

INNOVACIONES EN ALIVIADEROS DE PRESAS DE MATERIALES SUELTOS

Alfonso Álvarez Martínez.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Francisco Flores Montoya.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, del Estado.

Conf. Hidrográfica del Tajo.

Miguel Ángel Toledo Municio.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

RESUMEN

En presas de materiales sueltos la relación entre el coste del aliviadero y el del cuerpo de presa suele ser bastante más alto que en presas de hormigón; esto por tener que independizar el aliviadero del cuerpo de la presa.

En el presente artículo se describen innovaciones puestas en práctica con éxito, mediante las cuáles se ha conseguido un ahorro económico apreciable y se mantienen las necesarias condiciones de seguridad. Se exponen también otras innovaciones que pueden introducirse persiguiendo el doble objetivo de economía y seguridad.

ABSTRACT

In loose materials dams, the cost of the spillway in relation to the cost of the core of the dam is considerably higher than it is in concrete dams because in the former case the spillway has to be independent of the dam itself.

This article outlines some innovations that have been carried out successfully, bringing a considerable reduction of costs while maintaining the required level of safety. Reference is made to further innovations that may be introduced in pursuit of these two objectives of economy and safety.

INTRODUCCIÓN

Las presas de materiales sueltos tienen la gran ventaja, con respecto a las de hormigón, de poderse apoyar en terreno poco resistente. Aunque este tenga deformabilidad apreciable, no por ello se llegará a un colapso de la presa siempre que sus taludes sean idóneos.

Pero es de resaltar que para impedir la destrucción, parcial o total, de una presa de materiales sueltos, si con una riada mayor de la prevista llega a verter el agua por encima de ella, se debe sobredimensionar el aliviadero, o sobreelevar la coronación con respecto al nivel máximo normal lo suficiente para retener temporalmente el agua de la riada.

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de septiembre de 1998.

Recibido en ROP:
junio de 1998

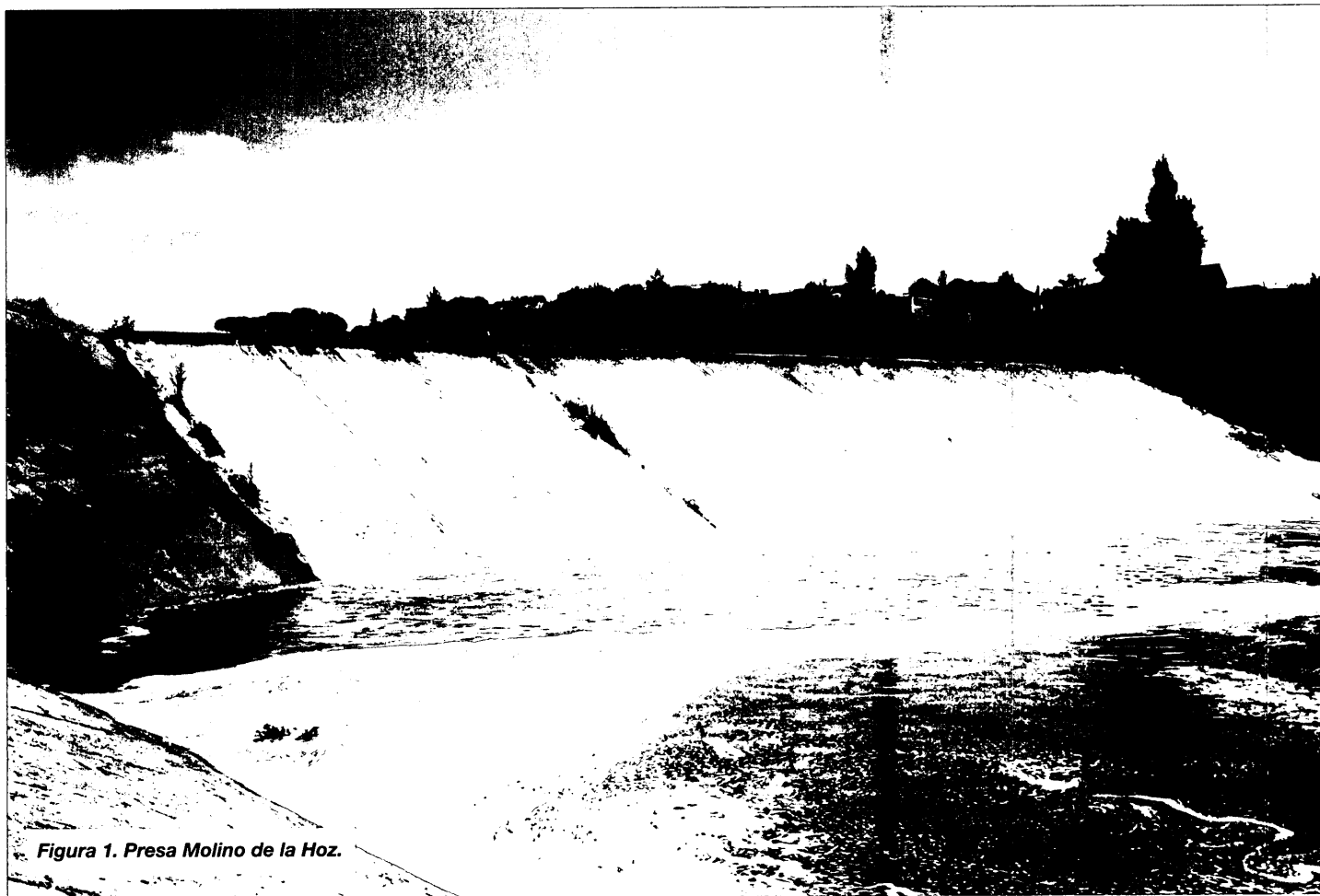


Figura 1. Presa Molino de la Hoz.

Estas medidas de seguridad implican en bastantes casos un encarecimiento mayor que el derivado de sustituir la presa, de materiales sueltos, por otra de hormigón.

Una economía importante puede conseguirse dotando al aliviadero de capacidad amplia, pero construyéndolo sobre el espaldón de materiales sueltos. En el presente artículo se analizan las disposiciones que pueden seguirse para garantizar la seguridad que siempre requiere toda presa.

ANTECEDENTES

A mediados del siglo actual se construyeron en California varias presas de materiales sueltos disponiendo su aliviadero sobre el talud de agua abajo.

Habiendo sido bueno el resultado de estas presas, en la década de los 70 se decidió adoptar una técnica similar para la presa del Molino de la Hoz, en el río Guadarrama, construida por la promotora de esta urbanización para dotarla de las ventajas que ofrece un lago. (Figura 1).

Primeramente se pensó en un aliviadero convencional, ubicado en la margen izquierda, pero a la vista de su anteproyec-

to, la promotora optó por abandonar los deseos de tener un lago, pues consideraba excesivo su coste.

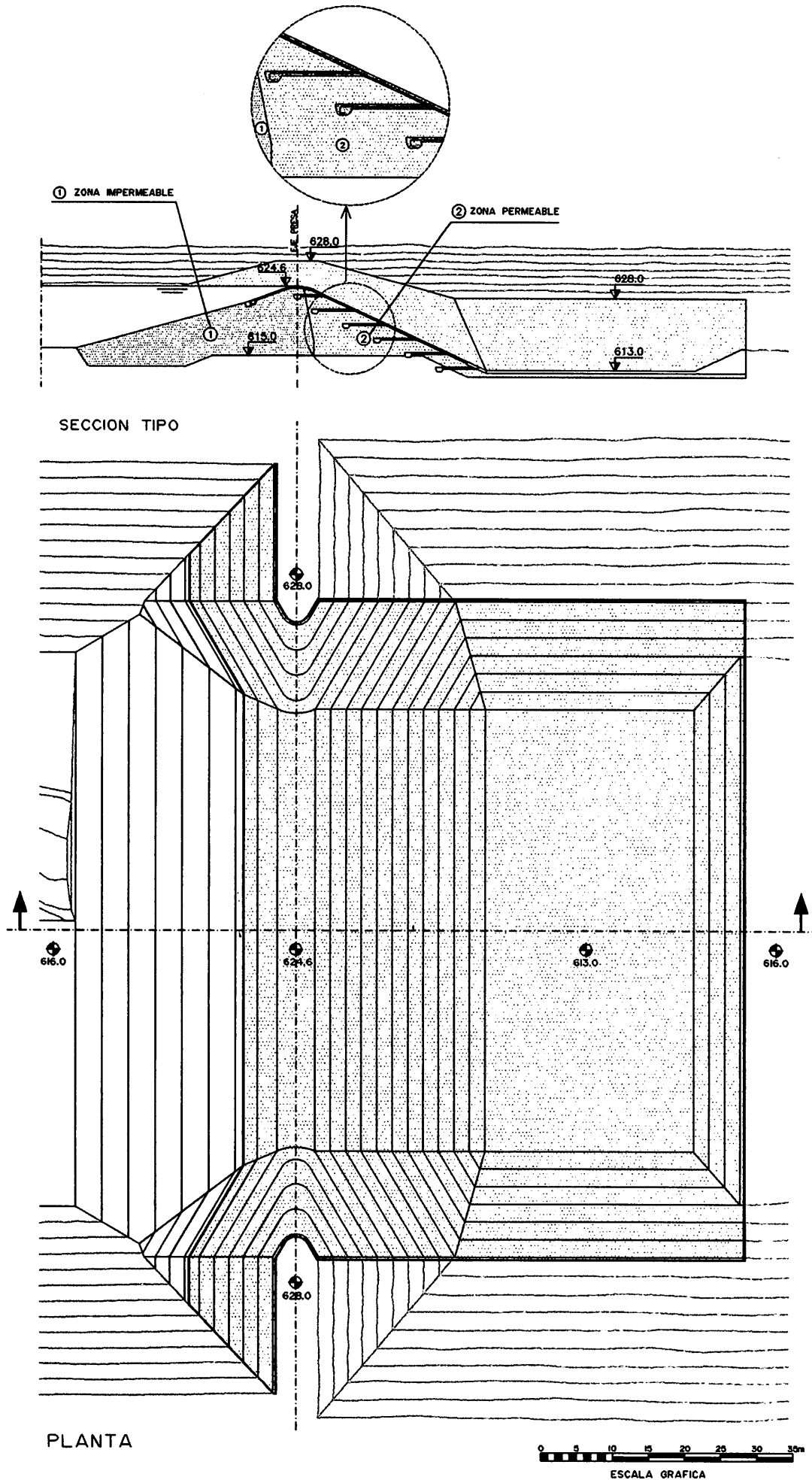
Siguiendo el ejemplo de las presas existentes en California, se estudió un aliviadero apoyado sobre la presa de tierras. Así se conseguía para el total de la presa una economía del orden del 20% y a la vista de ello la promotora decidió acometer la obra.

En la figura 2 se representa la planta de la presa. En ella puede verse como toda zona de presa sobre la cuál puede discurrir el agua, tanto coronación como el talud de agua abajo y también la parte de agua arriba sometida a la acción del oleaje, se cubrió con losas de hormigón armado para impedir eventuales erosiones.

El aliviadero de Molino de la Hoz ha de permitir el paso de caudales superiores a 600 m³/seg. Por ello ocupa todo el ancho de presa, pudiendo tener la lámina vertiente un calado que se aproxima a 4 m.

Para garantizar la seguridad, evitando que lleguen a levantarse las losas, al actuar tanto succiones debidas al agua que circule sobre ellas como presiones intersticiales del agua que haya saturado la presa, se adoptó la innovación de disponer barras de acero que anclen las losas de hormigón al cuerpo de la presa.

Figura 2.



Compactada la tongada sobre la cuál irían los anclajes horizontales, se excavaban pozos de aproximadamente 1 m³, y después de introducir en ellos las barras de anclaje se rellenaban de hormigón.

Las barras corren sobre la tongada a lo largo de canaletas excavadas y después rellenas de hormigón, cuya misión es proteger el acero de ulterior oxidación. En la sección transversal que acompaña a la planta de presa pueden verse estos detalles.

En el cauce del río se construyó un cuenco amortiguador con el correspondiente umbral de salida. Tiene dimensiones importantes, en relación con las de la presa, para garantizar un buen comportamiento durante las avenidas máximas y evitar posibles roturas que pudieren acarrear un colapso de la presa. Sin embargo, tal como se ha dicho antes, esta solución de aliviadero consiguió un ahorro del orden del 20%, con respecto a la solución habitual de aliviadero separado de la presa, al ser esta de materiales sueltos.

Cierta similitud con la presa Molino de la Hoz tiene la presa de Llodio, realizada poco después.

INNOVACIONES QUE AHORA SE PROPONEN

En el Molino de la Hoz se dispusieron drenajes para que el agua que haya percolado por el cuerpo de presa pueda salir al exterior sin crear bajo las losas subpresiones que, sumadas a eventuales succiones originadas por el caudal de la riada, llegasen a levantar las losas de hormigón.

En previsión de que tales drenajes pudieran colmatarse, se optó por colocar anclajes destinados a impedir el levantamiento de las losas. El número y diámetro de las barras de anclaje se dimensionó con bastante amplitud para garantizar su cometido, lo cual supuso cierta elevación del coste.

Para evitar que las riadas lleguen a producir en el cauce del río erosiones que pudieren alterar la estabilidad de la presa, se ejecutó el cuenco amortiguador dimensionado con la correspondiente amplitud.

Según se ha mencionado antes, el aliviadero de la presa Molino de la Hoz que lleva funcionado más de 20 años sin ningún problema, aunque han pasado por él avenidas de alto caudal, supuso un ahorro importante en relación con un aliviadero convencional, ubicado fuera de la presa.

Ahora se exponen otras innovaciones que permiten conseguir una reducción del coste, en comparación con la solución del Molino de la Hoz, y en cambio mantienen la necesaria seguridad.

En lugar de cuenco amortiguador puede hacerse que el agua vierta al río por un trampolín cuyo perfil de vertido tenga una altura moderada en relación con el nivel del cauce. (Ver figura 3).

Este trampolín quedará apoyado sobre muros paralelos a la dirección del río. Se dejarán entre ellos separaciones idóneas, rellenando con escollera los huecos que quedan entre muros.

El grosor y separación de los muros dependerán de los medios constructivos a utilizar, pero en una primera aproximación puede pensarse en un grosor de 1,0 m y una separación de 3,0 m.

Los muros se apoyarán sobre un umbral de hormigón encajado en el terreno hasta una profundidad que con seguridad sea mayor de la que pueda excavar, en el lecho del río, el agua que vierta por el aliviadero.

Por lo tanto ha de calcularse el calado a partir del cual el agua yacente amortigua la que cae, sin que esta siga excavando el fondo. Su valor depende del espesor de la lámina vertiente pero ha de fijarse con amplio margen, para garantizar que no se erosionará el fondo a profundidad que pudiere alterar la estabilidad del umbral sobre el cual descansan los muros que sostienen el trampolín.

La altura de los muros dependerá de las condiciones de cada caso particular, pero en principio parece lógico pensar en una altura de 3,0 m.

Una vez contruidos los muros, se rellenarán los espacios entre ellos con escollera cuyos bloques podrían tener dimensiones entre 10 cm y 60 cm. Naturalmente estos valores dependerán de los depósitos de roca utilizables y de los medios de que se disponga.

Después de compactada la escollera, podrán colocarse en su talud externo bloques de protección que tengan mayor tamaño.

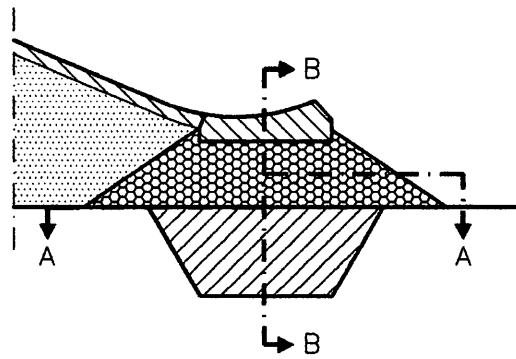
Parece lógico aprovechar la escollera como cimbra para construir sobre ella el trampolín de lanzamiento. Las armaduras a colocar en este trampolín han de cuantificarse de modo que puedan resistir los esfuerzos desarrollados en la "viga" que, apoyada sobre los muros, forma el trampolín.

Recordemos que, si no se anclan las losas al cuerpo de presa para ahorrar el sobre coste que implican, deberán adoptarse disposiciones encaminadas a garantizar la ausencia de subpresiones bajo las losas. El modo de proceder es hacer que el agua que percole a través del cuerpo de presa pueda salir al exterior a través de la escollera colocada bajo el trampolín de lanzamiento.

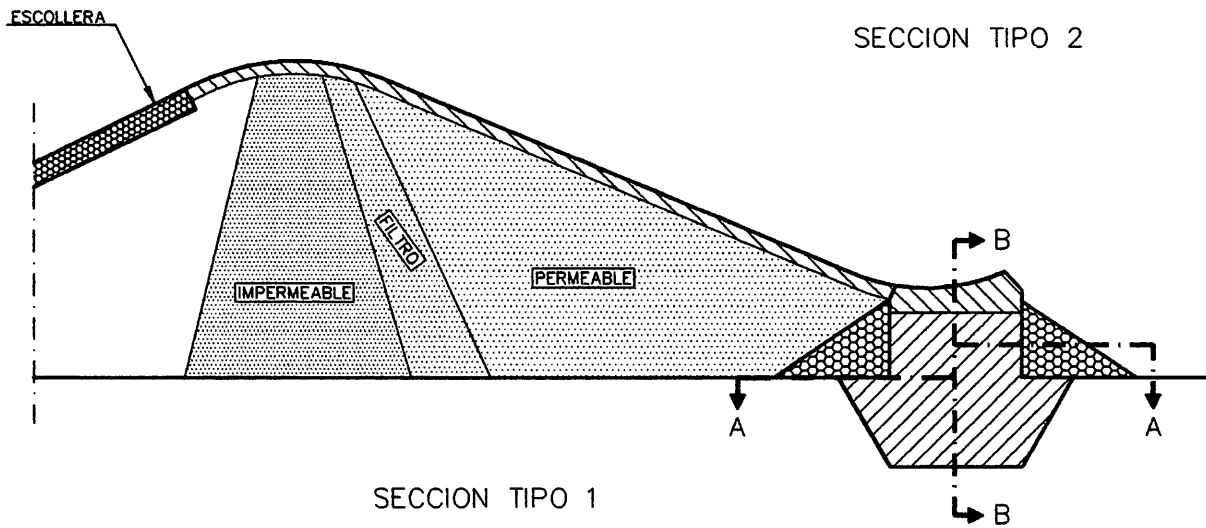
Si como antes se ha propuesto, los espacios libres entre muros tienen una dimensión del orden del triple del espesor de los muros, y la escollera es de granos gruesos, toda el agua que haya podido filtrar a través de la presa, e incluso la que penetrase por las juntas o por eventuales grietas en las losas que forman el aliviadero, podrá salir libremente al exterior.

Entre la escollera y la parte térrea de la presa, sea núcleo impermeable o espaldón de una presa homogénea, será preciso disponer un filtro que garantice con total seguridad la imposibilidad de migración de las partículas que dan a la presa las

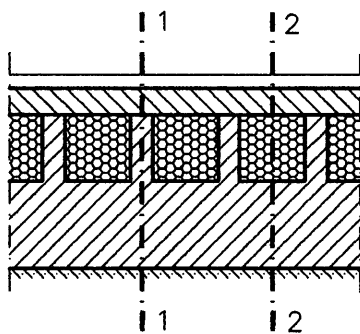
Figura 3.



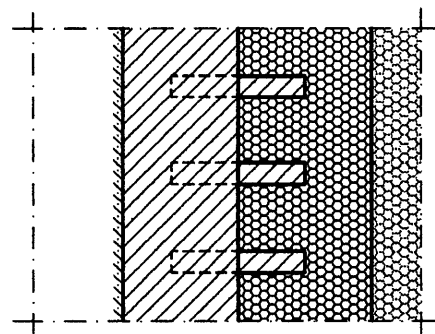
SECCION TIPO 2



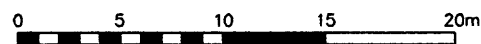
SECCION TIPO 1



SECCION TRANSVERSAL VERTICAL B-B



SECCION HORIZONTAL A-A



ESCALA GRAFICA



Isidoro Sánchez S.A.
TOPOGRAFIA

El sueño de un topógrafo



Descubra lo último en tecnología electrónica, láser, software y GPS para aplicaciones en Construcción y Obras Públicas.

CONOZCA NUESTROS CURSOS DE MANEJO



ENAC
Entidad Nacional de Acreditación
CALIBRACIÓN
N° 66/LC117



SOKKIA

Trimble

INTERGRAPH

ISIDORO SÁNCHEZ S.A.

Ronda de Atocha, 16. 28012 Madrid. Tel: (91) 467 53 63. Fax: (91) 539 22 16

A. Álvarez Martínez, F. Flores Montoya y M. Á. Toledo Municio

sibilidad de migración de las partículas que dan a la presa las necesarias condiciones de impermeabilidad.

Esta zona de transición podrá estar dividida en una parte que sea verdadero filtro, en contacto con el material téreo, y otra parte granular con permeabilidad más alta. Naturalmente la elección de una u otra solución dependerá de cuales sean los materiales que, por abundar en la zona y requerir menores trabajos de selección, permiten una minoración del costo. Siempre ha de conseguirse con total garantía que el agua pase bien por la zona que ahora analizamos, y que el filtro tenga dimensiones amplias, para que no quede en él ninguna interrupción al ser construido.

Según se ha expuesto antes, en Molino de la Hoz se colocaron anclajes uniendo al cuerpo de presa las losas de hormigón del aliviadero para impedir que estas puedan levantarse, tanto como consecuencia de presiones hidrostáticas debidas al agua que pueda atravesar la presa, como por succiones del agua que pase por el aliviadero.

Esto por temor de que tras una rotura de las losas, al verter el agua sobre la propia presa, pueda producirse en ella un colapso global

En su Tesis Doctoral sobre PRESAS DE ESCOLLERA SOMETIDAS A SOBREVERTIDO, Miguel Angel Toledo analiza y cuantifica el valor del talud del espaldón de agua abajo, a partir del cuál la presa mantiene su estabilidad, aunque el agua vierta sobre ella. Con total lógica este talud resulta más tendido que el correspondiente a una presa sin sobrevertido.

Si las losas del aliviadero se disponen sobre un talud que resistiera el sobrevertido, disminuirá el efecto de succión que en ellas pueda producir la lámina vertiente, y por tanto la posibilidad de que lleguen a levantarse.

Es difícil cuantificar con exactitud las fuerzas de succión implicables al agua que vierta sobre el aliviadero, siempre debidas a turbulencias motivadas por irregularidades en su superficie, variaciones de presión en el aire, etc.

Ahora bien, no se debe olvidar que, con el talud idóneo para el sobrevertido, la presa no sufriría rotura global aunque el agua vierta sobre ella. Si se garantiza que el agua que llegue a la presa, sea por percolación a través de ella, o después de rotas las losas de hormigón sea evacuada a través de la escollera del pie de presa (esto es fácil de garantizar) no se podrá producir ninguna rotura peligrosa con tal de que el talud de agua abajo se dimensione de acuerdo con lo expuesto en la Tesis Doctoral antes citada.

La conclusión es que, siguiendo las ideas aquí presentadas, puede conseguirse un abaratamiento quizás trascendental, disponiendo el aliviadero sobre la presa de materiales sueltos y garantizando la seguridad de la presa. ●