

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

PROTECCIÓN DEL ALIVIADERO DE LA PRESA DE HUESNA – T.M. EL PEDROSO. SEVILLA.

Vicente Antón Maicas ¹
José Miguel Torres Ruiz ²
Luis Errazquin Caracuel ³

RESUMEN: El objeto de esta comunicación es describir las actuaciones llevadas a cabo en el barranco de descarga del aliviadero de la presa de Huesna y otras obras complementarias, para dar respuesta a los problemas planteados de socavación del lecho del barranco, de desestabilización de una de sus laderas y de aterramientos a la salida de la galería de los desagües de fondo de la presa. Estas actuaciones pueden agruparse en: Obras de protección del barranco (azudes, muros de gaviones, traviesas de hormigón), obras de restauración de márgenes, obras al pie de aguas debajo de la presa (contraataguía de hormigón e inyecciones de impermeabilización).

1. INTRODUCCIÓN

La Presa de Huesna se encuentra situada en el río Rivera del Huesna, dentro del término municipal de El Pedroso en la provincia de Sevilla.

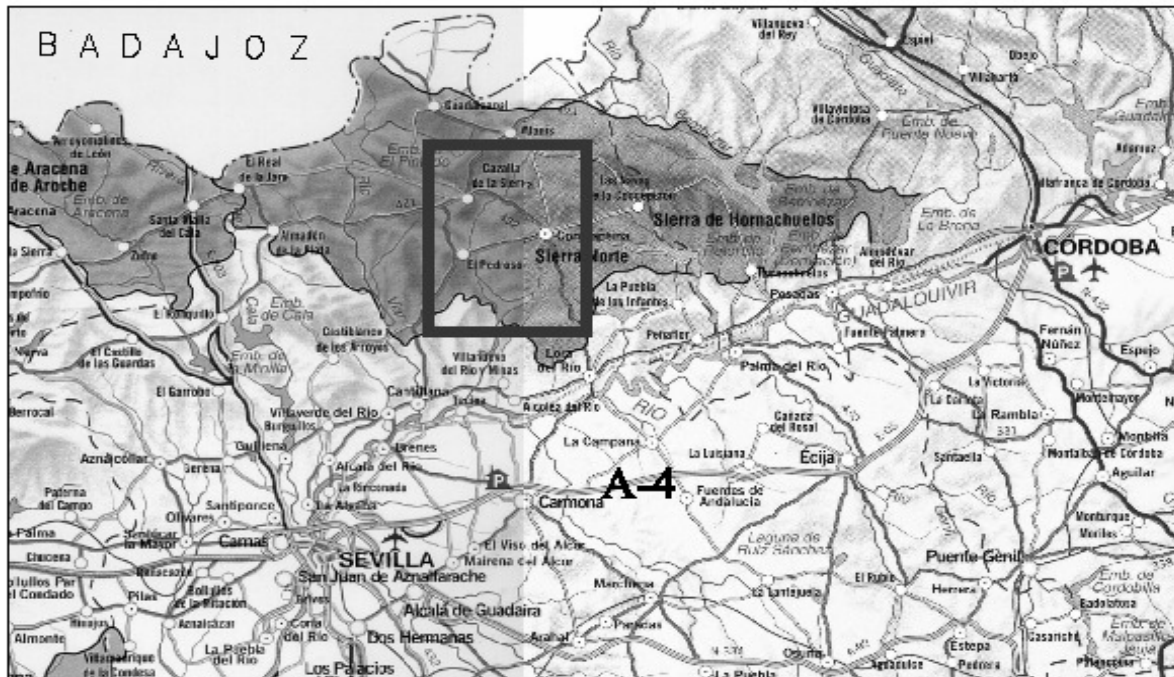
La construcción de la presa finalizó en 1991.

La presente comunicación se refiere a las obras de protección del aliviadero de esta presa, que se ejecutaron en una fase posterior, entre 2004 y 2005. Las obras fueron realizadas por CONSTRUCCIONES SANDO bajo la dirección de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, siendo el Director de Obra D. Luis Errazquin Caracuel.

¹ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de Servicios Técnicos de SANDO CONSTRUCCIONES.

² Ingeniero Técnico Aeronáutico. Jefe de Grupo de Obras SANDO CONSTRUCCIONES.

³ Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de las Obras



Planta de situación

2. DATOS BÁSICOS DE LA PRESA

2.1. CUERPO DE PRESA

Se trata de una presa de escollera con pantalla asfáltica, de planta recta, con 73 m de altura y 278 m de longitud de coronación. La anchura en el punto más alto es de 9 m y los taludes 1,6 H: 1V y 1,5 H: 1V, aguas arriba y aguas abajo respectivamente.



Vista general de la presa por aguas abajo. La galería de los desagües de fondo queda situada en margen derecha a cota del cauce.

Recoge las aguas de una cuenca vertiente de 479 km² y crea un embalse con una capacidad de 135 Hm³.

Los desagües de fondo constan de dos conductos de 1 m² con una capacidad máxima de 63 m³ /s en total, caudal que es evacuado en lámina libre por la galería de servicio. El sistema de cierre se resuelve mediante dos compuertas Bureau.

2.2. ALIVIADERO

El aliviadero está ubicado sobre un collado artificial abierto en margen derecha del embalse, que dista algo más de 1 km de la cerrada (Se trata de un collado excavado para extraer la escollera con que se construyó la presa. La explotación de la cantera se realizó abriendo una trinchera en la montaña que interconecta el borde del embalse con el cauce del barranco del Carbonero). Dispone en la entrada de un muro vertedero de hormigón de labio fijo de 62 m de longitud libre que desagua, a través de la trinchera abierta en la roca, directamente sobre el barranco del Carbonero (el cual reconduce las aguas a la riera de Huesna, desaguando en ésta a unos 200/250 m por debajo del pie de presa).



Vista general del barranco del Carbonero. Cuerpo de presa y riera de Huesna en parte inferior. Trinchera entre vertedero y barranco en parte superior izquierda.

La trinchera de interconexión entre el vertedero y el barranco tiene 425 m de longitud, ancho en la base de 50 m y pendiente de una milésima. Los materiales de excavación de esta trinchera se utilizaron para construir el cuerpo de presa, accediendo con la maquinaria a través del propio barranco lo que obligó a allanar el lecho, utilizando los productos de desecho de la cantera.

El barranco, desde la incorporación del aliviadero hasta su desembocadura, tiene una longitud de unos 850 m y un desnivel de 63 m. La pendiente inicial en cabecera del barranco es del orden del 12%, pasando inmediatamente (tras la caída existente en la salida) a tener una pendiente regular del orden del 6%.

3. NECESIDAD DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN DEL ALIVIADERO

Cuando se construyó la presa se estudió la posibilidad de realizar de inmediato la obra de encauzamiento del barranco o bien retrasar la inversión hasta que la evolución del proceso erosivo del cauce así lo aconsejase.

En las previsiones realizadas en su día se había contado con que las aguas de vertido del aliviadero acabarían arrastrando los depósitos generados durante la obra y erosionando la roca alterada del lecho del cauce del barranco.

Teniendo en cuenta que este proceso erosivo no iba a afectar a la seguridad de la estructura de la presa, se consideró que no importaba retrasar la ejecución de las obras de canalización de las aguas del aliviadero. Con ello se conseguía la ventaja (aparte del ahorro económico que se obtiene por posponer la inversión) de poder actuar con mejor conocimiento del problema al quedar al descubierto toda la roca del lecho y saber cuál era la tendencia erosiva de las aguas, lo que permitiría a su vez que se pudiera proyectar una solución en la que se optimizase y abaratase el diseño de las estructuras de protección.

El primer vertido del aliviadero se produjo en la Navidad del 96. La punta de caudal que pasó por el barranco no llegó a los 100 m³/s, pero fue suficiente para arrastrar todo el coluvión del cauce e iniciar el proceso de socavación de la roca subyacente. Las características adversas de la geología local propiciaron que el agua que discurría por el barranco atacase el borde de la margen derecha del cauce, provocando el inicio de cuñas de deslizamiento en esta ladera. La cantidad de material movilizado fue muy superior a la prevista.

Por otra parte, el material del barranco arrastrado por las aguas se depositó en el tramo inmediato del cauce del río situado aguas abajo de la presa, lo que provocó la puesta en carga de la galería de los desagües de fondo. Posteriormente se excavó provisionalmente la sección para poder mantener en servicio los desagües, pero la salida de caudales se hacía con dificultad, reteniéndose el agua junto al pie de presa. Parte de esta agua se infiltraba por la base de la escollera y afloraba por la galería perimetral, lo que obligaba a bombear continuamente el caudal que seguía este circuito.

El alto riesgo existente de desestabilización de la ladera derecha en determinadas zonas, así como de obstrucción de la salida de los desagües de fondo de la presa motivaron la redacción del Proyecto de Protección del Aliviadero de la Presa de Huesna y la ejecución de las obras.



Detalle del corrimiento de ladera existente entre los P.K. 0+300 y 0+400, como consecuencia de la socavación producida por las aguas sobre el pie del talud.

4. ASPECTOS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS

El fondo del barranco del Carbonero está ubicado en una estructura sinclinal isoclinal con vergencia Norte, donde los materiales de la formación rocosa están constituidos por una alternancia de estratos de areniscas, pizarras arenosas, grauwacas y ocasionales bancos calcáreos de espesor decimétrico. La estructura sinclinal presenta una fragmentación en bloques ocasionada por un sistema de fracturación transversal que ha ocasionado un leve giro de cada bloque, dando lugar a acuñaciones de paquetes o al relevo mediante repliegues en rodilla, con la producción de planos de esquistosidad de fracturación.

La dirección del plano de esquistosidad principal varía desde N 20 O a N 45 O y la dirección de buzamiento predominante es NE con valores medios comprendidos entre 30 y 40°, aunque localmente se pueden observar valores superiores en la proximidad de los repliegues o áreas de fracturación secundaria. Todo ello es favorable para generar inestabilidad en la ladera derecha del barranco, en la que ya existen zonas con corrimientos notables.

Los suelos de recubrimiento de las laderas están constituidos por materiales coluviales rojizos que en la ladera de margen derecha alcanzan espesores de más de 2 m, mientras que en la ladera de margen izquierda estos depósitos son más escasos. Los vertidos de materiales procedentes de las excavaciones de la presa ocupan una gran extensión de la ladera de margen izquierda, apreciándose también localmente algunos rasgos de inestabilidad marcados por la apertura de grietas de tracción con evidentes movimientos verticales y horizontales.

El cauce del barranco sigue una dirección que coincide prácticamente con la orientación de los planos de estratificación de la pizarra, con una pequeña desviación que hace que converjan en sentido de avance hacia aguas abajo. Al ser además el buzamiento sensiblemente el de la ladera, toda esta margen es proclive a la inestabilidad y se activa con el paso del agua por el barranco. Durante el vertido del aliviadero, la erosión de la roca del cauce fue más intensa en los paquetes débiles de pizarras, quedando sobresaliendo en forma de crestones los estratos más gruesos y sanos de grauwacas, los cuales con su orientación adversa dirigieron el avance del agua contra la ladera derecha, socavando el repié de ésta y dando lugar al inicio de grandes cuñas de deslizamiento.

En cambio la ladera izquierda es bastante estable, razón por la cual el vertido del aliviadero no afectó prácticamente a esta margen.



Detalle de un pliegue de las pizarras con disposición transversal al eje del barranco.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

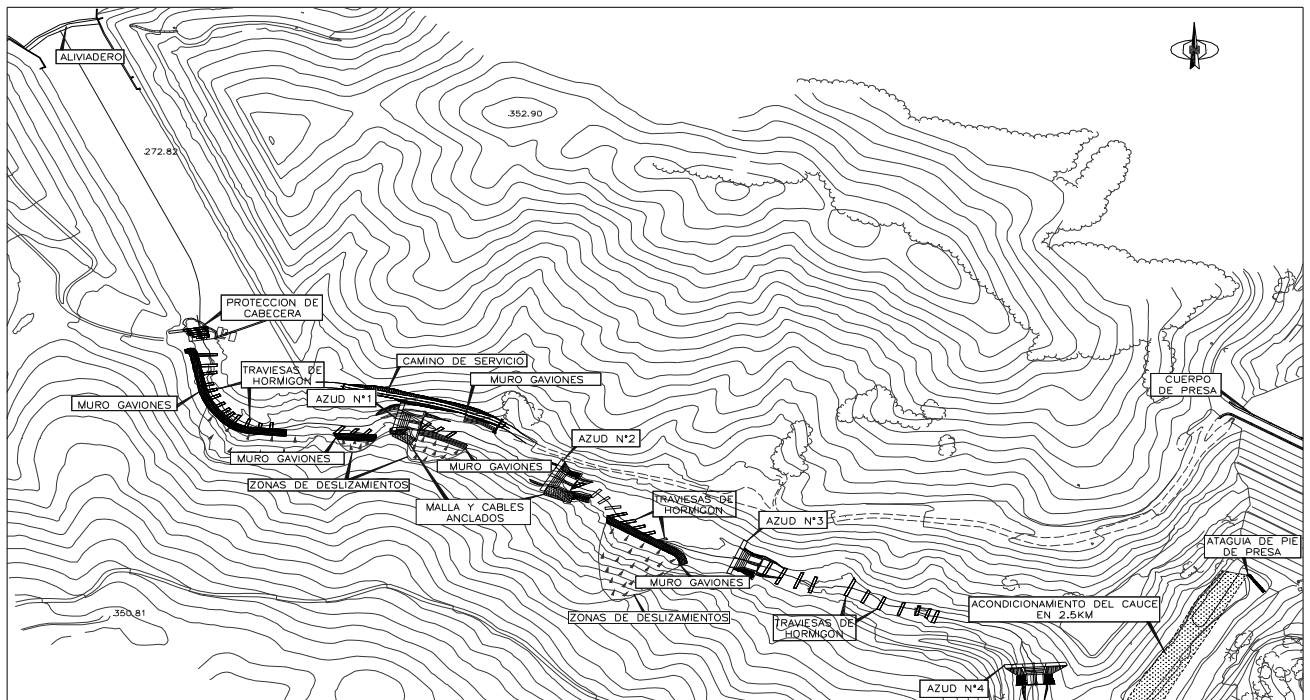
5.1. INTRODUCCIÓN

Para luchar contra la socavación del cauce y la inestabilidad de la ladera derecha se plantearon los siguientes objetivos y actuaciones:

- Reducción de la capacidad erosiva de las aguas, disminuyendo su energía. Para conseguir este objetivo se proyectaron en el cauce pequeños azudes que permiten reducir la pendiente del lecho del barranco y traviesas o cadenas de hormigón que fijan la sección e impiden que progrese el proceso de socavación.

- Evitar que la erosión selectiva de los paquetes débiles genere vías preferentes de ataque a la ladera derecha y proteger el cauce de nuevas socavaciones. Para ello las traviesas o cadenas de hormigón se disponen en dirección al menos ortogonal a la estratificación.

- Proteger el repié de las zonas con problemas graves de inestabilidad en la margen derecha, utilizando diques de gaviones. Se eligió ésta solución porque reúne ventajas sobre otros materiales, al ser un dique totalmente permeable para alivio de las presiones intersticiales, ser muy flexible admitiendo sin problemas pequeños movimientos de acomodación, y por tratarse de una solución medioambientalmente correcta.



Planta general de actuaciones

En la figura anterior se representan esquemáticamente las actuaciones realizadas, que se resumen brevemente a continuación.

5.2. OBRA DE CABECERA

La obra de protección de cabecera es una estructura escalonada de hormigón en masa, adaptada a la fisonomía del cauce, proyectada con el objetivo de impedir que siga prosperando la socavación por el borde derecho de la trinchera del aliviadero. Al finalizar este azud, se cuenta con una losa de hormigón de 1 m de espesor igualmente adaptada al cauce y que finaliza lateralmente en el contacto trinchera –barranco. El desnivel, entre el umbral de entrada de esta obra y el de salida, es de 5 m. La obra se completa con muros laterales que dirigen el paso del agua por la obra de protección.

5.3. AZUDES

En total se disponen cuatro azudes de contención, sin contar con la protección de cabecera y se denominan por orden numérico según baja el barranco.

Los azudes constituyen pequeñas presas de gravedad de planta recta con talud vertical aguas arriba, y escalonado con talud 1.4/1 aguas abajo.

Al pie, para restitución del agua al cauce, disponen de unos cuencos de 10 m de longitud y 12 metros de anchura. La altura sobre cauce es 6 m para todos los azudes. El ancho de escotadura, adaptado a las posibilidades del cauce, varía entre 18 y 20 m.

A la escotadura del vertido la acompañan dos aletas laterales, de 1.50 m de espesor.

Como elementos de cierre contra el terreno se cuenta con muros de gravedad de 3.25 m de espesor y 7 m de altura máxima. En el cuenco se han proyectado muros de hormigón armado de 7.0 m de altura y 1.0 m de espesor.

En algunas zonas se ha aplacado con mampostería concertada de grauwacas, obtenidas por selección de las excavaciones, para quitar dureza visual al hormigón de los azudes.

5.4. CADENAS O TRAVIESAS

Se distribuyeron a lo largo del cauce del barranco un total de 39 traviesas de hormigón, con orientación en planta ortogonal a la de los planos de estratificación de las pizarras. Su sección es de 1,50 x 2 m y están ancladas a la roca mediante bulones de 6 m de profundidad, dispuestos alternadamente en los bordes y con separación de 1 m entre ellos.

5.5. DIQUES DE GAVIONES

Se dispusieron cinco tramos de protección de la ladera derecha del cauce.

De las cinco protecciones de gaviones originales, una de ellas, se sustituyó por un muro de hormigón armado, ante la imposibilidad de su emplazamiento en la salida del azud nº2. El talud 1:1 de estas protecciones y la excavación que se precisa en la salida del cuenco impidieron situar este tipo de obra en dicho punto. Se resolvió mediante la prolongación del muro – aleta del cuenco en el sentido de avance del barranco.

La sección transversal de las protecciones con gaviones está formada por unidades de gavión de 1 x 1 m, con disposición escalonada y altura total entre 6 y 12 m.

5.6. PROTECCIONES ADICIONALES EN LAS LADERAS

Al realizar la excavación necesaria para empotrar el estribo derecho del azud nº 1 en la ladera, se produjo un deslizamiento en ésta que dejó un frente

prácticamente vertical de unos 20 m de altura con un gran número de rocas en situación inestable.

La solución adoptada fue limpiar el talud afectado del material suelto y rocas inestables y cubrirlo con una malla y una red de cables de acero sujetas al terreno mediante bulones de 6 m de longitud dispuestos en toda su superficie y, de forma especial, en su perímetro.

Posteriormente se produjo un nuevo deslizamiento de muy similares características, al comenzar la excavación del estribo derecho del azud nº 2. La solución propuesta para corregir esta situación es idéntica a la ya descrita para el azud nº 1.

Por otra parte, los deslizamientos de ladera antes descritos aconsejaron modificar ligeramente la geometría en planta de los azudes 1 y 2 con objeto de minimizar las excavaciones y disminuir así el riesgo de nuevos desprendimientos. Como consecuencia de esta modificación se decidió disponer una nueva hilera de gaviones en el pie de la ladera izquierda del barranco, aguas abajo del azud nº 1, para evitar su erosión, dado que el pequeño giro dado a las aletas del cuenco de amortiguación hace que esta ladera quede más expuesta a la energía del agua.

5.7. OBRA DE RESTAURACIÓN DEL CAUCE DE LA RIVERA DE HUESNA

En el cauce de la rivera de Huesna había una acumulación de acarreo excesiva, procedente de los arrastres del barranco, que dificultaba la salida de las aguas evacuadas por los desagües de fondo de la presa. Con objeto de solucionar este problema se realizó la restauración del cauce del río en un tramo de 2,5 km a partir del pie de presa. La obra consistió en la retirada del coluvión del cauce para dejarlo ordenadamente colocado en las márgenes o en las zonas de acopio que se seleccionaban. Se incluyó además la repoblación forestal y revegetación de las márgenes. En total se han plantado más de 2.000 especies entre árboles y arbustos, elegidas de especies autóctonas.

5.8. CORRECCIÓN DE LAS FILTRACIONES DE RETORNO DE LA PRESA

Para evitar el problema de filtraciones y encharcamiento de la galería perimetral se ejecutó un murete de hormigón a pie de presa que, a modo de contraatagüía, impide que el agua retorne hacia aguas arriba. Se incluyeron además sendas pantallas de inyección, la primera en la base de esta contraatagüía para evitar la filtración a través de las litoclasas del cimientado y la segunda en el retorno de la galería perimetral.

5.9. OTRAS OBRAS COMPLEMENTARIAS

Además de las obras anteriormente descritas, se incluyeron un conjunto de obras necesarias para dar continuidad al camino de acceso al barranco, de forma que se pueda acceder hasta la trinchera del aliviadero.

5.10. FOTOGRAFÍAS ZONA REPRESENTATIVA

A continuación se muestran dos fotografías de la zona del azud 1 con la obra terminada (azud, muros de gaviones y traviesas).



Zona aguas arriba Azud 1



Zona aguas abajo Azud 1

5.11 ENSAYOS EN MODELO REDUCIDO

Finalizada la construcción, la Confederación, en colaboración con el CEDEX, ha realizado un modelo reducido de la obra en el que se están efectuando ensayos para comprobar con más precisión el funcionamiento hidráulico del barranco para distintos caudales.

Las primeras simulaciones apuntan a que para caudales elevados, las obras ejecutadas no evitarían erosiones de cierta importancia, por lo que se están estudiando nuevas soluciones que puedan garantizar el buen resultado de las obras con cualquiera de las avenidas presumibles.

Entre ellas se está planteando la construcción de un canal de descarga de hormigón armado en toda la longitud del barranco, solución ésta que se quiso evitar en un principio por su elevado coste y dureza ambiental.