definir las características de la primera parte de la conducción, soterrada bajo los restos del terraplén.

Las dos torres debían elevarse sobre el terraplén con altura suficiente para permitir el acceso desde éste. Sin embargo, en la torre de toma —reconstruida en la casi totalidad del alzado que observamos en la actualidad— no se conservan restos ni marcas sobre los muros que indiquen la presencia de una escalera de fábrica, lo que hace pensar en estructuras de madera —hoy desaparecidas— que facilitasen la comunicación desde el terraplén hasta la base de cada torre. En este sentido parecen señalar los dos apoyos que aparecen en el fragmento volcado de la torre del desagüe de fondo, al que antes nos hemos referido.

La presa de La Alcantarilla requería, sin duda, algún tipo de vertedero, capaz de evacuar eventuales avenidas o, en todo caso, los caudales que pudiesen presentarse en situación de embalse lleno y que no fuese posible canalizar a través de la toma y del desagüe de fondo.

La tipología de esta obra obliga también a inclinarse por aliviaderos laterales, que alejasen las aguas del terraplén. Además, en este caso, era necesario —teóricamente, al menos— algún vertedero y, en ese sentido, la topografía de la zona conduce hacia los muros de acompañamiento —o cierre— laterales.

El izquierdo, sin embargo, no es excesivamente adecuado para ello, pues el agua que lo sobrepasase podría acabar erosionando el extremo izquierdo del terraplén. Por el contrario, junto al muro de cierre del lado derecho hay un gran desmonte artificial, que permitiría la salida del agua en avenida hacia un barranco lateral, por el que los caudales sobrantes alcanzarían el Guajaraz suficientemente alejados de la presa. Bastaría para ello haber construido el muro de acompañamiento, en todo o en parte, de uno a dos metros más bajo que la coronación de la pantalla. No quedan sin embargo restos que permitan asegurarlo.

MATERIALES Y FÁBRICAS DE LA PRESA

El gran terraplén, que constituye el elemento resistente fundamental frente al empuje del agua, está formado por arenas limosas, producto de la alteración del granito de la zona. Se construyó, probablemente, por tongadas compactadas con pisón, que se irían elevando al tiempo que la pantalla. El resultado ha sido un macizo bastante sólido que, en las zonas donde no se vio afectado por la ruina de la obra, se ha conservado relativamente estable hasta la actualidad.

La pantalla es un largo muro de fábrica, constituido por un núcleo de calicanto u hormigón de cal (*opus caementicium* en la terminología usual, si bien en este caso fueron dos los hormigones empleados), contenido entre dos lienzos de fábricas distintas. El de aguas arriba fue en origen un revestimiento de sillaría granítica (*opus quadratum*), que cubría todo el paramento. En la actualidad, la mayor parte de estas piezas han desaparecido como consecuencia del expolio sistemático y continuado de este paño, en el que sólo quedan algunas hiladas de sillares a media altura, en el sector más próximo al río del estribo izquierdo. Las piezas que se conservan —de longitudes variables entre unos 70 cm y 1,20 m—, están dispuestas mayoritariamente a soga, en hiladas de unos 40 cm de altura,⁸ con algunos elementos colocados a tizón, que traban el revestimiento con el calicanto del núcleo. En las juntas, trazadas sin excesivo esmero, se observan bastantes ripios.⁹

El paramento de aguas abajo no es homogéneo en la actualidad, al menos en su zona superior, única que queda a la vista por encima del terraplén, estando formado por distintas fábricas, producto —algunas— de repetidas reparaciones. En la zona del estri-



Figura 5
Revestimiento de *opus quadratum* conservado en el estribo izquierdo (Arenillas et al. 2009)

bo izquierdo más alejada del río, este paramento se inicia con una fábrica poco cuidada de sillaría (*opus quadratum*), también con ripios e, incluso, con algunas hiladas de mampuestos, del mismo tipo que la observada en el tramo de pantalla volcado —del que ya hemos hecho mención— donde se conservan los arranques de los muros de la torre de desagüe de fondo. Esta fábrica, dadas sus similitudes con la descrita del paramento de aguas arriba, parece la original de la obra, aunque, las numerosas reparaciones sufridas¹⁰ y la altura del espaldón, que apenas deja visible algo más de un metro del paramento, impiden la lectura correcta de las fábricas conservadas.

En sección, el núcleo del muro-pantalla —quizá la fábrica más interesante, por lo que luego veremos— está constituido por tres lienzos verticales, todos ellos de calicanto, pero de características distintas. El paño interior —el núcleo propiamente dicho— está formado por un mortero (*materies*) rico en cal, que engloba cantos (*caementa*) angulosos de pequeño tamaño (unos 5 cm de dimensión máxima), mientras que en los otros dos lienzos el mortero es algo más arenoso —menor contenido en cal— y los cantos de mayor tamaño, con dimensiones máximas del orden de 12 cm en el de aguas arriba y de unos 18 cm en el de aguas abajo. Además, estos tres paños se fabricaron y pusieron en obra según procedimientos distintos.

El hormigón romano de carácter estructural se colocaba normalmente entre encofrados de madera, si bien, cuando alguno de los paramentos iba a quedar



Figura 6
Vista en sección del estribo izquierdo de la pantalla (Arenillas et al. 2009)

revestido por otra fábrica, se empleaba ésta como encofrado perdido —en terminología actual—, con objeto de lograr una mejor unión entre ambos elementos. Este procedimiento es el que se siguió en los lienzos exteriores de la pantalla de La Alcantarilla, utilizándose la madera solamente en los encofrados interiores, que se acodalaban entre sí, dejando en su interior el hueco que después ocuparía el hormigón impermeable del núcleo. La colocación del calicanto de los lienzos exteriores del núcleo se debió efectuar por tongadas alternadas de mortero —arena y cal— amasado con agua, por un lado, y cantos, por otro, lográndose la mezcla de ambos componentes por medio de pisones manuales.

Sin embargo, tal y como se comprueba en las zonas de la presa donde la rotura ha dejado al descubierto el núcleo de la pantalla, esta fase de «hormigonado» en La Alcantarilla estuvo precedida por la colocación de sendos paños, mampuestos con poco espesor —no más de veinte centímetros—, adosados a los encofrados y careados hacia la madera, que quedaron trabados al hormigón estructural, provocando —cuando se retiraron los encofrados— superficies de discontinuidad muy claras respecto del hormigón impermeable de la zona interior de la pantalla.¹¹ En cualquier caso, y según se aprecia en el paramento de aguas arriba de la presa, en las zonas donde han desaparecido los sillares, las indicadas tongadas —las de mortero básicamente— no se trata-

ron con excesivo cuidado, pues sus espesores varían entre 30 y 60 centímetros, de modo bastante aleatorio.

Cuando el hormigón de los paños exteriores del núcleo alcanzaba la resistencia necesaria, se retiraba el encofrado de madera del interior y, en este hueco, se vertía el calicanto del núcleo, mezclados previamente —es decir, amasados de forma conjunta— los tres componentes: mortero, cantos y agua.

Estas diferentes características de los materiales, así como las condiciones de fabricación y puesta en obra de los dos hormigones que forman parte de la pantalla, evidencian las distintas funciones de cada uno de ellos. El calicanto del núcleo interior tiene como misión conseguir la impermeabilidad de la pantalla, fundamental en todas las presas, y por eso es un material muy cuidado en su fabricación y colocación. Con los otros hormigones no se busca la impermeabilidad —aunque algo colaboran también en este sentido— sino la resistencia, pues se trata de hormigones estructurales que trabajan solidariamente con sus respectivos revestimientos.

A pesar de las señaladas —y evidentes— diferencias entre el hormigón impermeable y el estructural, para ambos suele emplearse sistemáticamente la misma denominación, *opus caementicium*. En nuestra opinión, sin embargo, debería mantenerse el término de *opus caementicium* para el hormigón estructural de época romana —el más utilizado entonces y, además, caracterizado por los *caementa* que se mezclaban con el mortero—, pasando a llamar *opus concretum*, al hormigón impermeable, pues en éste tiene más importancia el buen fraguado de la mezcla —derivado de una adecuada fabricación y una correcta puesta en obra— y no la simple presencia de cantos más o menos gruesos (Arenillas et al. 2009).

Las restantes fábricas de la presa son más sencillas. Los muros de la torre de toma que aún se conservan en pie son de mampostería recibida con mortero de cal (*opus incertum*), con sillares reutilizados en algunas zonas. Estas piezas reaprovechadas junto a la factura de la torre, muy distinta a la del resto de la presa, indican con seguridad que fue reconstruida, probablemente durante el periodo de vida útil de la obra, ya que, además, en sus paramentos interiores se observan las huellas de algunos refuerzos adosados en su día a estas fábricas y posteriormente desplazados hacia aguas arriba durante el proceso de rotura, donde en parte quedan cubiertos por los materiales

del terraplén. No obstante, no es posible precisar la cronología exacta de esa intervención.

En los contrafuertes, los restos conservados permiten comprobar que, al menos las dos caras perpendiculares a la pantalla, estaban revestidas de sillares de granito, que cubrían un núcleo de hormigón estructural (*opus caementicium*), también fabricado con áridos del mismo material.

Casi todas las fábricas descritas son de granito y, en relación con ello, cabe señalar que, en la ladera de margen izquierda del arroyo Guajaraz y aguas arriba de la presa, ocupando parte de lo que posteriormente sería el vaso del embalse, se ha identificado una amplia superficie de cantera de varias hectáreas de extensión, donde sin duda se obtuvo la mayor parte de los materiales empleados en la construcción de la obra.

La cimentación de la pantalla de la presa de La Alcantarilla se solucionó de un modo muy simple, apoyando directamente la estructura sobre el granito del sustrato rocoso, tal y como se observa a simple vista, desde aguas arriba, en los dos paños que quedan en pie. El granito de cimentación está bastante alterado, sin que, a pesar de ello, se observe ningún tipo de zanja para mejorar el asiento.

LA ROTURA DE LA PRESA

La presa de La Alcantarilla se abandonó como consecuencia de un grave accidente que determinó la ruina de la mayor parte del tercio central de la obra, sin que existan señales de ningún intento de reparación posterior al accidente. Por otra parte, los reducidos volúmenes de sedimentos retenidos por el embalse ponen de manifiesto que la ruina se produjo en un plazo relativamente corto desde la puesta en servicio del sistema. Es decir, la presa se rompió en época romana y, probablemente, a los pocos años —algunas décadas, en todo caso— de su construcción.

Las causas del accidente están claras, ya que la práctica totalidad de los bloques derruidos de la pantalla están volcados hacia el embalse y este vuelco, por tanto, estuvo determinado por el empuje de las tierras del espaldón y no por el agua que, en tal caso, habría producido el basculamiento del muro hacia aguas abajo. Los pocos restos que aparecen a lo largo del río, algunos bastante alejados de la presa, se habrán movilizado por el brusco efecto del vaciado del

embalse a raíz de la rotura —que es lo más razonable, siempre que hubiese agua almacenada con volumen suficiente— o, quizá, por las aguas de alguna gran avenida de las varias que, muy probablemente, se habrán originado en el Guajaraz desde la época romana.

Las presas de tierra con pantalla aguas arriba tienen encomendada, básicamente, la resistencia frente al empuje del agua, al caballón de tierras y la impermeabilidad del conjunto, a la pantalla. Los romanos construyeron en Hispania por lo menos tres grandes presas —de más de 15 m de altura en terminología actual— de este tipo: la que ahora nos ocupa y las de Cornalvo y Proserpina, en Mérida. En las tres la pantalla consiste en un muro de fábrica, muy esbelto en Proserpina y La Alcantarilla —en las que se repite, con algunas variantes, la misma tipología— y algo más sólido en Cornalvo. Igualmente, en las tres pantallas la impermeabilidad se consigue —o, por lo menos, pretende— con el núcleo de *opus concretum* al que nos hemos referido en el apartado anterior, situado en Cornalvo en el muro inmediato al terraplén (Arenillas, Barahona y Díaz-Guerra 2007) y en el centro de la pantalla en las otras dos (C. H. del Guadiana - Ingeniería 75, S.A.).

Ninguna de estas tres pantallas resiste por sí sola el empuje del agua a embalse lleno —o incluso con el nivel sensiblemente más bajo—, aunque la de Cornalvo está muy cerca de este límite; tampoco los romanos lo pretendieron, al haber dispuesto los respectivos terraplenes. Ahora bien, estos caballones introducen un nuevo factor desestabilizador de la estructura: el empuje de las tierras sobre la pantalla, que debe estar dimensionada para resistirlo. Este empuje es especialmente significativo a embalse vacío, es decir, cuando no actúa el efecto —resistente en este caso— del agua, que complementa el del muro. También se incrementa el valor de las cargas cuando el terraplén se satura de agua, con un máximo evidente para el caballón totalmente saturado.

Pues bien, la pantalla de la presa de La Alcantarilla es demasiado esbelta para resistir eficazmente el empuje de las tierras, incluso con la ayuda de los contrafuertes; éstos, además, estaban demasiado separados y sólo resultaban eficaces en las zonas inmediatas a cada uno de ellos. A efectos comparativos cabe señalar que la pantalla de Proserpina, con un metro más de espesor en la base, queda prácticamente en el límite de la estabilidad, mientras que la de Cornalvo —de distinta tipología— resiste perfectamente.¹²

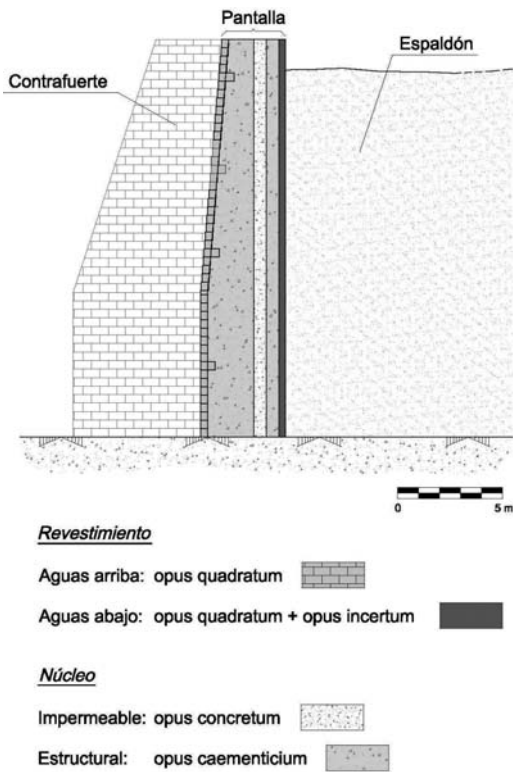


Figura 7
Presa de La Alcantarilla. Sección tipo. (Arenillas et al. 2009)

En la presa de La Alcantarilla hemos comprobado que las situaciones más desfavorables se presentan, como es lógico, para el terraplén con un cierto nivel de saturación, siempre que el agua en el embalse quede algo por debajo de esta cota, alcanzándose incluso la inestabilidad para embalse lleno y terraplén completamente saturado. Es decir, son muchas las situaciones de inestabilidad posibles, pero en todas ellas se requiere la saturación —parcial o total— del terraplén, lo cual es lógico, pues en caso contrario, es decir, si la pantalla fuese inestable a terraplén seco, la obra se habría arruinado durante la construcción, circunstancia que no se presentó por lo que luego diremos.

Ahora bien, dadas las características de los materiales del terraplén, no es fácil que éste pueda saturarse de modo significativo por lluvia directa. Por

ello la entrada de agua que condujo a la ruina de la obra tuvo que producirse por filtraciones desde el propio embalse a través de la pantalla. Pero tampoco en este caso son suficientes pequeñas pérdidas, sino filtraciones significativas que determinen una saturación del terraplén relativamente rápida. En definitiva se requiere más agua entrando desde el embalse que la que es capaz de eliminar el terraplén por drenaje natural. Esto exige que la pantalla esté claramente fisurada y, casi con seguridad —dada la envergadura de la zona arruinada—, en más de un sitio.

En este sentido, es de señalar que entre las ruinas de La Alcantarilla se conservan restos evidentes de varias reparaciones, que indican el mal funcionamiento de la estructura y, sobre todo, posibles desplazamientos o roturas de la pantalla en algunos puntos. Los dos grandes macizos de calicanto estructural¹³ (*opus caementicium*) que todavía se conservan a ambos lados de la torre de toma y que son claramente refuerzos posteriores a la construcción de la presa, son índices evidentes de alguna inestabilidad en esa zona. Ocurre lo mismo con el otro bloque, de este mismo tipo de fábrica, que aparece en la actualidad inmediatamente aguas arriba de la torre, desplazado, con seguridad, durante la rotura de la obra. Y son también el resultado de este mismo proceso los restos de otros elementos distribuidos a lo largo del cauce, aguas abajo de la presa. Entre ellos destaca una gran masa de calicanto, situada a casi noventa metros de la pantalla, a la derecha del Guajaraz, que por su posición tiene que corresponder a un importante refuerzo levantado en la zona central de la estructura.

La ruina de la obra impide determinar exactamente el objeto de estas reparaciones, pero lo que sí parece claro es que la presa —y, concretamente, la pantalla— tuvo que plantear problemas de inestabilidad graves, que obligaron a construir los numerosos refuerzos detectados en la obra. Dada la baja capacidad resistente de la pantalla, no parece exagerado suponer que estas inestabilidades se hubieran planteado con los primeros llenados del embalse, dando como resultado la formación de fisuras —o grietas francas— en las zonas más débiles de la estructura: el tramo central, más alto, o los quiebrós entre alineaciones, que determinan puntos de concentración de tensiones. Estos fallos, mal reparados —o imposibles de reparar eficazmente—, debieron de conducir, a la larga, a la formación de vías preferentes de circulación del agua entre el embalse y el terraplén. El pro-

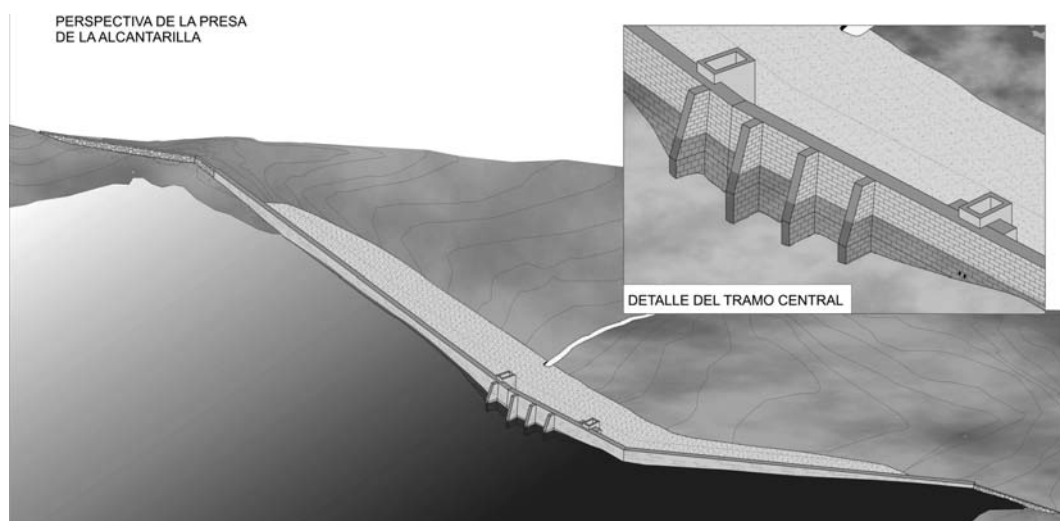


Figura 8
Reconstrucción ideal de la presa de La Alcantarilla (Arenillas et al. 2009)

ceso condujo —o se hizo patente en toda su gravedad— cuando se alcanzó una situación límite —de las muchas posibles—, que es la que determinó el colapso de la pantalla. El accidente, necesariamente muy rápido, produjo el vuelco del muro hacia el embalse y una brusca salida del agua retenida en él, con el consiguiente arrastre río abajo de algunos —pocos— de los bloques derruidos.

A partir de ese momento —y sin ninguna señal evidente de que la obra se haya intentado reconstruir— el río acabó abriendo un nuevo cauce a través de los escombros y la ruina se fue ampliando. En el estribo izquierdo hay, al menos, dos grandes paños de la pantalla, volcados también hacia el embalse, en los que hemos constatado que en sus paramentos de aguas arriba —en la actualidad apoyados sobre el terreno— no se conservan los sillares de granito que en origen los revestían; es decir, los paños volcaron después de haber sido expoliados de este recubrimiento.

En la parte caída del estribo derecho, la disposición de los bloques es mucho más caótica y parece estar en relación directa con el colapso de la obra. Lo avala el hecho de que la parte del muro que permanece en pie —la alineación derecha de la pantalla— se inicie precisamente en el punto donde se produce el quiebro con el tramo central, en coincidencia con

uno de los puntos más débiles de la estructura, donde es posible que se hubiese producido, antes del colapso, un fallo estructural importante.

En cualquier caso, y como ya hemos apuntado, la presa de La Alcantarilla se rompió relativamente pronto, pues es muy reducido el volumen de sedimentos recientes —en términos geológicos— que ocupan el antiguo embalse. En las zonas próximas a la presa no se observan materiales de este tipo y tan sólo en la cola del antiguo embalse quedan unos depósitos que podrían corresponder a arrastres retenidos por las aguas del vaso. Ocupan, sin embargo, una superficie relativamente reducida, de unas cinco hectáreas como máximo, sin alcanzar espesores mayores de un metro, lo que determina un volumen que no superará los 50.000 m³. Con datos actuales de relleno de embalses en zonas de climatología similar, estos escasos depósitos permiten estimar para la presa de La Alcantarilla un periodo de actividad de entre quince y cincuenta años.¹⁴ Estas cifras son coherentes con las que pueden obtenerse de la tasa de relleno que se ha podido deducir para el embalse de Proserpina (C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A.). En este caso —con unas características geológicas y climáticas similares a las de La Alcantarilla, aunque con una cuenca menor—, se conoce en detalle el volumen de materiales acumulados en el vaso desde épo-

ca romana. La tasa de depósito correspondiente, trasladada a la cuenca del Guajaraz, conduce a una cifra de unos treinta años para la duración de la actividad de nuestra presa, que resulta concordante con los dos valores extremos antes señalados.

En definitiva la presa de La Alcantarilla —y, en general, todo el sistema— es una obra muy bien planteada, resultado directo de una cuidadosa labor de planificación. Sin embargo, su construcción —o mejor, los criterios que guiaron el proyecto— ponen de manifiesto graves carencias, que condujeron a una estructura claramente inestable, necesitada pronto de diversas reparaciones y arruinada finalmente en un plazo también muy breve para una obra de su importancia y características.

NOTAS

1. Pese a ser bastante numerosas las publicaciones al respecto: Ortiz Dou 1948; Fernández Casado 1961, 1972, 1983; Celestino 1976; Sánchez Abal 1977; Aranda, Carroble e Isabel 1977; Arenillas Girola et al. 1999; Carroble e Isabel 2004.
2. Es decir, la quinta, por altura, de todas las presas romanas conservadas en el mundo (Schnitter 1994) y la mayor, por longitud, de las construidas en Hispania.
3. Cifra obtenida a partir de cartografía a escala 1:2.000 y calculada para una altura de agua igual a la de la coronación del terraplén.
4. Calculada con datos actuales, que no deben diferir mucho de los relativos a la época romana (Font Tullot 1988).
5. Casi todos los autores que se han ocupado de esta obra dibujan o señalan sólo dos alineaciones, lo que no es extraño, pues la diferencia angular entre la izquierda y la central es, según veremos, de pocos grados. Raúl Celestino (1976) ha sido el único que apreció la existencia de una tercera alineación.
6. Cabe señalar que esta es la disposición estructural de la pantalla de la presa de Proserpina, en Mérida (C. H. del Guadiana – Ingeniería 75, S.A. 1996), con la que La Alcantarilla tiene muchas similitudes, aunque también diferencias.
7. Raúl Celestino (1976) propuso en La Alcantarilla hasta once contrafuertes de este tipo, siguiendo sin duda el modelo de Proserpina, donde aparecen nueve, irregularmente distribuidos, excepto los seis centrales que mantienen entre sí distancias parecidas (C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A. 1996).
8. El espesor de estas piezas que sobresale del núcleo de *opus caementicum* se ha podido fijar en unos treinta centímetros, con lo que el valor total alcanzará, o incluso sobrepasará, los cuarenta.
9. En una estructura como ésta, con la que se busca no sólo la resistencia al empuje del agua o las tierras, sino también —y de modo especial— la impermeabilidad del conjunto, es lógico que los distintos elementos de las fábricas se reciban con mortero y se recurra a los ripios en las juntas para facilitar su colocación y ajuste, así como su colaboración en la mayor durabilidad de los correspondientes rejuntados.
10. Muchas de estas reparaciones observadas en el paramento de aguas abajo deben asociarse a las estructuras que se adosaron al muro de la presa en fechas muy posteriores a su abandono, entre los siglos XIV–XVI (Arenillas et al. 2009).
11. De hecho, en muchas de las zonas arruinadas se observa de modo evidente la neta separación entre ambos tipos de fábrica lo largo de las indicadas superficies de discontinuidad, lo que determinó la pérdida de monolitismo en el conjunto de la pantalla y pudo colaborar en la reducción de su capacidad resistente frente al empuje de las tierras del espaldón.
12. Para la estabilidad de la pantalla de Proserpina puede verse Castillo (2004) y algunos comentarios sobre el tema, referidos a la de Cornalvo, en Arenillas, Barahona y Díaz-Guerra (2007). En cuanto a la presa de La Alcantarilla, para los cálculos de estabilidad remitimos al estudio realizado (C. H. del Tajo - Ingeniería 75, S.A. 2008).
13. De baja calidad, en cualquier caso, pues se trata de un mortero arenoso que engloba cantos de mediano y gran tamaño.
14. Sobre el aterramiento de un embalse en época romana puede verse Hereza et al. (1996).

LISTA DE REFERENCIAS

- Aranda, F.; Carroble, J. e Isabel, J. L. 1997. *El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*. Toledo.
- Arenillas Girola, L.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra, C. y Macías, J.M. 1999. «El abastecimiento de agua a Toledo en época romana». En *Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo*. Madrid.
- Arenillas Parra., M.; Barahona, M. y Díaz-Guerra, C. 2007. «Apuntes documentales para la historia de la presa de Cornalvo». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 7–9 de junio*. Burgos.
- Arenillas Parra, M.; Barahona, M.; Gutiérrez, F. y Cauce, C. 2009. *El abastecimiento de agua a Toledo en época romana*. Madrid (en prensa).
- C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A. 1996. *Caracterización hidráulica, funcional y constructiva del sistema hidráulico de Proserpina, Mérida* (inédito).

- C.H. del Tajo-Ingeniería 75, S.A. 2008. *Estudio y documentación del abastecimiento de agua a Toledo en época romana* (inédito).
- Carrobes, J. e Isabel, J.L. 2004. «El sistema hidráulico de Toledo en época romana». En *Obras públicas en Castilla-La Mancha*. Toledo.
- Castillo, J.C. 2004. *Tipologías y materiales de las presas romanas en España*. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Celestino, R. 1976. «El pantano romano de la Alcantarilla en Mazarambroz». *Toletum*: 7.
- Fernández Casado, C. 1961. «Las presas romanas en España». *Revista de Obras Públicas*, junio.
- Fernández Casado, C. 1972. *Acueductos romanos en España*. Madrid.
- Fernández Casado, C. 1983. *Ingeniería hidráulica romana*. Madrid.
- Font Tullot, I. 1988. *Historia del clima en España*. Madrid.
- Hereza, J. I.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra, C. y Cortés, R. 1996. «Un ejemplo histórico: el aterramiento del embalse romano de Almonacid de la Cuba». *V Jornadas españolas de presas*. Valencia.
- López de Ayala – Álvarez de Toledo, J., Conde de Cedillo [1905] 1959. *Catálogo monumental de la provincia de Toledo*. Toledo.
- Ortiz Dou, A. 1948. *Aguas de Toledo*. Ministerio de Obras Públicas. Servicios hidráulicos del Tajo.
- Ponz, A. 1787. *Viage de España: o cartas, en que se da noticia de las cosas mas apreciables, y dignas de saberse que hay en ellas*. Madrid.
- Sánchez Abal, J.L. 1977. «Obra hidráulica romana en la provincia de Toledo (Pantano de Alcantarilla)». *Segovia y la arqueología romana. Symposium de arqueología romana*. Barcelona.
- Schnitter, N. J. 1994. *A History of Dams*. Rotterdam.

