

UTILIZACIÓN DE LAS PRESAS HISTÓRICAS DE MÉRIDA. ACTUACIONES DE CONSERVACIÓN¹

Juan B. Martín Morales
Director Adjunto, Jefe de Explotación
Fernando Aranda Gutiérrez
Jefe de Servicio de Explotación
José Luis Sánchez Carcaboso
Jefe de Sección de Explotación
Confederación Hidrográfica del Guadiana

1. INTRODUCCION

La ciudad de Mérida, antigua colonia romana Emérita Augusta fundada en el año 25 A.C, debió solucionar inicialmente sus necesidades de abastecimiento mediante el uso directo de las aguas del río Guadiana, quizás con el apoyo de alguna fuente, o de aljibes, los cuales permitiesen cubrir así las carencias de agua durante los períodos de estiaje del río.

Más tarde, conforme se desarrollaba el planteamiento urbano de la ciudad, se recurriría a la búsqueda de puntos de abastecimiento más alejados de la ciudad, de tal manera que Mérida llegó a contar con tres sistemas diferentes de abastecimiento de agua, de cuya infraestructura hidráulica se conservan numerosísimos restos, estando alguna de las conducciones aún en funcionamiento en la actualidad.

Tales sistemas de abastecimiento son los conocidos como:

- * Sistema hidráulico de **Cornalbo**.
- * Sistema hidráulico “**Rabo de Buey**”.
- * Sistema hidráulico de **Proserpina**.

Aunque todavía quedan muchas dudas al respecto, en especial en cuanto atañe al sistema de Cornalbo, parece que el orden cronológico de los sistemas es el que se ha indicado.

El **sistema hidráulico de Rabo de Buey** estaba basado en una red de conducciones subterráneas que captaban el agua del subálveo de una serie de arroyos situados al Norte de la ciudad y confluían en un único acueducto que salvaba el valle del río Albarregas a través del **punte-acueducto de San Lázaro**, llegando finalmente a la ciudad. Los orígenes de estas captaciones de agua se encontrarían en los veneros subterráneos de los arroyos de “Las Arquitas” (subsistema de “**Las Tomas**”), “Valhondo” (subsistema conocido como “**Ramal de Valhondo**”), y “Casa Herrera” (“**Conducción de Casa Herrera**”).

Los otros dos sistemas de abastecimiento de agua a la población estaban basados en la regulación de aguas superficiales mediante un gran elemento regulador (presa), a la cual se incorporaban tanto las aguas procedentes de su propia cuenca de aportación, como las procedentes de otros arroyos no vertientes al embalse, cuyas aportaciones eran derivadas al mismo mediante un canal de alimentación. A su vez, de la presa partían las conducciones

¹ Por su extensión no se incluyen en esta ponencia figuras y fotografías. Para su visión se remite al lector al archivo en Power Point que figura en el CD adjunto.

correspondientes hasta llegar a la ciudad de Mérida. Nos referimos precisamente a los **sistemas hidráulicos de Cornalbo y Proserpina**.

Tanto el sistema de abastecimiento de las **conducciones romanas** como el **Sistema Hidráulico de Proserpina** han sido estudiados con profundidad en fecha reciente, habiéndose elaborado **Estudios de Caracterización** de ambos sistemas hidráulicos, habiéndose así avanzado bastante en la profundización de su conocimiento.

Quedaría por realizar el **Estudio de Caracterización del Sistema Hidráulico de Cornalbo**, del cual ya se ha realizado una pequeña parte, pero son tantas las dudas e incógnitas que se plantean que se está pendiente de que pueda adjudicarse en breve plazo el Pliego de Bases correspondiente que posibilite la realización de los estudios pertinentes que finalmente permitan acometer un plan de rehabilitación integral, en forma similar a las actuaciones previstas para el Sistema Hidráulico de Proserpina, unas ya ejecutadas y otras con los proyectos redactados y tramitados pendientes de su contratación.

El **sistema hidráulico de Cornalbo** está formado, como ya se ha dicho, por un canal alimentador, la presa de Cornalbo y la conducción hacia la ciudad. La ubicación de la presa, tanto la de Cornalbo como la de Proserpina, tiene una cuenca vertiente propia limitada y reducida, lo cual no garantizaría el aporte de agua suficiente para atender a las necesidades de la población, y es por ello por lo que en ambos casos se recurre a la construcción de un canal alimentador que recoge el agua proveniente de las cuencas de otros arroyos y las deriva hacia el embalse.

Inmediatamente aguas abajo de la presa de Cornalbo se encuentra la **“conducción del Borbollón”**, la cual captaba las aguas provenientes de la fuente del Borbollón así como las filtraciones de la cuenca del arroyo, y a unos 300 metros aguas abajo de la presa se incorpora a la **conducción de Cornalbo**. A este respecto existen serias dudas si la conducción de Cornalbo no era originalmente similar a la conducción del Borbollón, captando las aguas de manantiales o del subálveo, y posteriormente se aprovechó para conducir las aguas de la presa, que en este caso sería de posterior construcción a la conducción.

Si a las dudas así planteadas se le añaden las serias y fundadas dudas existentes sobre la profunda transformación que ha debido sufrir la presa en las rehabilitaciones a que ha debido ser sometida a lo largo de su vida, y se ponen de manifiesto los problemas de explotación que presenta la presa y su embalse, queda claramente justificada la necesidad de profundizar en su conocimiento.

Finalmente, el último sistema de abastecimiento a la ciudad de Mérida estaba formado por el **sistema hidráulico de Proserpina**, el cual está formado por un canal alimentador que deriva las aguas de otros arroyos colaterales (principalmente el Arroyo de Las Adelfas), la propia presa de Proserpina y la conducción hacia la ciudad, la cual acaba atravesando el valle del Albarregas por medio del impresionante **punte-acueducto de Los Milagros**.

Este sistema hidráulico ha sido estudiado en profundidad en los últimos años, habiéndose avanzado bastante en su comprensión, aunque bien es verdad que aún se desconoce mucho de la misma. Y esta profundización en su conocimiento ha sido verdaderamente muy útil de cara a la rehabilitación de la presa, así como seguirá siéndolo a efectos de su explotación, y para la realización de las operaciones de mantenimiento y conservación totalmente necesarias e indispensables.

Tanto la presa de Proserpina como la de Cornalbo se encuentran en la actualidad en funcionamiento y servicio, mientras que el sistema de las conducciones subterráneas, que ha estado en servicio hasta hace unas pocas décadas, en la actualidad se encuentra abandonado y sin utilidad, aunque sus conducciones siguen transportando el agua de sus diversas captaciones, a las cuales finalmente no se les da uso y se desaprovechan.

La **presa de Cornalbo**, además de su importancia como monumento histórico-artístico, se utiliza para abastecimiento de la Mancomunidad de Cornalbo, formado por las localidades de Trujillanos, Mirandilla, Aljucén, El Carrascalejo y San Pedro de Mérida, además de para regar

unas pequeñas superficies. Y además es el centro del Parque Natural de Cornalbo, con todas las implicaciones medioambientales que ello supone.

Del canal alimentador primitivo se conserva la traza prácticamente en su totalidad y los restos de algunas obras de fábrica singulares. Con la rehabilitación de la presa de Cornalbo en 1.940 se acometió la construcción de un nuevo canal alimentador situado a una cota inferior al primitivo y que es el que en la actualidad está en servicio. Su origen se encuentra en el Arroyo de Las Muelas, sobre el que se construyó una presa de derivación, y capta en su recorrido las aguas de los Arroyos Coto Ríos y del Caballo. De la conducción romana desde la Presa de Cornalbo a Mérida solo se conservan algunos restos al inicio de su recorrido y en las proximidades de la ciudad, el resto ha desaparecido desgraciadamente.

La **presa de Proserpina** se encuentra igualmente en funcionamiento, para uso principal de esparcimiento, así como para atender al riego de pequeñas superficies aguas abajo de la presa. Su canal alimentador se encuentra también en servicio y funcionamiento, ya que en este caso la rehabilitación del canal alimentador se hizo sobre la traza del primitivo canal romano sobre el que se sustenta. De la conducción a la ciudad, actualmente arruinada, se conservan numerosos restos, algunos tan impresionantes como el puente-acueducto de Los Milagros o el túnel excavado en roca en las inmediaciones de Sierra Carija.

Y si ambas presas y sus canales de alimentación se encuentran en funcionamiento en la actualidad, sin duda alguna, en muy buena parte se debe a las labores de mantenimiento y conservación que se han realizado, y se siguen realizando, sobre dichas infraestructuras.

Labores de mantenimiento y conservación de las que podrían diferenciarse aquellas ordinarias, o rutinarias de alguna forma, tendentes a mantener el servicio diario y continuado, de aquellas otras extraordinarias que han supuesto importantes actuaciones de rehabilitación, ya sea como consecuencia de averías o ante la necesidad de atender a algún nuevo uso que requiriese ciertas adaptaciones.

La realización de las labores de conservación, totalmente imprescindibles y necesarias, en muchas ocasiones no son fáciles de llevar a efecto, surgiendo infinidad de obstáculos y problemas que hay que ir superando. Evidentemente, para que pueda realizarse una labor adecuada de mantenimiento y conservación resulta totalmente preciso e indispensable disponer de los medios adecuados, tanto de personal como de equipos, así como contar con las dotaciones presupuestarias que posibiliten su ejecución.

Ahora bien, las presa históricas, por llamarlas de alguna manera, como las de Proserpina y Cornalbo, plantean una problemática muy especial y singular de cara a su mantenimiento y conservación, que las diferencia de alguna manera de las actuaciones habituales que se realizan en las presas actuales. No puede obviarse que se trata de obras únicas y totalmente singulares, y que son monumentos histórico-artísticos, por lo cual cualquier actuación que se plantee en las mismas se encuentra sujeta a una serie de condicionantes adicionales, que sin lugar a dudas dificultan y restringen muchísimo el tipo de actuación a realizar.

A nivel de ejemplo de actuaciones de conservación y rehabilitación de presas históricas, a continuación **se expone el caso de la presa de Proserpina**, exponiendo un breve resumen de las actuaciones realizadas de las cuales se tiene constancia, y fundamentalmente de las actuaciones de rehabilitación emprendidas en la pasada década.

2. ACTUACIONES CONOCIDAS ANTERIORES AL SIGLO XX

No podemos hablar de las actuaciones de conservación en Proserpina sin reconocer que en esto, como en casi todo, la sociedad solo conserva y mantiene aquello que le es útil en cada momento. En el caso de la Presa de Proserpina, desconocemos las tareas de conservación que en

ella realizarían sus constructores romanos, pero gracias a las tareas de vaciado del embalse de las que mas adelante hablaremos, pudimos hallar ciertos elementos que tienen su justificación mas evidente como propios de unas elementales tareas de mantenimiento de los conductos de desagüe primitivos del embalse.

Perdemos todo rastro histórico de la obra hasta el siglo XVI en el que existe constancia de la construcción en 1577 de una nueva toma en el bocín más profundo (la que está situada a la cota 232,02), probablemente por haber quedado inutilizada por aterramiento la primitiva toma romana. Posteriormente, en 1617 se realizó una gran reparación del paramento de la presa, a la que hace referencia D. Bernabé Moreno de Vargas en su libro “Historia de la Ciudad de Mérida” (1633). Esta reparación fue efectuada por el Ayuntamiento de la ciudad bajo las órdenes de D. Felipe de Albornoz, caballero de la Orden de Santiago. Ya en esas fechas el embalse se usaba para el abastecimiento a diversos molinos de trigo que debían existir en sus proximidades.

No fue por supuesto la última vez que se reparó la obra. En el mismo Siglo XVII, concretamente en 1698 se procedió a otra gran reparación, al menos del bocín de la Margen Derecha y su conducción de salida. De esta reparación ha quedado constancia en la placa existente en la torre-respiradero construida en la conducción de desagüe romana primitiva. También existen documentos relativos a reparaciones efectuadas en 1791, con ocasión de la construcción del lavadero de lanas, y en 1803 y 1874, aunque ya de menor importancia.

Por lo tanto podemos afirmar que, perdida en los estertores del Imperio Romano su utilidad como fuente de abastecimiento a Mérida, existe constancia de que la Presa mantuvo su utilidad, y por lo tanto fue conservada y reparada, al menos durante los Siglos XVI al XIX.

3. ACTUACIONES DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DEL ESTADO

No obstante lo anterior, a principios de este siglo, la ruina de la obra era bastante acusada, existiendo constancia de la existencia de un enorme boquete en su estribo izquierdo, daños importantes en el paramento en la zona de ambos bocines así como en la coronación entre los dos primeros contrafuertes de la margen izquierda. Por el contrario, el estado de la zona central y de la margen derecha era relativamente bueno. En este estado, la presa se puede suponer que hacía tiempo que había dejado de prestar servicio, salvo para el mero abrevadero de ganado de las fincas colindantes.

3.1. Actuaciones de 1930 a 1940

Proyectos de Rehabilitación de la Presa anteriores a la Guerra Civil

El primer intento de acometer la Rehabilitación de la Presa de Proserpina parte del Plan General de Obras Públicas de 1902 con la finalidad de servir para el riego de una pequeña vega situada aguas abajo. A estos efectos, D. Pascual de Luxán y Zabay, ingeniero de la División Hidráulica del Guadiana, redacta en 1910 un “**Proyecto de Reparación del Pantano de Proserpina**”. Este Proyecto no se llevó a cabo, al igual que los redactados en 1933 por D. José de Castro y 1936 por D. Raúl Celestino. Todos ellos se referían básicamente a la reparación del paramento de la Presa y de los bocines y a la dotación de nuevos elementos de desagüe (es interesante la diversidad de ubicaciones que se ofrecen para el aliviadero de superficie), así como otras obras menores tales como desvío del camino, casilla de guardería, etc.

Rehabilitación de 1941 - 42

El conjunto de Proyectos de D. Raúl Celestino para la reparación de la Presa de Proserpina, del canal alimentador y de la casa de administración guardería y almacén, se redactan en la primavera de 1936 y, por razones evidentes, no pueden ser llevados a la práctica hasta que en octubre de 1940, la Dirección General de Obras Hidráulicas autoriza su ejecución por Administración que es llevada a cabo finalmente entre 1941 y 1942 por D. Guillermo Carrillo Vargas, siguiendo en general (aunque no en la ubicación del aliviadero de superficie que, finalmente, se ubica en la actual “sangradera”) el Proyecto de Raúl Celestino de 1936.

La obra finalmente ejecutada contempló el rejuntado de sillares y sillarejos de la pantalla de fábrica, limitó las reconstrucciones al mero relleno de los socavones y la restauración de los boquetes abiertos en coronación, cubriéndose la cara de aguas abajo del pretil con mampostería ordinaria en las zonas de actuación. Se reparan las paredes interiores de los bocines y sus escaleras, a las que se las dota de barandilla. Se elimina un tapial que cerraba la parte superior de uno de los bocines y se sustituye por la reja de pletinas y redondos que tiene en la actualidad.

Campaña de Inyecciones de 1944

Para completar la rehabilitación de la Presa, era necesario suprimir las abundantes filtraciones existentes a través del paramento. Para ello se realizó por parte de la Jefatura de Cimentaciones y Corrección de Terrenos una campaña de inyecciones en los 300 m. comprendidos entre el estribo derecho de la Presa y el bocín de la margen izquierda.

Los taladros se realizaron desde el paramento de aguas arriba, sensiblemente horizontales, aproximadamente a 9 m. de la coronación y con longitudes variables entre 1,10 y 3,85 m. La inyección se realizó obturando en boca de taladro, con dosificaciones variables entre 20 Kg. de cemento cada 100 l. de agua y 200 kg. de cemento cada 100 l. de agua.

Las presiones de inyección oscilaron entre los 2 y 6,5 Kg/cm². Pese a no contar con datos de todas las inyecciones realizadas, sabemos que la admisión media fue de unos 1.850 kg/ml. de taladro, lo que representa un volumen de huecos inyectados de algo más de 1 m³/ ml. de taladro. La lechada de inyección se desplazó en torno a 10 m. en horizontal a cada lado del eje del taladro, con frecuentes afluencias de la misma entre el rejuntado de los sillares.

3.2. Inyecciones de 1970

En 1970 y a petición de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, el Servicio Geológico de Obras Públicas procedió a inyectar con lechada de cemento la zona que quedó sin tratar en la campaña anterior y en la que habían aparecido numerosas filtraciones. Es decir, la zona comprendida entre el Bocín de la Margen Izquierda y el estribo izquierdo de la Presa, incluyendo el propio Bocín, además del muro del aliviadero lateral o “sangradera”. En este caso se trató especialmente el contacto muro-espaldón, con taladros realizados desde este último con una ligera inclinación hasta alcanzar el contacto. Además se ejecutaron taladros desde coronación para tratar aquellas zonas donde las filtraciones eran más importantes. De forma análoga se procedió en el muro del aliviadero lateral. Se efectuaron un total de 76 taladros, con una longitud total de 261 m. y 111Tn. de cemento, lo que supone una admisión media de mas de 400 Kg. de cemento por m. de perforación, cantidad bastante elevada pero muy inferior a la de las inyecciones anteriores. El volumen de huecos inyectados se situó en torno a los 75 m³. Las presiones de inyección oscilaron entre los 3 y 5 Kg/cm².

En su informe final el SGOP, afirma haber eliminado tanto las filtraciones en el interior del Bocín como las que afloraban en el espaldón de tierras. Además las filtraciones del muro del aliviadero quedaron prácticamente anuladas.

3.3. Actuaciones realizadas a partir de 1990 hasta el llenado del embalse en Diciembre/95 a Febrero/96

Eutrofización de las aguas en Junio de 1990

En los últimos días de junio de 1990 y después de unos días de temperaturas muy elevadas, se produce de forma espontánea y masiva un afloramiento de algas producidas por un fenómeno de eutrofización de las aguas del embalse y que provocan una fuerte mortandad de peces y el consiguiente problema de malos olores, alarma social, ...

En los días siguientes se producen diversas reuniones entre representantes de todas las instituciones y administraciones con competencias en la materia: CHG, Junta de Extremadura (Consejerías de Obras Públicas, Medio Ambiente, y Sanidad) y Ayuntamiento de Mérida, tomándose la decisión de proceder a una extracción urgente y masiva de la fauna piscícola del embalse con el fin de evitar que la muerte de los peces retroalimentara el proceso de eutrofización de las aguas. Terminado este despesque a principios de Agosto, se tomó la decisión (pese a que la calidad del agua había vuelto a una sensible normalidad) de vaciar el embalse por completo y limpiar los fangos depositados en el fondo, los cuales se presumía eran la causa principal del deterioro de las aguas.

Vaciado del Embalse

Desde el primer momento, la CHG tomó conciencia de que el vaciado de la Presa iba a ser una ocasión única para el estudio y rehabilitación total de la Presa de Proserpina, dotándola a la vez de los elementos de seguridad necesarios para una explotación normal de la presa y embalse. Por todo ello, ya en julio de 1990 se elevó a la DGOH del MOPT un primer informe solicitando la ejecución de trabajos urgentes por administración en la Presa de Proserpina, valorándolos ese primer informe en algo menos de 150 millones de pesetas.

Este primer informe ya advertía que el presupuesto correspondía a una estimación que podría sufrir importantes variaciones dada la singularidad de la Presa y las numerosas incógnitas planteadas sobre lo que podría aparecer al proceder al vaciado de la Presa.

El vaciado, asumido por la Confederación Hidrográfica del Guadiana pese a que este Organismo propuso estudiar alternativas de regeneración de las aguas que no implicasen dicho vaciado, fue preciso realizarlo mediante bombeo del agua del embalse, en aquel momento unos 3,5 Hm³, ya que la Presa no contaba con ninguna toma habilitada para ese fin. Esta tarea inevitablemente complicada y costosa, e intencionadamente lenta teniendo en cuenta que un desembalse rápido podría ser muy perjudicial para la estabilidad de la presa dadas sus características constructivas, se desarrolló entre agosto de 1990 y diciembre de 1991 con breves interrupciones por averías, traslados de bombas al disminuir la cota de agua embalsada, etc.

Primeros intentos de rehabilitación del desagüe profundo del bocín de margen derecha

Paralelamente a las labores de vaciado del embalse mediante bombeo, se intentó la puesta en funcionamiento del posible desagüe de fondo que debía existir en el bocín de la margen derecha (el más profundo). Este bocín, pese a las campañas de inyecciones realizadas hasta entonces, tradicionalmente había estado inundado en una altura aproximada de 4 m. permaneciendo ese nivel relativamente constante con independencia de la cota del embalse. A mediados de los años 80 se procedió a su limpieza por parte del personal de explotación de la CHG, por lo que se conocía el arranque de la galería de desagüe profundo y que la misma estaba totalmente obstruida por fangos. No obstante, en 1991 y aprovechando las tareas de vaciado que por entonces se venían desarrollando, se procedió a la limpieza de la galería de conexión con el

Lavadero de la Concepción, con la intención de que el agua pudiera salir por sifón a través de esta galería. Dado el poco éxito de esta operación, se intentó acceder a la base de la torre-respiradero de 1698 para comprobar si la obturación de la galería era puntual o, por el contrario, ésta era completa a lo largo de toda la longitud de la misma. Comprobada la veracidad de esta última hipótesis y, dado que la finalidad de todas estas operaciones era intentar que parte del vaciado de la presa pudiera hacerse por gravedad y no mediante bombeo, al comprobarse la imposibilidad de utilizar (al menos a corto plazo) las galerías existentes para esta operación, se decidió abandonar esta línea de investigación que, como se verá mas adelante, fue posteriormente retomada y finalizada felizmente.

Lo que sí se pudo realizar fue el drenaje del pie de presa, zona que debido a las filtraciones del embalse se encontraba permanentemente encharcada, para lo cual se realizaron sendas conducciones, por una parte entre la salida de la galería de conexión de la torre-respiradero con el Lavadero de la Concepción y un drenaje preexistente en las instalaciones de dicho lavadero, y por otra entre la zona encharcada donde presumiblemente debía situarse la salida de la galería profunda romana y el cauce del Arroyo de Las Pardillas.

Ejecución del desagüe de medio fondo y rehabilitación de la toma del Bocín de la margen izquierda

La primera actuación que se consideró urgente realizar, al margen del vaciado del embalse, fue dotar a la Presa de los órganos de desagüe de que carecía, al menos para caudales y condiciones de operatividad adecuadas. Así, por una parte se procedió a la sustitución de tuberías y válvulas existentes en el Bocín de la margen izquierda, instalando nuevas tuberías y válvulas compuertas en acero inoxidable, y por otra se decidió la construcción de un desagüe de medio fondo. Este órgano de desagüe debería realizar las funciones que realizan este tipo de elementos en cualquier presa, es decir: permitir una cierta regulación de caudales, ayudar al aliviadero de superficie existente en la laminación de avenidas y facilitar la renovación de las aguas más profundas, generalmente de peor calidad.

En noviembre de 1990, el vaciado había permitido alcanzar la cota 237, aproximadamente un metro superior al nivel de fangos, y dado lo avanzado del año y la posibilidad de que se produjeran aportaciones en el embalse que impidieran bajar más el nivel del mismo, se decidió acometer la construcción de dicho desagüe de medio fondo a partir de esa cota, que por otra parte permite la renovación de unos 3,5 Hm³.

Los trabajos consistieron en la excavación por debajo del muro del aliviadero de superficie de la margen izquierda de una zanja para la instalación de una tubería de 600 mm. de diámetro y, ya aguas debajo de dicho muro, la construcción de una caseta para alojamiento del sistema de valvulería de control de dicha conducción. La excavación hubo de realizarse mediante voladuras casi en su totalidad, dado el substrato granítico del lecho del embalse, lo que dificultó sobremanera los trabajos. No obstante, a finales de febrero de 1991, el tramo de la conducción situado en el interior del embalse estaba finalizado, por lo que el riesgo de que una crecida pusiera en peligro tanto la propia obra como la estructura del muro del aliviadero lateral de la margen izquierda quedaba soslayado. Los trabajos continuaron durante toda la primavera de 1991, finalizándose a mediados del verano. El coste total de la actuación fue de 41 millones de pesetas.

Limpieza de fangos

En septiembre de 1991 se comienza la limpieza de fangos del embalse, tarea acometida por el Parque de Maquinaria del entonces MOPU y que se extendió hasta septiembre de 1992. De la magnitud de la tarea acometida baste señalar que el volumen total de fangos extraídos se aproximó al MILLON DE M³ y que fue necesario habilitar una superficie de 60 Has para su

extendido. La altura de fangos en el interior del embalse alcanzaba en su punto máximo unos 7 m. El coste total de la extracción fue de 400 millones de pesetas.

La realización de estas tareas fue posible, no obstante, debido a un excepcional periodo de sequía que se prolongó hasta el otoño de 1995. No obstante, los fangos en sí mismos contenían inicialmente una gran cantidad de agua, por lo que el proceso de extracción hubo de realizarse de forma escalonada. Para facilitar el secado de los fangos, fue necesario construir una zanja perimetral a los mismos por la que drenaba el agua hacia una fosa donde unas bombas sumergibles la evacuaban hacia el desagüe de medio fondo ya construido. Los rendimientos medios obtenidos fueron de 6.000 m³/día, con puntas en la época más favorable de 10.000 m³/día.

La extracción de los fangos sacó a la luz además, una parte de la Presa de Proserpina hasta entonces desconocida, es decir la correspondiente a los primeros siete metros de la fábrica, que para sorpresa de todos presentaba una estructura y tipología totalmente diferentes a lo conocido hasta entonces. También permitió el descubrimiento de las tomas profundas romanas y de algunos posibles elementos de obturación de dichas tomas. El estudio detallado de todos estos elementos, que se produjo a continuación, proporcionó algunos datos sobre la posible fecha de construcción de la Presa y añadió algunas incógnitas sobre las diferentes tipologías de fábricas existentes. No obstante, entendemos que existen en el día de la fecha numerosísimos informes, estudios, publicaciones, etc. sobre todos estos elementos, por lo que no nos extenderemos más sobre los mismos.

Por otra parte, hay que apuntar un posible efecto negativo de la retirada de los fangos, cual ha sido la eliminación de un elemento protector de cara a la estabilidad de la presa y al paso de filtraciones de agua del embalse a través del contacto presa-terreno.

Convenios de colaboración y coordinación entre Administraciones

Finalizada la extracción de fangos, se pudo apreciar en toda su magnitud la necesidad de proceder a un estudio integral de lo que se empezó a denominar el “**Complejo Hidráulico de Proserpina**” y que permitiera por una parte el conocimiento profundo del estado estructural de la Presa (tanto la fábrica, como su cimentación, el terraplén de acompañamiento o las torres de toma) y por otra elaborar los Proyectos necesarios para proceder a la rehabilitación tanto de la Presa y sus elementos accesorios, como del canal alimentador, los accesos, el entorno medioambiental y los cauces aguas abajo.

Además, para que este ambicioso programa de actuaciones pudiera llegar a buen fin, se consideró imprescindible implicar a todas las Administraciones e Instituciones con algún tipo de interés o competencias en la Presa y su entorno. La importancia de esta actuación se vio incrementada más aún si cabe, al ser declarado el Conjunto Arqueológico de Mérida (Presa de Proserpina incluida) como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en diciembre de 1993.

Con tal motivo, se firmaron numerosos convenios de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Guadiana y los diversos Organismos e Instituciones con competencias o intereses en la materia. Se enumeran a continuación los más significativos:

- * Entre la D.G.O.H. y el CEDEX (marzo de 1991) para el análisis de las condiciones de eutrofia del embalse de Proserpina y de las posibles medidas para su control.
- * Entre la CHG y el Ayuntamiento de Mérida (septiembre de 1991), para la definición y realización de un Plan Director que recogiera las actuaciones a desarrollar por ambas entidades con el fin de asegurar las mejores condiciones para el uso y disfrute de la Presa y su embalse.
- * Entre la D.G.O.H. y el CEDEX (abril de 1992) para el estudio de los sedimentos del vaso de la Presa de Proserpina.

- * Entre la CHG y la Consejería de Cultura y Patrimonio de la Junta de Extremadura (noviembre de 1994), para la coordinación de actuaciones entre ambas Administraciones encaminadas a la conservación, mantenimiento y mejoras a realizar en la Presa de Proserpina y su entorno.

Además de estos convenios, se establecieron los oportunos acuerdos con el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas (CEHOPU), y la Dirección General de Bellas Artes y Patrimonio del Ministerio de Cultura, para que con cargo al Acuerdo de colaboración firmado en noviembre de 1994 entre los entonces Ministerios de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y de Cultura para la actuación conjunta en el Patrimonio Histórico Español, se financiaran algunas de las obras de rehabilitación de la Presa de Proserpina.

Primeros Sondeos y pruebas de inyecciones

Al amparo de estos acuerdos, el CEHOPU contrató en Mayo de 1991 a la empresa INGENIERÍA 75, un “Estudio de Actuaciones para la Rehabilitación de la Presa Romana de Proserpina”. Este estudio, tenía como finalidad analizar los problemas que presentaban tanto la presa como el embalse con objeto de establecer las actuaciones necesarias tanto para su rehabilitación como para la recuperación del entorno.

A los efectos relativos a la presente ponencia, la importancia de este estudio radica básicamente en que en su desarrollo se prevé efectuar una campaña de sondeos tanto horizontales, como verticales e inclinados que permitieran obtener un perfecto conocimiento estructural y de los materiales existentes. Se hicieron, por la empresa TERRATEST-CIMYSON, un total de 13 sondeos entre diciembre de 1991 y enero de 1992, de los cuales 9 se realizaron en el cuerpo de presa y 4 en el terraplén de acompañamiento, y que permitieron detectar la mala calidad de los materiales que componían algunas zonas de la fábrica de la Presa, así como sacaron a la luz la existencia de contrafuertes también en el lado de aguas abajo de la Presa, catas posteriores fijaron el número de estos en 16 aunque podrían ser 18 (la roza no llegó hasta los paramentos exteriores de ambos bocines por precaución), ubicados en la zona comprendida entre ambos bocines.

No obstante, lo más significativo de estos sondeos fue constatar la muy deficiente calidad de la roca de cimentación, compuesta por un granito muy alterado (jabre), al menos en la parte central y de mayor altura de la Presa, con unas potencias que en algunos casos superaba los 20 m. Además de descubrir que, en el trasdós de la fábrica, en la zona más próxima al bocín profundo, el terraplén estaba compuesto por limos con alto contenido de materia orgánica y de características parecidas a los encontrados en el embalse.

Como consecuencia de los datos obtenidos en estos sondeos, se realizaron también unas pruebas de inyección para poder establecer las condiciones de una futura campaña de consolidación de la estructura y el cimientado. Estas pruebas, realizadas también por la empresa TERRATEST-CIMYSON en julio de 1992, dieron como resultado que el problema fundamental, en lo que a la impermeabilidad se refiere, se encontraba en el contacto fábrica-granito de cimentación y que el granito alterado (jabre) era difícilmente inyectable por debajo del contacto, por lo que se proponía la inyección del cuerpo de presa con lechada de cemento con una malla de taladros entre 2,5 y 5 m. de separación y que, caso de ser necesario para la estabilidad de la presa, el tratamiento de la cimentación solo sería posible con métodos extractivos (Jet-grouting, micropilotes, anclajes, etc).

Campaña de Inyecciones de 1992 a 1994

A la vista de los resultados de los sondeos y pruebas anteriores, confirmados por una nueva campaña de sondeos (24 en total) realizados por el propio Servicio Geológico de Obras

Públicas (SGOP), la CHG decidió acometer, inicialmente en colaboración con la empresa **KRONSA** y posteriormente con el propio SGOP, una campaña urgente de inyecciones de consolidación de la fábrica de la Presa de Proserpina con tres fines concretos, por un lado la regeneración del calicanto, por otro lado la realización del cosido presa-terreno y, por último, la inyección de las posibles diaclasas de la roca de cimentación.

El planteamiento inicial de ejecución era el siguiente:

- * Sistema de perforación por rotación. Con taladros primarios cada 3 m.
- * Inyección por circulación inversa, es decir, varillaje a fondo y obturación en boca de taladro.
- * Presiones máximas de 3 Kg/cm² en cuerpo de presa y contacto presa-terreno y 5 Kg/cm² en cimentación.
- * Utilización de lechadas espesas y estables.
- * Inicio en zona central del embalse, avanzando simultáneamente hacia los estribos.

Se iniciaron los trabajos en septiembre de 1991 y desde los primeros taladros se observó la gran lentitud que suponía la perforación a rotación en el calicanto. Este problema unido a la proximidad del invierno y la práctica inexistencia de pérdidas en la perforación del calicanto, nos llevaron a probar la perforación a rotopercusión, con una estricta observación del paramento de sillares para ver si se producía algún tipo de desplazamiento en los mismos. Al no producirse, se continuó a rotopercusión hasta pasar el contacto presa-terreno procediéndose a inyectar en la forma prevista y, una vez terminada ésta, continuar la perforación a rotación hasta llegar a la roca sana con el fin de inyectar las posibles fracturas del jabre.

La primera fase del tratamiento concluyó con la perforación de 137 taladros con una longitud total de perforación de 3.293 m. y la inyección de 258.050 Kg. de cemento, lo que supone una admisión media de 78 Kg. de cemento por metro de perforación.

En la zona de admisiones mas altas, se llevaron a cabo pruebas de permeabilidad, con tramos de ensayo cada 5 m. hasta llegar al contacto presa-terreno. En estos ensayos se midió la admisión de agua por metro de taladro a 3 Kg/cm² durante 10 minutos. La permeabilidad media en la zona ensayada se situó en torno 3 litros/minuto. Con una máxima de 14,4 l/min. en uno de los tramos de 5 m.

La segunda fase de inyección se ejecutó en la zona de admisiones altas situada, salvo excepciones, en la parte central de la presa, entre ambos bocines. En esta segunda fase, finalizada en febrero de 1994 la admisión media se situó en 65 Kg/m. aún más baja que en la 1ª fase, la longitud total de taladro fue de 586 m. y supuso una inyección total de 38.000 Kg. de cemento. Además, en esta segunda fase, la inyección se realizó de la siguiente manera:

- * En el cuerpo de presa, igual que las pruebas de permeabilidad, por tramos descendentes de 5 m y presiones máximas de 3 kg/cm².
- * En el contacto presa-terreno abarcando los últimos 0,50 m. del cuerpo de presa y 1,5 m. del terreno de cimentación. La presión utilizada ha sido la misma que en el caso anterior.
- * En la cimentación se ha seguido el mismo criterio que en el cuerpo de presa pero elevando la presión hasta los 6 kg/cm². El tramo de ensayo se ha extendido hasta 20 m por debajo del contacto, excepto en los estribos donde se redujo a 15 m.

Si comparamos estas admisiones con los más de 1.800 Kg/m de 1.944 o los 425 Kg/m de 1970, podemos afirmar que la efectividad de las mismas ha sido extraordinaria 50 y 25 años después, respectivamente, de realizadas, incluso considerando las cifras de 1944 como poco fiables debido a la falta de datos totales y a la especial situación socioeconómica que atravesaba

España en aquellos momentos. Esta situación permitía albergar una gran confianza en que al llenarse la presa, las filtraciones debían ser, caso de producirse, de pequeña entidad y fácilmente subsanables, sin afectar a la estabilidad de la Presa.

Por otra parte, esta intensa campaña de inyecciones puso de manifiesto una cuestión altamente preocupante como es la existencia de una capa de jabre en la cimentación de una potencia mucho mayor de lo esperado, llegando a situarse la roca sana en algún caso a más de 30 m. de profundidad, esta zona además es difícilmente inyectable como ya se ha comentado anteriormente, salvo en las discontinuidades o diaclasas del granito que la compone.

Instalación de valvulería en desagüe de medio fondo

Las actuaciones de emergencia que con motivo de la intensa sequía se acometen en la cuenca del Guadiana, sirven también para que en febrero de 1994 se proceda a la instalación y equipamiento de la valvulería necesaria para el correcto funcionamiento del desagüe de medio fondo. En concreto se instalaron sendas válvulas Bureau, de sección circular y de 600 mm. de diámetro, dotadas de accionamiento oleohidráulico. Se montaron también los correspondientes cuadros eléctricos para la maniobra y control de estas válvulas, así como los By-pass y elementos de aireación necesarios.

Otras actuaciones

Todo este conjunto de actuaciones no puede cerrarse sin mencionar otras, menos trascendentales quizá pero necesarias para el día a día de la explotación del embalse. Entre ellas podemos mencionar la reparación del camino de acceso a la presa, la limpieza del cauce de salida del desagüe de medio fondo, el acondicionamiento y escollero del cauce de la sangradera, la dotación de grupo electrógeno a la presa, el balizamiento de la zona del embalse más próxima al muro de presa, señalización informativa, etc.

Proyectos de Rehabilitación del Complejo Hidráulico de Proserpina

El “Estudio de Actuaciones para la Rehabilitación de la Presa Romana de Proserpina” ya mencionado anteriormente establecía una **Propuesta de Actuaciones** para la total rehabilitación del complejo hidráulico de Proserpina, algunas de las cuales eran de ejecución urgente como la campaña de inyecciones de consolidación del cuerpo de presa y cimientos ya desarrollada en el apartado anterior, y otras habrían de desarrollarse a través de la elaboración de los correspondientes estudios y proyectos de obras. Las más significativas que se establecían en dicha Propuesta son:

- * Estudio de estabilidad de la presa y su terraplén de acompañamiento.
- * Tratamiento ambiental e histórico de la presa y su coronación, que incluiría un estudio de plantaciones, camino de servicio en coronación, situación de dispositivos de desagüe, galerías, etc.
- * Cubrición de los bocines y de la cámara de maniobras del desagüe de medio fondo.
- * Estudio hidrológico y de avenidas tanto de la cuenca propia como de la de alimentación proyectando las obras necesarias de adecuación tanto del canal alimentador como de los cauces aguas debajo de la Presa.
- * Carretera de circunvalación al embalse de forma que la actual carretera que pasa por la coronación, deje de hacerlo facilitando de una forma cómoda los accesos desde Mérida a la presa y a la N-630, salvaguardando a su vez la seguridad del espaldón de la presa.

- * Paseo peatonal perimetral al embalse, con el doble propósito de permitir el acceso a sus riberas y delimitar la zona del Dominio Público.
- * Recuperación forestal del entorno del embalse, con delimitación de las áreas a reforestar y recuperar ambientalmente.
- * Estudio para la recuperación de la zona del lavadero.
- * Estudios de medidas correctoras de vertidos en al cuenca de alimentación al embalses.
- * Estudios complementarios (caracterización histórica y funcional del embalse, estudio del canal de conducción romano a Mérida, etc).

Se planteaba así un ambicioso **Plan de Actuaciones**, que colocaba a la Presa de Proserpina entre las “joyas de la corona” de la Administración Hidráulica española.

Pese al importante montante económico que todo este Plan suponía (ver cuadro del Anexo 1), los diferentes estudios se fueron contratando a lo largo de los años 1994 y 1995, y así llegamos a que a principios de 1996, la CHG disponía de los siguientes documentos:

- * **Proyecto de Camino de Servicio Perimetral del embalse de Proserpina**, elaborado por la CHG en julio de 1994, con un importe de 150 millones de pesetas.
- * **Proyecto de Reparación del Canal alimentador a la Presa de Proserpina**, elaborado por PROINTEC en enero de 1995, con un importe de 93 millones de pesetas.
- * **Proyecto de acondicionamiento de los cauces aguas abajo de la Presa de Proserpina** elaborado por PROINTEC en abril de 1995, con un importe de 53 millones de pesetas.
- * **Proyecto de Rehabilitación de la Presa de Proserpina**, elaborado por EXACO en julio de 1995, con un importe de 998 millones de pesetas.
- * **Estudio de Estabilidad de laderas de la Presa de Proserpina**, elaborado por PROINTEC en septiembre de 1995.
- * **Proyecto de carretera de acceso a la Presa de Proserpina y variante de circunvalación**, elaborado por PROINTEC en diciembre de 1995, con un importe de 555 millones de pesetas.
- * **Estudio de Caracterización histórica, funcional y constructiva del sistema hidráulico de Proserpina**, elaborado por INGENIERÍA 75 en enero de 1996.

Además del conjunto de estudios y Proyectos anteriores, la aprobación en 1995 del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses obligó a la CHG y a la DGOHCA a realizar un esfuerzo suplementario, esta vez no específico de Proserpina sino de todas las presas estatales, como fue la elaboración por primera vez en la historia de la Presa de Proserpina, de unas Normas de Explotación, Conservación y Vigilancia de la presa y de sus elementos y órganos.

Pese a que como el resto de Normas redactadas, aún no son oficiales y probablemente deberán modificarse una vez finalicen las actuaciones en curso, y se complementen con otras actuaciones, como la elaboración del preceptivo Plan de Emergencia (la Presa de Proserpina está clasificada como de tipo B por sus daños potenciales respecto del riesgo de rotura), estas Normas de Explotación han sido un referente por el que se ha guiado el Servicio de Explotación del que depende Proserpina, habiéndose sistematizado toda la operativa diaria en los ámbitos de la explotación y conservación de la Presa y sus elementos, tales como tomas, desagüe de medio fondo, canal alimentador, etc.

3.4. Actuaciones de consolidación realizadas a partir del llenado del embalse en Diciembre/95 a Febrero/96

Llenado repentino de la presa el invierno 95 a 96. Filtraciones

Tras el vaciado del embalse, y debido a la prolongada sequía padecida durante los primeros años de la década de 1990, éste permaneció prácticamente vacío durante un amplio periodo de tiempo. Así, a comienzos de diciembre de 1995 se contaba con un volumen embalsado inferior a los 0,5 Hm³. Durante dicho mes, y el de enero de 1996, cayeron en la zona intensas precipitaciones, del orden de los 600 mm. en total. Como consecuencia de dichas precipitaciones, el embalse sufrió un llenado muy rápido, llegando a aliviar el mes de febrero.

Una vez el agua hubo alcanzado cierta cota en el embalse, se detectó una fuga de agua en la torre de toma profunda. Dicha fuga no llegó a superar los 5 l/s, pero no obstante al caer desde una cierta altura sobre el fondo del bocín, era muy audible, por lo que causaba una cierta alarma social y se decidió tratar de corregirla mediante la realización de algunas inyecciones en el entorno del bocín, realizadas al amparo de una actuación de emergencia autorizada para corrección de fugas puntuales en diversas presas, y ejecutada por la empresa “**RODIO, S.A.**”.

Inyecciones en la zona del bocín. Inundación del mismo

Se comenzó realizando un primer control de las filtraciones (que fundamentalmente afloraban en la hornacina del bocín) mediante entubado de fugas y realización de una primera serie de cinco taladros que se inyectaron con mortero, hasta reducir muy considerablemente las filtraciones. Seguidamente, se decidió realizar una pantalla de inyecciones perimetral al bocín, rodeando este por tres de sus cuatro lados (el lado en contacto con el agua y los dos laterales) para mejorar la impermeabilidad de éste.

La primera parte de la pantalla ejecutada fue la del lado en contacto con el agua, que se llevó a cabo sin mayores problemas, mediante el taladro e inyección de un total de 9 taladros. En este momento (finales de febrero) las filtraciones en el interior del bocín se habían reducido tanto que eran casi imperceptibles.

En cada uno de los dos laterales se tenía previsto realizar tres taladros, perforados estos ya no en el muro de presa, sino en el espaldón. De esta forma se esperaba reforzar e impermeabilizar la torre de toma. Se comenzó por el lado izquierdo, donde se taladró e inyectó un primer taladro sin problemas. Sin embargo, durante la perforación del segundo taladro, se detectó una zona de caverna o rellena de un material muy flojo, entre los 8 y los 16 metros de profundidad, ya que en este tramo la barrena se hundía prácticamente sola, sin esfuerzo alguno de la máquina perforadora. El final del taladro se situó unos dos metros por debajo de la oquedad, apareciendo en estos últimos dos metros una mayor consistencia del material atravesado y apreciándose una elevada humedad del mismo.

El final de la perforación del citado taladro coincidió con la habitual pausa de la comida. A la vuelta de la misma, se comprobó la existencia de numerosas vías de agua en la pared izquierda del bocín, el cual además iba llenándose de agua, al no ser capaz su galería de desagüe de evacuar las filtraciones. De esta forma, el nivel de agua en el bocín llegó a igualarse con el del embalse.

La explicación aparente de este suceso es que el taladro pusiese en contacto la caverna existente con una vía de agua profunda, entrando la caverna en carga y filtrándose desde la misma el agua al bocín. Respecto de la existencia de la caverna, la misma puede haber tenido relación con alguna reparación de la pared izquierda (que se veía abombada y con una fábrica algo distinta al resto) mal trasdosada, o con una pérdida localizada de finos por lavado, o mas probablemente con una combinación de causas de las que formen parte las dos citadas.

Intento de reparación. Rotura de una pared del bocín

Tras la inundación del bocín, se realizó un pequeño vaciado del mismo, con bomba sumergible, pudiéndose comprobar que las vías de agua producían su llenado con relativa rapidez. Ante esta situación, se decidió tratar de rellenar la caverna existente, para lo que se realizó una pantalla de inyecciones en el trasdós de la pared izquierda, mediante la perforación e inyección de 7 taladros.

Es de destacar que el taladro que había detectado la oquedad admitió nada menos que 5,7 m³ de mortero. El resto de los taladros se inyectaron con lechada, limitando la presión a 2 Kg/cm² para no dañar a la pared. Las admisiones encontradas en cada taladro sucesivo fueron siendo cada vez inferiores, lo que parecía confirmar que se había logrado en gran medida el relleno de la caverna. Igualmente, realizados pequeños vaciados parciales de la torre de toma, la entrada de agua a la misma parecía haber disminuido casi por completo.

Ante esta situación, después de esperar unos días tras la inyección del último taladro para permitir el fraguado del cemento, el día 1 de marzo de 1996 se decidió intentar el vaciado del bocín. Para ello se colgó desde la coronación del mismo una bomba sumergible y se comenzó a bombear, inspeccionando la pared izquierda del bocín en busca de posibles filtraciones.

Así se llegó a unos 8 metros de profundidad de vaciado sin mayores problemas, y sin que se apreciaran filtraciones. Llegado el vaciado a este punto, se produjo el derrumbamiento súbito de la pared izquierda del bocín, en la parte comprendida entre el primero y el último tramos de escalera. Afortunadamente, a pesar de encontrarse en dicho momento tres personas en el interior del bocín, no hubo que lamentar daños personales. El bocín volvió a llenarse de agua casi de inmediato, quedando sepultadas las bombas y equipo utilizados.

Parece evidente que con el vaciado del bocín se pudieron desequilibrar las presiones actuantes sobre la pared, debiendo de ser todavía importante la presión intersticial del trasdós de la pared, a pesar de las inyecciones realizadas, mientras que por otra parte éstas precisamente habían cerrado las posibles entradas de agua al interior del bocín, con lo que dichas presiones no podían disiparse. Por otra parte, la pantalla realizada (ajustada, no lo olvidemos, a las disponibilidades económicas de la actuación de emergencia en curso antes comentada) había sido insuficiente, no habiendo conseguido cortar las vías de agua ni dar una suficiente consistencia al trasdós de la pared. Y por último cabe recordar que dicha pared debía haber sufrido ya alguna rotura, por lo que sus condiciones resistentes no debían ser las mejores.

Inmediatamente, se ordenó despejar la zona alrededor del bocín, retirando todos los equipos próximos, y acordonándose un amplio recinto para evitar la entrada de personas. Seguidamente se dio cumplido informe a la Superioridad de lo sucedido.

Medidas de seguridad adoptadas

Como primera medida de seguridad, se decidió proceder al relleno total del bocín con material granular, para mejorar el equilibrio de presiones en las paredes del mismo. Esto fue realizado prácticamente de inmediato gracias a la colaboración de la empresa “CARIJA, S.A.” que proporcionó unas once “bañeras” de material así como una pala cargadora.

Durante la realización del relleno, sobre las 22:00 horas, se produjo un hundimiento del espaldón junto a la pared rota, creándose un gran socavón de forma mas o menos circular y unos 4 metros de diámetro, totalmente lleno de agua (el nivel del agua estaba tan solo 40 cm. por debajo de la parte superior del espaldón). Lógicamente, el socavón se formó debido al desplazamiento del material del espaldón, que debía estar fluidificado por las vías de agua, al interior del bocín tras la rotura de éste. Por supuesto, se procedió al relleno del mismo con el mismo material utilizado para el relleno del bocín.

Las operaciones de relleno de ambos huecos no finalizaron hasta la 1:30 horas del día 2, utilizándose unos 220 m³ de material. Posteriormente se limpió y acondicionó toda la zona, que se mantuvo acordonada y vigilada.

Simultáneamente a estas actuaciones, se realizaron las labores precisas que permitieran la apertura del desagüe de medio fondo de la presa, con el fin de rebajar el nivel de esta, aumentando así su seguridad. Dicho desagüe tenía un tapón en la toma, que debido a la rápida subida del embalse no había sido posible retirar, por lo que debió serlo por un equipo de buzos entre esa misma noche y el día siguiente, comenzándose a evacuar unos 500 l/s continuos hasta llegar, en las semanas siguientes, a un volumen del embalse de aproximadamente un 50% de su capacidad total.

Aprovechando la presencia de los buzos, se realizó por parte de éstos un reconocimiento del paramento aguas arriba del muro de presa en la zona próxima a la torre de toma, para tratar de apreciar la existencia de posibles huecos o entradas de agua, nada de lo cual pudo ser detectado.

Se extremó también la inspección visual de la presa, recorriéndose el espaldón de la misma en busca de posibles surgencias de agua, que no aparecieron por ninguna parte. Igualmente se realizó un control diario de los piezómetros, comprobando que estos no parecían dar lecturas anormales, sino que bajaban lentamente junto con el embalse. Además, se eligieron algunos perfiles transversales y longitudinales donde se representó el terreno y las lecturas de cada piezómetro, comprobándose que la línea de saturación así obtenida no cortaba nunca al terreno.

Se realizó también un intento de auscultación topográfica, estableciendo unas bases fijas fuera de la presa y dando coordenadas desde ellas a las cabezas de los piezómetros. Este método, aunque grosero dada la precisión del material topográfico utilizado, permitió comprobar por lo menos que no había movimientos apreciables en la presa.

Para tratar de estimar los caudales que podrían filtrarse a través del muro de presa en la zona próxima a la torre de toma profunda, se ejecutaron unos pozos de captación en el espaldón, y se realizó una prueba de bombeo, comprobándose que estos se agotaban rápidamente con caudales muy pequeños, lo que inducía a pensar que no existían grandes vías de agua. No obstante, la realización de estas pruebas debió de producir un arrastre de finos en el espaldón lo que unido a la brusca depresión del nivel freático en la zona debió ser la causa de la aparición de una nueva caverna que llegaba hasta la superficie, la cual fue rápidamente rellenada.

Finalmente, señalar que como medida de seguridad se decidió limitar en lo sucesivo, y hasta que no se hubiera realizado una reparación definitiva de la presa, el llenado del embalse hasta la cifra del 50% de su capacidad máxima antes citada, lo cual fue recogido en las Normas de Explotación de la presa, que se encontraban en ese momento en redacción, como se ha señalado anteriormente.

En definitiva, se tomaron todas aquellas medidas que se estimaron adecuadas para mantener la seguridad de la presa a la espera de que pudiera realizarse una reparación definitiva de la misma, reparación que dado todo el proceso a seguir (redacción de los Proyectos y tramitación administrativa de los mismos) no se inició hasta principios de 1999, con lo que la presa estuvo casi tres años en las condiciones descritas.

Planteamiento de la reparación definitiva

La situación planteada motivó además un gran número de reuniones y visitas con expertos en los temas de presas y, que pudieran aportar soluciones a la problemática planteada. Dichos expertos pertenecían a diversos Organismos e Instituciones entre los que cabe destacar el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, el entonces Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, y la Cátedra de Obras hidráulicas de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Se realizaron diversos

estudios para aumentar el grado de conocimiento de la situación, entre los que cabe destacar una campaña de reconocimientos geofísicos del CEDEX y un modelo matemático para el estudio de filtraciones por parte de la Escuela de Caminos.

Conviene aclarar que cuando hablamos de resolver la problemática plantada, no nos estábamos refiriendo tan solo al incidente del bocín, sino a poder conocer con certeza las condiciones en que se encontraba la presa para poder determinar su grado de seguridad, y en su caso actuar sobre la misma realizando las mejoras necesarias para incrementar dicho nivel de seguridad.

En particular, y a la vista de lo sucedido con el bocín, resultaba muy preocupante la posible existencia de vías de agua que pusieran en contacto directo o casi directo el embalse con el espaldón, así como la posible existencia de otros huecos o zonas de baja densidad en el terraplén.

Por lo tanto, factores muy tenidos en cuenta en el planteamiento de la solución definitiva fueron por un lado el refuerzo de la impermeabilidad del muro de presa y su cimentación, y por otro lado el alcanzar un grado de conocimiento sobre el estado del espaldón, que permitiera localizar nuevas oquedades para actuar sobre las mismas en su caso.

Descripción general de los proyectos de reparación: Nuevas inyecciones y Rehabilitación de la torre de toma profunda

Finalmente, teniendo en cuenta todos los informes y sugerencias de los expertos antes citados, se redactaron dos proyectos para reparar la rotura de la torre de toma profunda y comprobar y reforzar en su caso la seguridad de la presa de Proserpina. Dichos proyectos fueron los siguientes:

“Proyecto de tratamiento mediante inyecciones de la presa de Proserpina”, redactado en febrero de 1998 por D. Juan Martín Morales, para ejecución de las obras correspondientes por Administración a cargo del Parque de Maquinaria del Ministerio de Medio Ambiente, que es el Organismo al que actualmente pertenece la maquinaria y personal laboral del antiguo Servicio Geológico. Se consideró adecuada esta forma de ejecución por un lado debido a la experiencia acumulada por dicho Servicio en la presa de Proserpina en las campañas anteriores, y por otro lado por permitir una ejecución mas flexible en una actuación que en gran medida habría que ir definiendo “sobre la marcha” y en la que primaría ante todo la calidad en la ejecución, por encima de otros condicionantes como coste o plazo. Se autorizó el gasto de esta actuación a finales de 1998.

“Proyecto de rehabilitación de la toma profunda de la presa de Proserpina”, redactado en octubre de 1997 por D. Florentino Santos García. En este caso preparado para ejecución por Contrata. Este Proyecto debía ser ejecutado simultáneamente con el anterior, y tenía tres partes: Testificación geofísica de la presa, ejecución de una pantalla perimetral a la torre de toma profunda, y finalmente la reparación de la rotura de la pared de la torre. Esta actuación fue adjudicada a la empresa “ALTEC, S.A.” también a finales de 1998 como actuación de “imperiosa urgencia”

Ejecución simultánea de ambas actuaciones. Organización y coordinación

La ejecución de ambas actuaciones, tras el correspondiente proceso administrativo, comenzó en febrero de 1999. Siendo ambas actuaciones simultáneas e interrelacionadas, la coordinación entre ambas fue una tarea prioritaria para la Dirección de Obra. A su vez, el equipo de dicha Dirección de Obra fue asesorado y apoyado en todo momento por los técnicos del Área de Geotecnología de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas

(la parte técnica del antiguo Servicio Geológico) D. Luis García y D. Juan José Alfageme. Se contó además con la colaboración de D. José María Herrera, que había colaborado con D. Florentino Santos en la redacción de uno de los Proyectos.

Se comenzó con la realización de inyecciones en el muro de presa en la zona de la torre de toma profunda, para tratar de cortar las vías de agua que habían provocado los incidentes de 1996. Para ello se realizó una primera serie de taladros cada tres metros a lo largo de una amplia zona del muro, a derecha e izquierda del bocín, que fueron inyectados. Posteriormente, se realizó otra serie de taladros de cosido también cada tres metros y en el punto medio de cada dos taladros de la primera serie, que también fueron convenientemente inyectados. No se encontraron admisiones anormalmente altas. En paralelo, se fue realizando la testificación geofísica tanto de los piezómetros existentes como de los nuevos taladros que iban siendo realizados para las citadas inyecciones.

Testificación geofísica: filtraciones en piezómetros y taladros, tomografías en muro de presa y microgravimetría en el espaldón

La testificación geofísica fue realizada por la empresa “**AQUATEST**” de Praga, contratados a través de la “**Fundación Agustín de Betancourt**”. Por lo que respecta a los piezómetros y taladros, se aplicaban una serie de sistemas (radiactividad natural, sónico, susceptibilidad magnética, resistividad, conductividad...) cuyos sensores iban incluidos en una pieza única que se introducía en cada sondeo, habiéndose testificado mas de cien sondeos. De esta forma se determinaba en cada caso los movimientos del agua, tanto en horizontal como en vertical, con indicación de las entradas y salidas de agua en el sondeo con sus correspondientes caudales. Además, proporcionaban una información sobre la columna litológica atravesada por el sondeo (previo calibrado con los testigos de los sondeos existentes) dando una indicación, en su caso, de la presencia de cemento procedente de inyecciones. Esta testificación constituyó, por tanto, un eficaz método para determinar tanto las zonas y profundidades a inyectar como para comprobar la eficacia de dichas inyecciones.

En la testificación de sondeos realizada se determinó por lo general el movimiento natural del agua en las condiciones que en ese momento tenía el embalse (recordemos que su llenado estaba limitado a un 50 %) aunque en algunos casos se realizaron ensayos de carga constante rellenando los piezómetros de agua aportada externamente. Por lo general, los resultados obtenidos con la testificación de sondeos ofrecen valores relativamente pequeños de las filtraciones; sólo trece sondeos superan caudales de 100 litros al día, siendo el caudal máximo encontrado en uno de ellos de 1.000 litros al día, por lo que cabe afirmar que no existen vías de agua importantes (lo que, a excepción de la zona de la torre de toma profunda, confirmaría los buenos resultados de la campaña de inyecciones de 1993), aunque indican que por determinadas zonas se producen filtraciones a través del terreno de cimentación de la presa, que luego afloran en el espaldón, siendo responsables de los niveles freáticos encontrados en este.

Otros procedimientos de testificación geofísica utilizados fueron los métodos sísmicos. Se realizaron tomografías sísmicas y sísmica de refracción en muro de presa y espaldón, para lo cual se ejecutaron taladros cada 15 metros a lo largo de todo el muro, en algunos de los cuales se colocaban posteriormente cargas pirotécnicas a diversas profundidades, mientras que en los colindantes, e incluso en la superficie del espaldón, se colocaban geófonos para registrar la transmisión de las ondas sísmicas producidas.

Los resultados obtenidos por dichos procedimientos parecen indicar un estado general normal tanto del muro como de la roca sobre la que se cimenta el mismo. En el muro las velocidades sísmicas varían entre los 500 y los 3.000 m/s, siendo más elevadas lógicamente en las zonas mas profundas (y por tanto menos deterioradas). Se observan algunas discontinuidades en el muro, aunque no de gran importancia.

La sísmica de refracción permitió establecer el límite entre la zona alterada y la zona sana del granito de cimentación, que se sitúa aproximadamente entre cinco y quince metros por debajo del contacto muro-roca. En el granito alterado, las velocidades oscilan entre los 1.000 y los 4.000 m/s, mientras que en el granito sano las velocidades son superiores a 4.000 m/s. Se detectan una serie de fallas en la roca, aunque no de demasiada importancia.

Mediante la correlación de Masuda se puede estimar a partir de la velocidad sísmica los valores del módulo de deformación (E) de los materiales constitutivos del muro y cimiento, valores que por lo general están en torno a los 1.000 Mpa (10.000 Kg/cm²) en el muro, 5.000 Mpa en la roca alterada y 10.000 Mpa en la roca sana.

Las mediciones efectuadas entre la superficie del espaldón y los taladros en muro indican una relativa homogeneidad y un adecuado grado de compactación del espaldón, con velocidades sísmicas en superficie entre los 400 y los 1.400 m/s.

También se realizaron medidas localizadas de las velocidades sísmicas en el entorno de ambos bocines, sin detectarse anomalías demasiado significativas.

El tercer procedimiento geofísico utilizado, en este caso sobre el espaldón de la presa, fue la microgravimetría. Se realizaron siete perfiles paralelos al muro de presa, tomando sobre los mismos puntos cada dos metros, lo que da un total de 926 puntos de medida. Además, en el entorno del bocín derecho se realizaron dos pequeños perfiles adicionales, con paso de un metro, y otros 67 puntos de medida. El equipo de medida utilizado tenía una precisión de 0,15 m/s² y se realizaron toda una serie de correcciones por condiciones topográficas, deriva astronómica y mareas atmosféricas. Los datos gravimétricos observados han sido interpretados y convertidos según el criterio de la anomalía relativa de Bouger.

De esta forma ha sido posible determinar las densidades de las diversas capas que constituyen el espaldón de la presa y el terreno sobre el que se asienta hasta una profundidad de unos 35 metros, sobre los perfiles citados. Los resultados indican por un lado que el terraplén parece estar bastante consolidado, con una densidad media del orden de los 2.000 Kg/m³, lógicamente aumentando a medida que lo hace la profundidad, sin que aparezcan zonas anómalas de importancia que puedan corresponder a cavernas o a zonas rellenas de material con muy baja densidad, como se temía. Resultados que concuerdan con los datos aportados por la sísmica entre muro y superficie del espaldón antes citados. El granito de cimentación tiene densidades de entre 2.200 y 2.700 Kg/m³, apreciándose igualmente la zonas más alterada, que coincide básicamente con la que había sido señalada por la sísmica, así como con sondeos que dan aporte de agua desde la cimentación hacia el espaldón, como se comentó antes.

Para complementar los perfiles sísmicos y gravimétricos, y facilitar su interpretación, se han realizado dos perfiles de potencial espontáneo, observándose los campos eléctricos de las zonas interesadas, una vez anuladas las corrientes parásitas.

Como conclusión de la investigación geofísica realizada, cabe afirmar que el estado general de la presa de Proserpina, considerando tanto el muro, como el espaldón es normal, sin que parezcan existir problemas graves que pudieran poner en peligro su seguridad. No obstante existen determinadas deficiencias que deben corregirse para mejorar dicha seguridad. Prácticamente lo mismo cabe decir respecto del cimiento de la presa, que presenta una zona bastante alterada que hay que continuar tratando. Todo ello permitió orientar en dicho sentido las actuaciones que se estaban realizando sobre la presa.

Ejecución de la pantalla perimetral al bocín

Volviendo a la ejecución de las inyecciones, una vez asegurada la máxima impermeabilidad en una amplia zona del muro colindante con la torre de toma profunda, se procedió a la realización de la pantalla perimetral a dicha torre, lo cual se realizó mediante inyección. La presión debía ser lo suficientemente alta como para romper hidráulicamente el material del espaldón (tanto el material original como el aportado en la zona de la rotura) que no

era inyectable de por sí, creando una serie de láminas o vetas de lechada de cemento, que reforzaran y cohesionaran el material colindante, pero por otra parte, tampoco podría ser demasiado elevada para no causar daños a los muros del bocín. Tras considerar el tema detenidamente, se fijó ésta en aproximadamente 5 Kg/cm².

La pantalla realizada consta de dos filas de taladros al tresbolillo, separados 0,75 y 1,50 metros de las paredes del bocín, con una separación entre taladros de 1,50 metros, con lo que se define en planta una malla de triángulos rectángulos entre cada tres taladros contiguos. La fila interior estaba formada por 20 taladros, y la exterior por 17. Además se perforaron dos taladros adicionales en la zona de la rotura, y un taladro en el centro del bocín para tratar su cimentación. Todos los taladros se inyectaron con lechada de cemento y finalmente (salvo el taladro del centro) se armaron con barras de hierro de 32 mm. de diámetro. La admisión media fue de unos 140 Kg. por metro lineal de taladro.

Es de destacar que la ejecución de los trabajos de perforación se ha visto enormemente dificultada por el hecho de que, a partir de los 10 a 12 metros de profundidad, aparecían unos fangos limoarcillosos, de un espesor en torno a los 2,5 metros, saturados e inestables, que hicieron necesario proceder por fases sucesivas (perforación, inyección, reperforación...) en la mayor parte de los taladros bastó con tres o cuatro fases de inyección, pero en algunos se llegó hasta las siete fases. Esta forma de proceder fue lenta y costosa, pero era la única garantía de conseguir una pantalla de calidad.

Cabe citar también que el taladro del centro del bocín fue inyectado con microcemento (A-12) admitiendo tan solo 150 Kg. Lo que confirma unas relativamente buenas condiciones de la cimentación de la torre de toma.

Comprobación por testificación geofísica de la pantalla perimetral al bocín

Conscientes de la trascendental importancia de la pantalla perimetral a la torre de toma profunda, además de todos los controles efectuados durante la ejecución de la misma que parecían confirmar los buenos resultados obtenidos, se realizó una testificación específica de la misma. Para ello se perforaron 8 taladros en el centro de los triángulos definidos por las dos filas de taladros realizados, y se procedió a la testificación geofísica de los mismos, siendo el parámetro fundamental en este caso la susceptibilidad magnética, directamente relacionado con el contenido de cemento del terreno. Los resultados obtenidos confirman que la lechada de cemento ha penetrado por capas más o menos horizontales, que han “roto” los materiales inyectados, tal y como se pretendía. Estos resultados permitieron tomar la decisión de desentibar definitivamente el bocín, y proceder a la reconstrucción de la pared del mismo.

Hay que destacar que los resultados citados, obtenidos por los geofísicos de AQUATEST fueron confirmados en líneas generales por la testificación geofísica realizada por un equipo del Área de Geotecnología de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

No obstante, con el fin de incrementar aun más la seguridad, se procedió a completar la pantalla realizada, inyectando los taladros de testificación realizados, y armando los mismos con barras de hierro de 25 mm de diámetro. Las bajas admisiones encontradas (como media unos 20 Kg por metro lineal de taladro) así como el hecho de que estos taladros se mantuvieran estables desde su perforación (no fue precisa una inyección por fases) confirman los buenos resultados obtenidos con la pantalla perimetral.

Teniendo en cuenta estos últimos taladros e inyecciones, en la pantalla perimetral al bocín en su conjunto se ha realizado un total de 2.991,8 metros de perforación, (sin contar las reperforaciones serían 1.061,5 metros) empleándose un total de 128.600 Kg. de cemento en lechada y 6.286 Kg. de acero en redondos.

Vaciado y entibado del bocín

La excavación del bocín se realizó cuando la pantalla perimetral estaba ejecutada en su mayor parte, aunque no totalmente finalizada. Esta forma de proceder se adoptó por un lado por motivos organizativos (se aprovechó una parada de los equipos de inyección) y de plazo, y por otro por el deseo de comprobar en la zona de la rotura los efectos de las inyecciones.

Como es lógico, la excavación se realizó manualmente, utilizándose un pequeño maquinillo elevador para retirar el material. Dado que el relleno se había realizado fundamentalmente con arena, no se encontró demasiado cemento procedente de las inyecciones. Sin embargo, en alguna zona en que el material de relleno tenía un alto contenido de gravas, se había formado un auténtico hormigón que debió ser picado con martillo para proseguir la excavación. Por lo demás, afortunadamente no se presentaron mayores problemas, pudiendo constatarse el buen estado general de la torre y la ausencia de grandes filtraciones en el interior de la misma. Por supuesto, se hallaron durante la excavación las bombas sumergibles y otros medios auxiliares que estaban siendo utilizados en el momento de la rotura de la pared del bocín.

Al llegar con la excavación a la zona de la rotura se comprobó que en el material de relleno aparecían vetas de cemento, no muy numerosas ni de gran espesor, pero que iban en aumento según se profundizaba. Además, dicho material aparecía bastante seco, y con una cierta cohesión que permitía que el corte en vertical producido durante la excavación se mantuviera estable. No obstante, toda la zona de la rotura se entibó con tablonés.

Dado que, como se comentó anteriormente, cuando finalizó la excavación del bocín quedaban todavía algunas inyecciones por realizar en la pantalla perimetral, antes de reanudar estas, se procedió a realizar una fuerte entibación de toda la torre de toma mediante puntales y tablonés.

Drenaje del bocín. Descubrimiento y limpieza de la galería profunda

Aunque como se ha comentado, las filtraciones encontradas en el interior del bocín fueron muy pequeñas (y por la forma en que se producían, ineficaces) el agua aportada por las mismas no encontraba salida alguna del bocín, por lo que se acumulaba en el mismo, haciendo preciso su achique mediante una bomba sumergible. Se planteaba, pues, la necesidad de dotar a la torre de toma de un drenaje por gravedad, que permitiera la salida de estas aguas, alejándolas de la presa, e hiciera así posible su aforo.

La solución evidente para conseguir estos objetivos consistía en rehabilitar la galería romana profunda, que partiendo del inferior del bocín, debía atravesar todo el espaldón de la presa hasta finalizar en algún punto aguas debajo de la misma. Se estimaba además que una rehabilitación de dicha galería provocaría que la misma pudiese contribuir además a drenar una zona del espaldón, rebajando el nivel freático en éste, y por tanto contribuyendo a una mejora de la seguridad de la presa. Por tanto, se abordó dicha rehabilitación, que ha sido quizá una de las actuaciones de mayor interés realizadas, pues además de sus efectos beneficiosos antes citados, ha permitido conocer el sistema hidráulico de la toma profunda de Proserpina, hasta entonces no conocido claramente.

De dicho sistema se conocía por un lado el arranque de la galería profunda en la torre de toma, y por otro una serie de elementos situados aguas abajo, relacionados con lo que parecen ser dos remodelaciones de la toma profunda, una de ellas realizada en 1698, según consta en una placa² situada en una torre-respiradero, y otra que debió realizarse en el marco de la reparación

² El texto de la inscripción de la placa es el siguiente: *ABRIOSE ESTE TERRAPLEN I SE HIZO ESTA ARCA SIENDO GOBERNADOR DE LA CIUDAD DE MERIDA DON FRANCISCO*

de 1791 (o, como se verá, en fechas algo posteriores) para suministrar agua al lavadero de lanas “de la Concepción” que en esta fecha se implanta aguas abajo de la presa. Dichos elementos son por un lado la torre-respiradero antes citada, por otro lado una especie de acceso mediante una galería y unas escaleras, cuya función se desconocía y por otro una galería situada a un nivel superior por donde se abastecía de agua el lavadero de lanas. Esta galería, que había sido limpiada en 1992, podía recorrerse hasta su inicio, que se situaba en un pozo vertical.

Aunque suponga hacer un breve inciso, creemos significativo señalar aquí que el plano de la presa de Proserpina realizado por Fernando Rodríguez en 1795 para la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando³ incluye una sección de la presa por la galería del bocín profundo, donde aparece la torre-respiradero, pero no los otros dos elementos citados, no sabemos si porque todavía no existían o es que no se consideró conveniente representarlos, tal vez por ser de muy reciente realización. Por otra parte, la galería profunda finaliza sin más en medio del terraplén, lo que parece indicar que en la fecha de realización del plano no se conocía ya su salida, por haber quedado ésta enterrada.

Los tres accesos antes citados al interior del sistema estaban, a partir de cierto nivel de profundidad, llenos de agua, y si se conseguía achicar ésta, por debajo de la misma había fango, por lo que por ninguno de ellos podía accederse para continuar explorando. Los tres elementos citados parecían tener sus partes finales bastante próximas entre sí, aunque no era posible conocer si existía comunicación entre los mismos. De hecho, cuando en alguno de ellos se achicaba el agua, ello no parecía repercutir en los niveles de agua en los otros.

Como se comentó anteriormente, en 1991 mediante una excavación lateral se había accedido a la base de la torre-respiradero con objeto de explorar la galería, pero la gran cantidad de fango existente junto con el temor a desestabilizar la torre hicieron que no se pasara de ahí.

Aguas abajo de dichos elementos no se veía en superficie nada más, aunque se presumía la existencia, por debajo del nivel del terreno, del final de la galería profunda en una zona llana situada a pié de presa, zona que se hallaba permanentemente encharcada, y donde, de hecho, se dio comienzo al drenaje realizado en 1991 como anteriormente se comentó.

Se decidió por tanto buscar el final de la galería profunda y tratar de limpiar ésta desde aguas abajo hacia aguas arriba, intentando llegar hasta el bocín. Para ello se realizó una primera excavación, que localizó una conducción de dimensiones reducidas y estructura bastante endeble, presumiblemente no romana, que no debía ser la galería profunda sino una especie de acequia que tuviera su origen en el final de la misma.

Por ello, se realizó una segunda excavación aguas arriba de la primera, junto a la arqueta de cabeza del drenaje realizado en 1991 (dicha arqueta se había situado precisamente en este punto por que parecía haber importantes surgencias de agua). Esta segunda excavación localizó una galería realizada en grandes sillares de granito, con unas dimensiones aproximadas de 1,50x0,70 (sección rectangular) y cuya parte superior eran también sillares graníticos de unos 40 cm. de canto apoyados en los cajeros. Todo el conjunto aparentaba una gran solidez y calidad constructiva, como debía corresponder a una galería que discurre bajo un terraplén de hasta unos veinte metros de altura, por lo que quedó claro que se trataba de la galería profunda original romana.

Dado que la galería encontrada se hallaba llena de fango y capas de lechada de cemento (tras bombear el agua e instalar un sistema de achique) se realizó un pozo de ataque y se comenzó la limpieza de la misma. Pronto quedó claro que la única forma de realizar esta limpieza era inyectar agua a alta presión, que desprendiera y fluidificara los fangos, y eliminar

MANUEL LOPEZ DE ZARATE CABALLERO DEL ABITO DE SANTIAGO DEL CONSEJO DE HACIENDA DE SU MAJESTAD I COMISARIO D JOSEPH ANTONIO MUÑIZ AÑO DE 1698.

³ Arbaiza Blanco-Soler, S y Heras Casas, C. “Fernando Rodríguez y su estudio arqueológico de las ruinas romanas de Mérida y sus alrededores (1794-1797)”. *Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*.

estos mediante una bomba aspirante, el método habitualmente empleado para limpiar alcantarillados. Posteriormente, y puesto que las dimensiones de la galería así lo permitían, se realizaba el picado y retirada manual de las capas de lechada. Estas operaciones, difíciles e incómodas, fueron realizadas por el mismo equipo que había realizado la excavación del bocín (en el que había poceros con experiencia en trabajos de este tipo) que demostró una gran eficacia y profesionalidad.

Recorridos de esta forma unos 25 metros de galería, se encontraron las escaleras del acceso antes citado. En este punto, la galería profunda se encuentra interrumpida por un sillar que tiene un taladro de unos 110 milímetros de diámetro, constituyendo un claro punto de obturación, manejado desde aguas abajo lo que explica la existencia del acceso en este punto. Es de destacar la importante diferencia encontrada entre la fábrica de la galería profunda original y la de las zonas de esta afectadas por las obras realizadas posteriormente. En este segundo caso, la fábrica es mucho más tosca, estando compuesta por mampuestos y ladrillos, mientras que la cubierta de la galería pasa a ser una bóveda de medio punto, en vez del techo plano del tramo inicialmente hallado.

Para continuar la limpieza de la galería aguas arriba del punto de obturación se realizó una excavación y una pequeña perforación hasta encontrar el pozo desde el que arranca la galería de suministro del lavadero, que se sitúa justo aguas arriba del punto de obturación, y cuya función no es otra que la de servir como arqueta de salida del sifón que se crea cuando se obtura la galería profunda (lógicamente ello implicaba poner en carga el bocín al menos hasta la altura de la galería superior) suministrando de esta forma al lavadero agua a una cota superior, y probablemente de mejor calidad, al decantarse ésta en el pozo-sifón, pudiendo ser limpiados los sedimentos formados precisamente al abrir el obturador.

En este tramo de aguas arriba del obturador, la presencia de capas de lechada de cemento era mucho mayor, apareciendo las mismas estratificadas por capas de distintas tonalidades (más blanquecinas cuanto más antiguas) observándose que las últimas capas habían llegado a rellenar la galería en su totalidad, por lo que los únicos caudales que podrían circular por la misma lo harían mediante filtración a través de la capa de fangos existentes bajo las de lechada, lo que explica el que el agua procedente de pequeñas filtraciones en la torre de toma tuviera que alcanzar una cierta altura en la misma para salir, mientras que en el caso de grandes filtraciones, el bocín se inundara por completo.

Se continuó con la limpieza en forma similar a lo realizado en el tramo anterior, siempre hacia aguas arriba en dirección al bocín. No obstante, cuando se habían avanzado unos 10 metros (faltando en torno a otros 30 para llegar al bocín) se decidió suspender la limpieza de las capas de lechada ya que la bóveda de la galería presentaba un aspecto algo más precario, y se consideró que las capas de lechada constituían un eficaz refuerzo de la misma, mientras que el hueco creado bajo las mismas al extraer el fango tenía una sección más que suficiente para evacuar las filtraciones circulantes. Esta circunstancia (la galería no es visitable sin picar las capas de lechada) nos ha impedido, por el momento, determinar donde vuelve a cambiar la tipología de la galería volviendo a ser similar a la inicialmente encontrada, que por otra parte es la que parece tener la galería en su origen en la torre de toma.

Se estableció así una continuidad hidráulica entre el origen de la galería en la torre de toma y el final de la misma en el pozo de ataque. Dicho punto final de la galería se encuentra situado entre dos y tres metros por debajo del terreno circundante, por lo que se planteaba el problema de evacuar por gravedad el agua aportada por la galería. Para ello se realizó una arqueta para protección y acceso del final de la galería, desde la que parte una tubería de PVC de 250 mm de diámetro, que se prolongó hasta enlazar con la red de drenaje existente a pié de presa (cuya realización se había comentado anteriormente) en un punto que diera cota suficiente para permitir dar una pequeña pendiente (mínima del 0,68 %) a dicha tubería. En la arqueta antes citada se instaló además un aforador triangular tipo Thompson, obteniéndose valores de la

filtración del orden de los 5 litros por minuto (2 cm. de vertido en el aforador) con el embalse en torno a la cota 241, siendo el máximo nivel normal la cota 244,58.

Los efectos beneficiosos para la presa del drenaje así realizado son evidentes. No sólo se asegura la salida de las filtraciones del bocín, sino que en una zona (precisamente la que corresponde a la mayor altura de la presa) se drena el espaldón y se capta el agua aportada a éste por las fisuras del terreno de cimentación. Tales extremos pueden comprobarse por un lado recorriendo la galería, donde se aprecian pequeñas entradas de agua tanto por techo y paredes como por la solera, y por otro lado a la vista de la evolución de los piezómetros próximos a la galería, alguno de los cuales ha tenido descensos del orden de los dos metros. Por otra parte, se han adquirido unos conocimientos sobre el sistema hidráulico de la toma profunda de la presa que no hubieran podido adquirirse de otra forma, posibilitando la realización de ulteriores estudios arqueológicos sobre el mismo.

Las actuaciones de acondicionamiento de la galería profunda se completaron con la realización de un nuevo acceso al pozo-sifón, para facilitar la entrada (para inspección, limpieza y posibles reparaciones posteriores) del tramo de galería aguas arriba del obturador, asimismo se colocaron provisionalmente unos tubos metálicos de 254 mm de diámetro en el origen de la galería en el bocín, para prevenir la entrada de lechada procedente de las inyecciones que faltaban por realizar (además de dicha precaución, en todas las inyecciones realizadas tras la limpieza de la galería, se ha bombeado agua a la torre de toma y se ha vigilado la no aparición de lechada en la salida de dicho agua).

Desentibado del bocín y reconstrucción de la pared rota

Finalmente, realizada, comprobada y reforzada la pantalla perimetral al bocín, y dotado éste de un drenaje por gravedad, se acometió la restauración de la pared rota. El primer paso fue, lógicamente, desentibar la torre de toma en su mayor parte. A continuación, y con las debidas precauciones, comenzando desde la parte inferior de la rotura, se fue excavando parte del material de relleno en la zona de la rotura en una profundidad variable (aproximadamente entre 20 y 80 cm) hasta encontrar una zona lo suficientemente cohesiva (ya se han comentado las condiciones en que se hallaba dicho material tras las inyecciones) la excavación así realizada se rellenaba por tongadas de hormigón, ligeramente armado mediante un mallazo continuo.

El encofrado externo de estas tongadas de hormigón estaba constituido por un chapado de losas de granito de un espesor de unos quince centímetros, siendo sus otras dos dimensiones mas o menos similares a las medias de los sillares de la torre de toma. Este granito se eligió además de una tonalidad lo mas aproximada posible a la de dichos sillares. Se iba de esta forma subiendo lentamente la pared, colocando primero una fila de losas, entibándola y trasdosándola de hormigón, por cierto una forma de construir análoga a la empleada por los romanos en muchas de sus obras de "*opus cementitium*". Dicha analogía se extendía al hecho de que para mejorar la unión entre el hormigón y el granito (y cuadrar el aparejo de cada fila) se colocaban algunas losas "a tizón", penetrando en este caso más profundamente en el hormigón. Lógicamente, se cuidaba especialmente que el paramento externo de la nueva pared coincidiera en línea con los restos existentes de la pared original, tarea bastante difícil por los descuadros y abombamientos de éstos. Las juntas entre las losas de granito recibían un llagueado con mortero similar al del resto del bocín.

El resultado final es una pared restaurada, que entendemos que compagina unas adecuadas características resistentes con un aspecto externo bastante similar al del resto del bocín.

Como medida adicional de seguridad, se han dejado provisionalmente una serie de tubos metálicos de pequeño diámetro embebidos en el hormigón, con un extremo en el trasdós de este, y el otro sobresaliendo por las juntas entre losas hacia el interior del bocín. Una vez finalizada la pared y tras un periodo de adquisición de resistencia del hormigón de la misma, se

procedió a inyectar lechada de microcemento (A-12) por dichos tubos, sin sobrepasar los 2 Kg/cm² de presión. Con esto, se consigue mejorar la unión entre el material de relleno (que incluye las capas de lechada de la pantalla) y el hormigón, así como entre éste y las losas de granito. Como era de esperar, las admisiones fueron muy bajas, consumiéndose menos de 100 Kg. de microcemento en las tres fases de inyección realizadas.

Tras dichas inyecciones (las últimas hasta la fecha realizadas en el entorno de la torre de toma profunda de la presa de Proserpina) se procedió a perforar y limpiar los tubos metálicos de forma que los mismos sirvan como drenes de la nueva pared realizada. A cada taladro se ha dotado de una pieza en "T" con grifo de corte y manómetro, para poder medir presiones del agua caso de presentarse esta. Actualmente, como se comentó, no parece haber presencia de agua, por lo que dichos drenes están absolutamente en seco, pero habrá que observar lo que sucede a niveles más altos del embalse (recordamos nuevamente que las cotas estaban en torno a la 241 frente a un MNN de 244,58). Por supuesto, a efectos estéticos dicha pieza en "T" con el manómetro y el grifo, pueden retirarse cuando se desee, ya que va roscada, y sin duda se hará así cuando se compruebe que los drenes siguen sin dar agua a niveles de embalse superiores, o en su caso que las presiones encontradas son mínimas, como es de esperar.

Otras actuaciones en realización y pendientes

Con la restauración de la pared de la torre de toma se dan por terminadas, por el momento, las actuaciones sobre la misma, entendiéndose que se ha alcanzado un grado de seguridad bastante aceptable, respetando en todo lo posible la estética y la monumentalidad. No obstante, nos gustaría complementar las obras realizadas con alguna actuación más, algunas ya recogidas en los proyectos pendientes de ejecución como el acondicionamiento de las cubiertas y barandillas del bocín por motivos estéticos. Otras de índole más indagatorio, como la restitución de la solera del mismo a su situación inicial (recordemos que la misma se recreció en los años 40 para limitar las filtraciones), recuperando de esta forma la antigua válvula de bronce embebida en el recrecido de la solera, y posibilitando la investigación del sistema hidráulico existente, que sin duda se halla conectado con una de las tuberías de plomo encontradas en el paramento de aguas arriba de la presa. También sería conveniente completar la limpieza de la galería profunda avanzando desde el bocín hacia aguas abajo, por lo menos hasta el punto en el que se produce el cambio de tipología de techo plano a bóveda, e incluso tal vez plantear alguna solución para aquellas zonas donde la bóveda parece encontrarse deteriorada.

Como última fase de las inyecciones complementarias, se está actuando en una zona situada hacia el estribo izquierdo de la presa, en la que la testificación geofísica había detectado la existencia de diaclasas en la roca por las que se filtra el agua saturando una zona del espaldón. Para tratar en lo posible dichas diaclasas con las inyecciones, se están perforando taladros que profundizan unos 15 metros bajo el contacto muro-roca, y se inyecta en dos fases, la primera de ellas obturando de 1 a 2 metros bajo dicho contacto, y en la segunda obturando en cabeza del taladro. Las admisiones encontradas están siendo muy bajas. Una vez finalizadas completamente estas inyecciones, sería muy conveniente realizar una nueva campaña de testificación geofísica (lo ideal sería con el embalse lo más lleno posible) para comprobar el resultado de estas inyecciones.

Actuaciones en curso: Camino de Servicio Perimetral

Finalmente, y aunque suponga un cambio respecto del tema que se ha venido tratando, esta exposición sobre las últimas actuaciones llevadas a cabo en la presa y embalse de Proserpina no quedaría completa sin citar la obra actualmente en ejecución consistente en la construcción de un camino perimetral al embalse.

Estas obras, contratadas en diciembre de 1999 por la DGOH y CA del Ministerio de Medio Ambiente con la empresa "OHL SA.", tienen dos funciones básicas, por un lado servir de límite físico a la zona de Dominio Público Hidráulico, delimitada legalmente por el deslinde efectuado por la CHG y aprobado Resolución de 1 de Junio de 1.994, que fijó dicho límite a la cota 245, evitando de esta forma la invasión y apropiación indebida por parte de particulares (o asociaciones de éstos) de dicha zona, por otra parte, el camino, cuyo uso se limitará a peatones y ciclistas, servirá para facilitar el uso y disfrute del embalse a los ciudadanos, poniendo además en valor una zona relativamente deteriorada.

Las obras adjudicadas inicialmente en 124 millones de pesetas, está previsto que finalicen antes de la primavera de 2001, tras haberse introducido en el Proyecto original diversas mejoras.

4. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES PENDIENTES DE EJECUCIÓN

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, la Confederación Hidrográfica del Guadiana dispone en la actualidad de un conjunto de Proyectos de inversión en Proserpina cuyo importe total es muy elevado y, por lo mismo, su tramitación ha de ser necesariamente lenta y adaptada a las disponibilidades presupuestarias de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

Aunque algunas de las actuaciones no afectan directamente a la presa de Proserpina, sí afectan en su conjunto al Sistema Hidráulico de Proserpina. Hacemos a continuación una breve descripción de las mismas.

Proyecto de Reparación del Canal alimentador a la Presa de Proserpina, comprende las obras necesarias para la total reparación del Canal alimentador, evitándose así las numerosas fugas que el mismo tiene en la actualidad, además de aumentar la seguridad hidráulica del mismo. Su importe es de 93 millones de pesetas.

Proyecto de acondicionamiento de los cauces aguas abajo de la Presa de Proserpina, que contempla la adecuación del cauce del Arroyo de las Pardillas para ser capaz de conducir los caudales desaguados por la presa de Proserpina, sin que se produzcan desbordamientos como ocurre en la actualidad. Tiene un importe de 53 millones de pesetas.

Proyecto de carretera de acceso a la Presa de Proserpina y variante de circunvalación, cuya ejecución convertiría la actual carretera de acceso, estrecha y sinuosa, en una carretera de trazado moderno, con carril-bici desde la ciudad de Mérida hasta el embalse, y que a la altura del alto de "Los Pinos", se desvía de la actual carretera para circunvalar el embalse por su lado noreste y enlazar con la carretera de acceso de Proserpina a la N-630 en el final del Canal alimentador. Su elevado importe (555 millones de pesetas) y la necesidad de efectuar las expropiaciones necesarias para su nuevo trazado, han dificultado hasta ahora su ejecución.

Proyecto de Rehabilitación de la Presa de Proserpina, con un importe de 998 millones de pesetas es el proyecto más importante de los elaborados por la Administración Hidráulica del Estado para la presa de Proserpina. Contempla tres actuaciones principales, la **urbanización** del entorno y coronación de la presa una vez conseguida su peatonalización, la **restauración** tanto del paramento de la presa como de sus torres de toma (en las que se plantea su cubrición) y elementos accesorios, dentro de este apartado se prevé la realización de diversos trabajos arqueológicos que permitan el descubrimiento, consolidación, la puesta en valor y accesibilidad de todo el conjunto histórico y, por último, la creación de un edificio de nueva planta que sirva como **centro de acogida e interpretación** de todo el Sistema Hidráulico de Proserpina.

5. CONCLUSIÓN

A la vista de todo lo expuesto anteriormente, por una parte podría sacarse la conclusión de que se han realizado un número apreciable de actuaciones, pero al mismo tiempo, por otra parte, que aún falta mucho por hacer. Pero lo verdaderamente importante es que no se pare el tema, que se siga actuando. Las labores de mantenimiento y conservación son totalmente necesarias e imprescindibles para que las presas puedan seguir en funcionamiento.

En el sistema hidráulico de Proserpina han sido realizadas las actuaciones que han sido consideradas más importantes desde los puntos de vista estructural e hidráulico, a efectos de garantizar su seguridad estructural y un adecuado funcionamiento, estando previstas y programadas, pero aún pendientes de ejecutar, otra serie importante de actuaciones, que en cierta medida podrían ser consideradas como complementarias pero, sin duda alguna, muy interesantes. La ejecución de dichas actuaciones posibilitará profundizar aún más en el conocimiento del sistema hidráulico, y al mismo tiempo posibilitará realzar el mismo, así como sus valores históricos, culturales, medioambientales, etc.

Con todo ello se habrá dado un paso importante para el sistema hidráulico de Proserpina, pero no podemos olvidarnos del sistema hidráulico de Cornalbo, el cual en la actualidad plantea una serie de interrogantes sobre las cuales resulta preciso actuar a efectos de profundizar en su conocimiento, lo cual será de gran utilidad para proceder a su rehabilitación integral, resolver los problemas de filtraciones que plantea, y así garantizar su seguridad estructural y su óptimo funcionamiento para el futuro.