

Aliviaderos de presas de labio fijo o con compuertas

Alfonso Álvarez Martínez

Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

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

Miguel Ángel Toledo Municio

Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

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

RESUMEN

En este artículo se analizan las ventajas e inconvenientes atribuibles a un aliviadero, según sea de labio fijo o con compuertas. Se acompañan datos y fotos de diversos casos reales y se presta particular atención a las presas de materiales sueltos pues, con respecto a lo que hasta ahora es usual en ellas, se puede conseguir apreciable ventaja económica disponiendo el aliviadero por encima del cuerpo de presa. Esto adoptando los dispositivos necesarios para garantizar la seguridad.

ABSTRACT

This article analyses the advantages and disadvantages of a spillway depending on whether it is equipped with a fixed lip or sluices. Various data and photographs of different cases are included and particular attention is paid to loose material dams and the usual practice regarding the same to date. It is possible to obtain significant economic profit by placing the spillway on top of the body of the dam after making the necessary arrangements to ensure safety.

INTRODUCCIÓN

El aliviadero de toda presa debe permitir que, incluso presentándose la avenida -máxima-maximorum-, no llegue el agua a verter sobre la coronación de la presa, salvo que se tomen las medidas de protección adecuadas. Siendo la presa de hormigón pueden producirse daños en elementos de su coronación, en las barandillas, sistema de alumbrado etc, y los daños podrían incluso ser graves si por la coronación circulan coches habitualmente. También podrían producirse daños en el contacto presa-terreno, llegando a provocar el descalce de alguno o varios de los bloques que forman la presa.

En presas de materiales sueltos, salvo que se adopten disposiciones especiales con técnicas relativamente nuevas, si el agua vierte sobre su coronación hay peligro grave de rotura.

Aunque ésta no llegue a ser completa, siempre es alta la probabilidad de que resulte grave. La mayor vulnerabilidad de las presas de materiales sueltos frente al sobrevertido hace que el problema de elección entre aliviadero de labio fijo o con compuertas sea especialmente delicado.

CAPACIDAD DE DESAGÜE DEL ALIVIADERO

Según se expone en la introducción, el aliviadero debe tener una capacidad de desagüe suficiente para que las crecidas del río, incluso la mayor que pueda presentarse, de acuerdo con los criterios vigentes, no lleguen a causar daños en la presa como consecuencia de sobrepasar el agua el nivel de coronación. La capacidad del embalse, en su tramo superior

hasta alcanzar la coronación de la presa, tiene influencia decisiva en ello. Si este volumen de embalse es pequeño en comparación con el volumen de agua que aporte la crecida, puede afirmarse que apenas ejercerá efecto de laminación y el aliviadero debe ser capaz de desaguar un caudal similar al máximo de la crecida.

Por el contrario, siendo el volumen de embalse suficientemente grande, si se deja un adecuado resguardo hasta la coronación, puede acumularse temporalmente una gran parte del volumen de la crecida, reduciendo sensiblemente el caudal punta de salida del embalse, por lo que se requerirá una capacidad de desagüe del aliviadero mucho más reducida.

En el pasado, teniendo compuertas la mayoría de los aliviaderos, era frecuente cuando llegaba la época de crecidas, mantener el nivel de embalse bastante más bajo que el normal y tratar de laminar los caudales máximos. Hoy día en la mayoría de los casos, el valle del río agua abajo de la presa tiene bastantes núcleos urbanos y hay que dar prioridad a que en ellos las crecidas no produzcan daños. Pero simultáneamente está el hecho de que cada día es mayor el valor del agua, y por tanto se debe evitar verterla al río siempre que sea posible retenerla en el embalse. Las consecuencias de estas consideraciones se describen en apartados siguientes.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS COMPUERTAS

Los aliviaderos con compuertas tienen como indiscutibles ventajas que:

- ▼ a) Con el nivel normal de embalse se puede desaguar un caudal importante y hacer frente a la avenida que llega, aún con una sobreelevación moderada del embalse.
- ▼ b) Es factible hacer descender el nivel del embalse antes de presentarse la avenida y así disponer de un volumen de embalse que participe en el fenómeno de laminación.
- ▼ c) Puede resultar idónea una longitud de vertido apreciablemente menor que la necesaria en caso de no haber compuertas.

Pero las compuertas implican también inconvenientes, que pueden llegar a ser graves:

- ▼ a) Si cuando llega una avenida, en una o más compuertas hay avería que impide su apertura, o los operarios que atienden a su control no realizan las debidas operaciones, puede subir el nivel de embalse más de lo debido e incluso verter el agua sobre la coronación.
- ▼ b) Si la avenida produce daños río abajo de la presa los habitantes afectados, para reclamar las correspondientes indemnizaciones, argumentan muchas veces que se abrie-

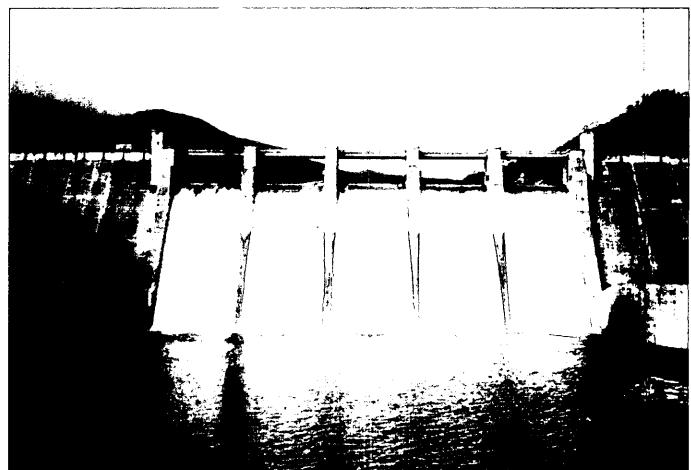


Figura 1.
Arriba, presa de Valdesia, sobre estas líneas y a la izquierda la presa de Las Barrias.

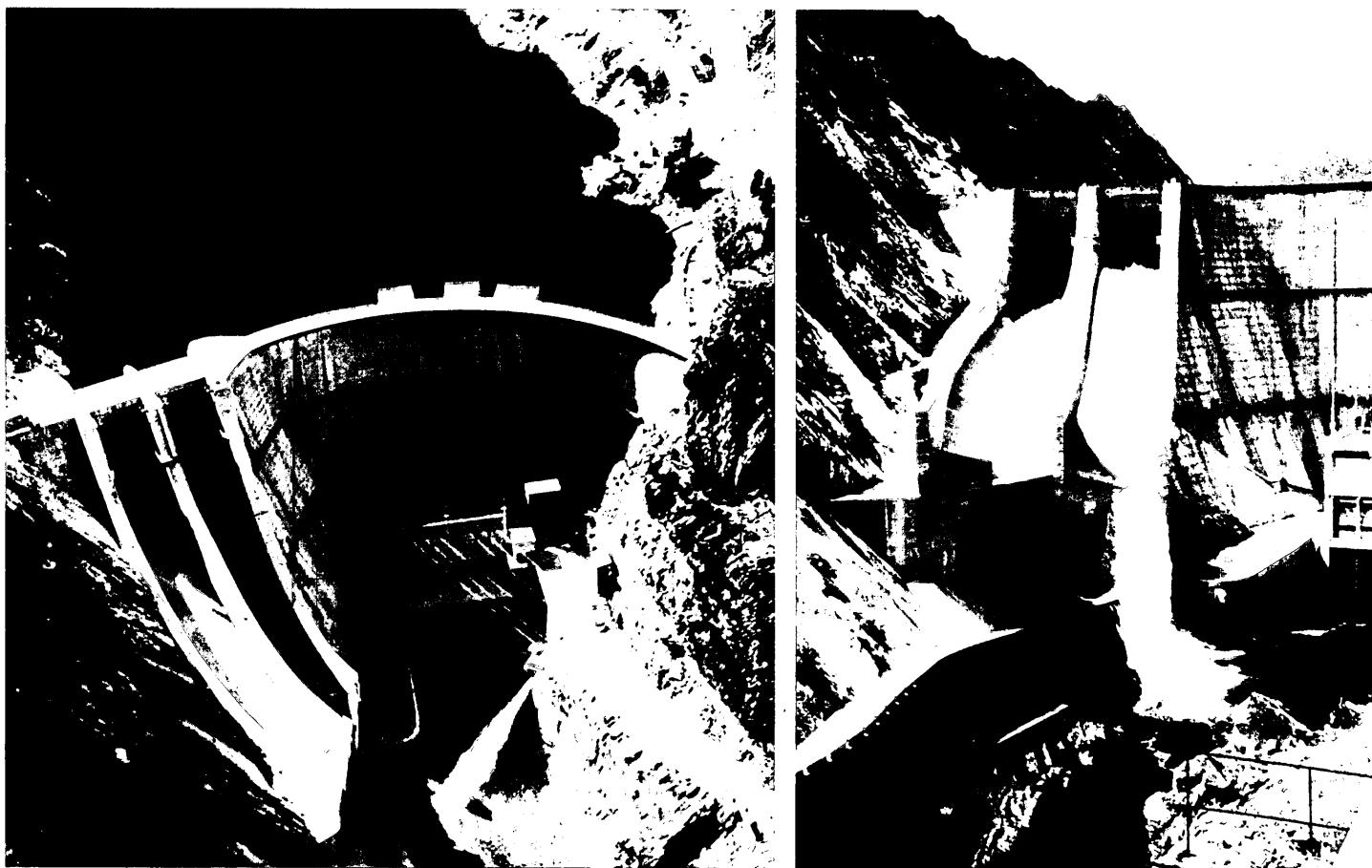


Figura 2. Presa de La Barca. Vista general y aliviadero.

ron con exceso las compuertas y el caudal evacuado del embalse tuvo mayor cuantía que el aportado por el río.

Un ejemplo peculiar de sucesos acaecidos en aliviaderos con compuertas lo ofrecen las presas de **Valdesia** (de gravedad) y de **Las Barias** (de tierra) las dos en el mismo río que desagua en la costa Sur de la República Dominicana.

Ante el anuncio de que llegaba un tornado extraordinariamente intenso se produjeron los correspondientes movimientos de alarma y ambas presas fueron abandonadas por quienes se ocupaban de controlarlas y abrir las compuertas. Las fuertes lluvias generaron una intensa avenida y la sobre elevación del nivel de agua en los embalses motivó que:

▼ En **Valdesia** las 5 compuertas del aliviadero fueron arrancadas y arrastradas por la corriente, quedando depositadas, una aproximadamente a 70 m de la presa y las cuatro restantes a mayores distancias.

▼ En **Las Barias** unas compuertas fueron arrancadas y otras dobladas, lo que permitió que la crecida pasase por el aliviadero. De otro modo el embalse hubiera sobrepasado la coronación y con casi seguridad la presa, que es de tierras, habría colapsado.

SOLUCIONES ACONSEJABLES

De lo expuesto se desprende que, en general, las compuertas de un aliviadero implican más inconvenientes que ventajas. Debe tenerse en cuenta que las ventajas de las compuertas se refieren a la funcionalidad y la economía, mientras que los inconvenientes afectan a la seguridad de la presa, aspecto que resulta crítico. Al proyectar una nueva presa hay que atender a las condiciones propias del caso. En particular:

- ▼ a) El volumen de la parte alta del embalse, estableciendo su comparación con el volumen de agua que puede aportar la crecida máxima.
- ▼ b) Las características propias de la cerrada.
- ▼ c) El nivel que en caso extraordinario puede alcanzar el embalse sin inundar zonas prohibitivas.
- ▼ d) La ocupación de la cuenca del río, agua abajo de la presa, en especial viviendas habitadas.

Puede citarse como caso singular la presa de **La Barca**. Construida exclusivamente para producir energía hidroeléctrica, crea un embalse con capacidad muy reducida en compa-

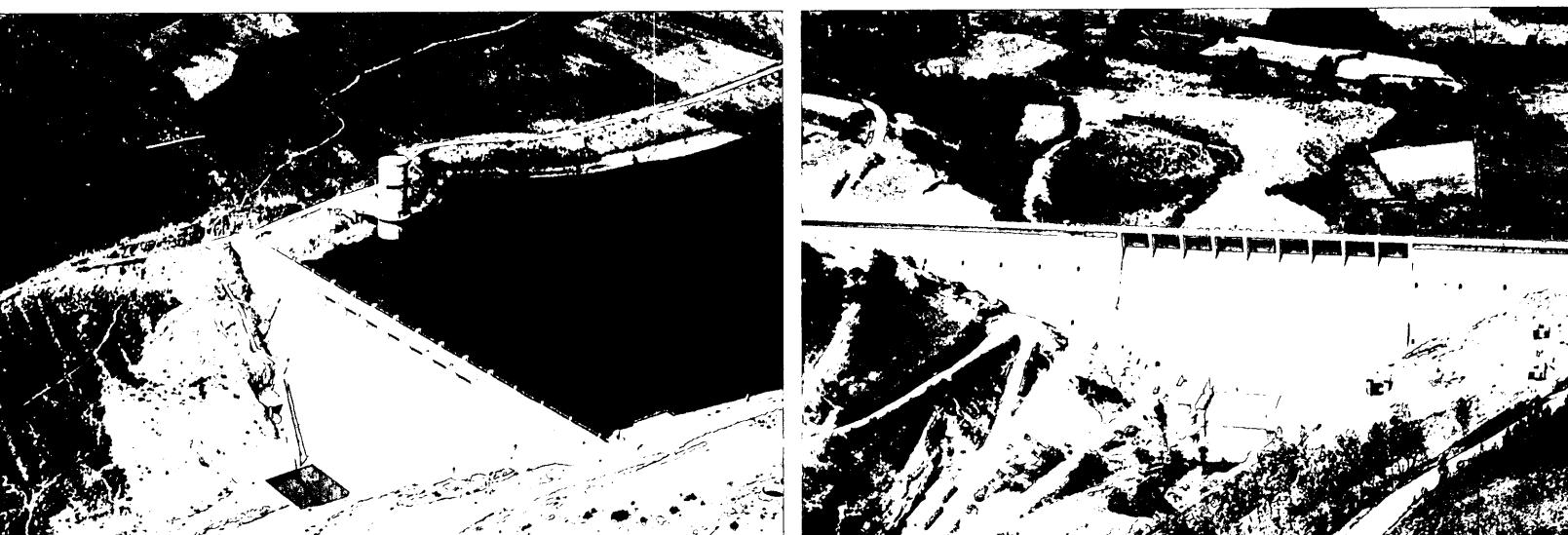


Figura 3. Presas de La Campañana y Vilasouto.

ración con los volúmenes de las crecidas. Justo al pie de la presa está ubicada la central hidroeléctrica y sobre ella el parque de transformación y las salidas de las líneas eléctricas, lo que obligó a disponer el aliviadero en el estribo derecho de la presa, sin afectar a la zona central por la que pasaba el cauce del río.

La longitud del labio vertiente es realmente reducida, y además es pequeña la sobreelevación que pueda tener el nivel máximo extraordinario del embalse para evitar inundar ciertas zonas. Por todo ello resultó imprescindible disponer compuertas en el aliviadero. El peligro de faltar operarios a la hora de tener que abrir las compuertas por presentarse una crecida puede considerarse nulo en este caso por estar junto a la central hidroeléctrica, con atención permanente. Los trampolines de lanzamiento del aliviadero se diseñaron con forma especial encaminada a repartir los chorros de agua que caen, sobre una zona del cauce del río lo más extensa posible y así reducir las erosiones que puedan producirse en el lecho. Esto teniendo en cuenta el salto hidroeléctrico, para que no disminuya su altura útil si el material excavado se deposita unos metros ayudo creando una barrera.

Presas de hormigón

Como se dice en el apartado introducción, puede haber daños si el agua vierte sobre la presa por falta de aliviadero, pero estos daños serán de mucha mayor cuantía si se produjese un colapso global. Esto es muy improbable, como consecuencia de un vertido sobre coronación, si la presa es de hormigón. No obstante, el aliviadero debe tener capacidad suficiente para que, incluso con la máxima crecida, el agua no lleve a verter sobre coronación.

Si las características de la cerrada lo permiten, se puede aumentar la longitud del vertedero y hacer que el agua vierta sobre la mayor parte de la coronación. Si esta longitud es mayor que el ancho del cauce la solución está en hacer que, mediante dispositivos ad-hoc, el agua se concentre en el cauce después de haber vertido.

En la presa de **La Campañana** la altura es de 46 m y la longitud de coronación de 175 m. El aliviadero vierte por 7 vanos de 10 m de longitud cada uno, aunque el cauce del río tiene solamente 20 m de ancho. Con lámina vertiente de 0,75 m el aliviadero puede evacuar un caudal de 90 m³/s, el máximo que puede aportar en avenida la cuenca que cierra la presa

En la presa de **Vilasouto**, con altura de 61 m, 175 m de longitud de coronación y 30 m de ancho en el cauce del río, el aliviadero vierte por 9 vanos de 11 m cada uno. El caudal de 225 m³/s, correspondiente a la avenida máxima, puede evaucarse con una lámina de 1,10 m.

Tanto en la Campañana como en Vilasouto, la parte central de la presa vierte directamente al cuenco amortiguador. En cambio en las partes laterales el agua discurre por el paramento de ayuso y al llegar a la intersección con la ladera encuentra un canal de hormigón que le hace cambiar de dirección para entrar en el cuenco. Ambos aliviaderos han funcionado correctamente con caudales altos en diversas ocasiones. La Campañana está en explotación desde 1963 y Vilasouto desde 1969.

La presa de **Gergal**, que sirve para abastecer de agua a Sevilla, es de tipo arco-gravedad con una altura de 62,50 m. El aliviadero es de labio fijo con 6 vanos, cada uno de 13,90 m de longitud. La coronación está a cota 56,00 y el labio fijo a cota 50,00. Los vertidos de todos los vanos discurren por el paramento de la presa y aproximadamente a mitad de la altu-



Figura 4. Presa de Gergal.

ra, cuando el agua ha adquirido suficiente velocidad, encuentran un trampolín que los lanza alejándolos de la presa.

Como el cauce tiene un ancho apreciablemente menor que la longitud del vertedero, sólo el agua que llega a la parte central del trampolín vierte sobre el cauce, mientras que la de sus partes laterales incide en una y otra ladera. Para garantizar que no se produzcan erosiones en ellas, fueron recubiertas con losas de hormigón. En Gergal los vertidos son frecuentes porque su embalse no tiene capacidad para laminar las crecidas del río, pero en la veintena de años que lleva en explota-

ción no se ha producido ninguna alteración. El caudal que puede evacuar el aliviadero sobrepasa con amplitud la máxima avenida que pueda presentarse y es de $533,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para un nivel de embalse a cota 52,00 y de $1598,5 \text{ m}^3/\text{s}$ con embalse a cota 54,00. No se ejecutó ninguna obra de protección del cauce en la zona donde vierte el agua del aliviadero, ni tampoco un azud que controle el nivel del agua, porque la presa está cimentada a una cota 6,50 m más baja que el nivel del mar.

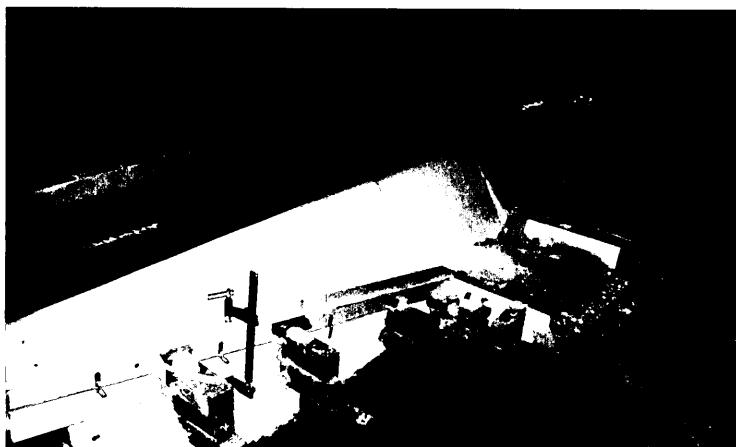
Actualmente se está construyendo la presa de **Zapardiel de la Cañada** (Ávila), con una longitud de vertedero de 100 m y un ancho de cuenco amortiguador de tan solo 20 m, adecuado al ancho del cauce. Con ello se ha conseguido reducir la altura de lámina a 0,60 m, aprovechando así al máximo la capacidad de embalse disponible sin inundar en avenida los restos de un castillo medieval próximo y consiguiendo además una apreciable reducción del costo de la obra. El aliviadero se ha ensayado en el laboratorio de hidráulica de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

Presas de materiales sueltos

Según se expresa en la introducción, cuando sobre una presa de materiales sueltos vierte agua hay gran peligro de que sufra una rotura más o menos grave, salvo que se adopten disposiciones recientemente encontradas por la Técnica y que después se describen. Por eso diversas presas hoy en explotación fueron construidas de hormigón y no de materiales sueltos.

Al proyectar la presa de **Canales** de 155 m de altura, la más alta de España con escollera y núcleo arcilloso, se tuvo en cuenta no sólo impedir que el agua vertiera sobre su coronación, sino también evitar desbordamientos del río Genil a su

Figura 5. Presa de Zapardiel. Modelo hidráulico y la presa en construcción.



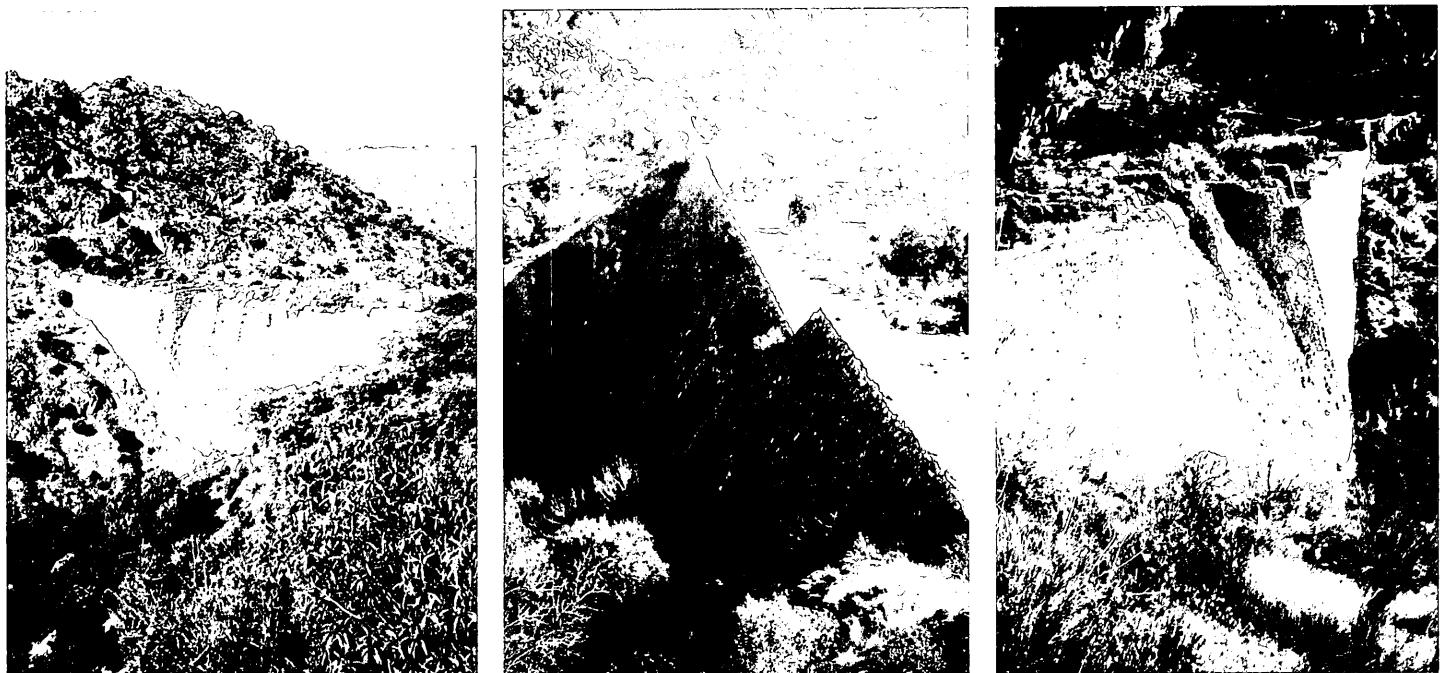


Figura 6. Presa de El Gasco. Vista general, paramento de suso y paramento de ayuso.

paso por la ciudad de Granada. Para ello se incrementó la altura de la presa creando, por encima del nivel ordinario máximo, un volumen de embalse capaz de laminar la mayor crecida que pudiera presentarse. El aliviadero, sin ninguna compuerta, se dimensionó de modo que no evacue caudales superiores al valor de $200 \text{ m}^3/\text{s}$, entonces el mayor caudal que podía pasar por Granada sin provocar inundaciones.

Hasta poco tiempo atrás era lógico no pensar en disponer el aliviadero sobre una presa de materiales sueltos ya que los asientos, en ellas casi inevitables, pueden generar fisuras en el hormigón del aliviadero y por ellas penetrar el agua hasta el espaldón de yuso. Si éste se satura y está dimensionado sin tener en cuenta las presiones intersticiales, podrían generarse un deslizamiento y trastornos más o menos graves.

La presa **Molino de la Hoz**, en el río Guadarrama (Madrid), fue construida por la sociedad promotora de la urbanización con este nombre, para generar un lago que mejorase las condiciones del entorno. Antes de llegar a la urbanización, el río Guadarrama atraviesa una hoz o cañón rocoso en el cual existió un molino cuyos restos pueden verse.

Río arriba se construyó, a finales del siglos XVIII, la presa de **El Gasco** con el propósito de trasvasar agua al río Manzanares, haciéndolo navegable entre Madrid y Aranjuez. Cuando faltaban unos 20 m para terminar la presa con altura prevista de 90 m, se hundió parte del paramento de agua abajo que es casi vertical. Como consecuencia de ello se abandonó la obra.

Al proyectar la presa del Molino de la Hoz se vio que una solución de materiales sueltos era más ventajosa que otra de hormigón. Esto por razón de la cimentación y los materiales allí

disponibles y porque la promotora consideraba que, a efectos paisajísticos, una presa de tierra resulta preferible a otra de hormigón. Por ser suficiente un embalse con superficie limitada y por razón económica, la presa tiene poca altura y el aliviadero ha de poder evacuar la máxima crecida prevista, de $600 \text{ m}^3/\text{s}$. Un aliviadero con compuertas, separado de la presa y ubicado en la ladera izquierda después de realizar allí la excavación necesaria, implicaba un coste importante y la promotora pensó en abandonar la idea de crear un lago.

Por entonces en California ya se habían construido varias presas con aliviadero dispuesto sobre el talud de materiales sueltos, protegido con losas de hormigón. Tales antecedentes llevaron a estudiar para Molino de la Hoz una solución similar. Se dispuso el aliviadero ocupando todo el ancho del cauce, y así el calado sobre el umbral de vertido resulta inferior a 4 m para la avenida máxima. Toda la zona de presa sobre la cual discurre el agua, coronación, talud de ayuso y también la parte del talud de suso sometida al oleaje, se cubrió con losas de hormigón armado, de espesor 0,30 m, con una cuadrícula de armaduras de acero a mitad de su espesor.

En las losas se dejaron numerosos drenes para permitir el paso del agua que eventualmente pudiera filtrar a través del cuerpo de presa, y así evitar la subpresión que estas filtraciones podrían generar. Para mayor garantía de que las losas de hormigón no lleguen a levantarse y provocar incluso el colapso de la presa, se anclaron las losas, mediante armaduras horizontales, a una serie de bloques de hormigón con volumen aproximado de 1 m^3 cada uno, alojados en el cuerpo de presa. Las barras se dispusieron, sobre la correspondiente tonga-



Figura 7. Presa Molino de la Hoz.

da de presa después de compactada, a lo largo de canaletas que se llenaron de hormigón para proteger el acero de ulteriores oxidaciones.

Tal solución de aliviadero sobre la presa, con los dispositivos de seguridad reseñados, implicaba una economía del orden del 20 % respecto a la solución de aliviadero en margen izquierda. Lleva funcionando 5 lustros sin ningún problema, aunque sobre él han pasado avenidas de alto caudal.

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

Además de este tipo de protección mediante losas de hormigón armado, existen otros procedimientos para proteger el talud de agua abajo de una presa de materiales sueltos de modo que resista el paso de un cierto caudal de agua. Pueden citarse los bloques en forma de cuña, que permiten el paso de importantes caudales unitarios, la protección mediante hormi-

gón compactado, ampliamente usada en Estados Unidos, la escollera armada e incluso la simple disposición de escollera de tamaño adecuado.

INNOVACIÓN CON MEJORA ECONÓMICA

En la Tesis Doctoral "PRESAS DE ESCOLLERA SOMETIDAS A SOBREVERTIDO" que en su día presentó M. A. Toledo se analizan los posibles daños imputables a un sobrevertido. Sintéticamente son:

- ▼ Erosión del talud con arrastre de elementos granulares e incluso bloques.
- ▼ Deslizamiento de una parte del espaldón, al actuar en él la presión intersticial.

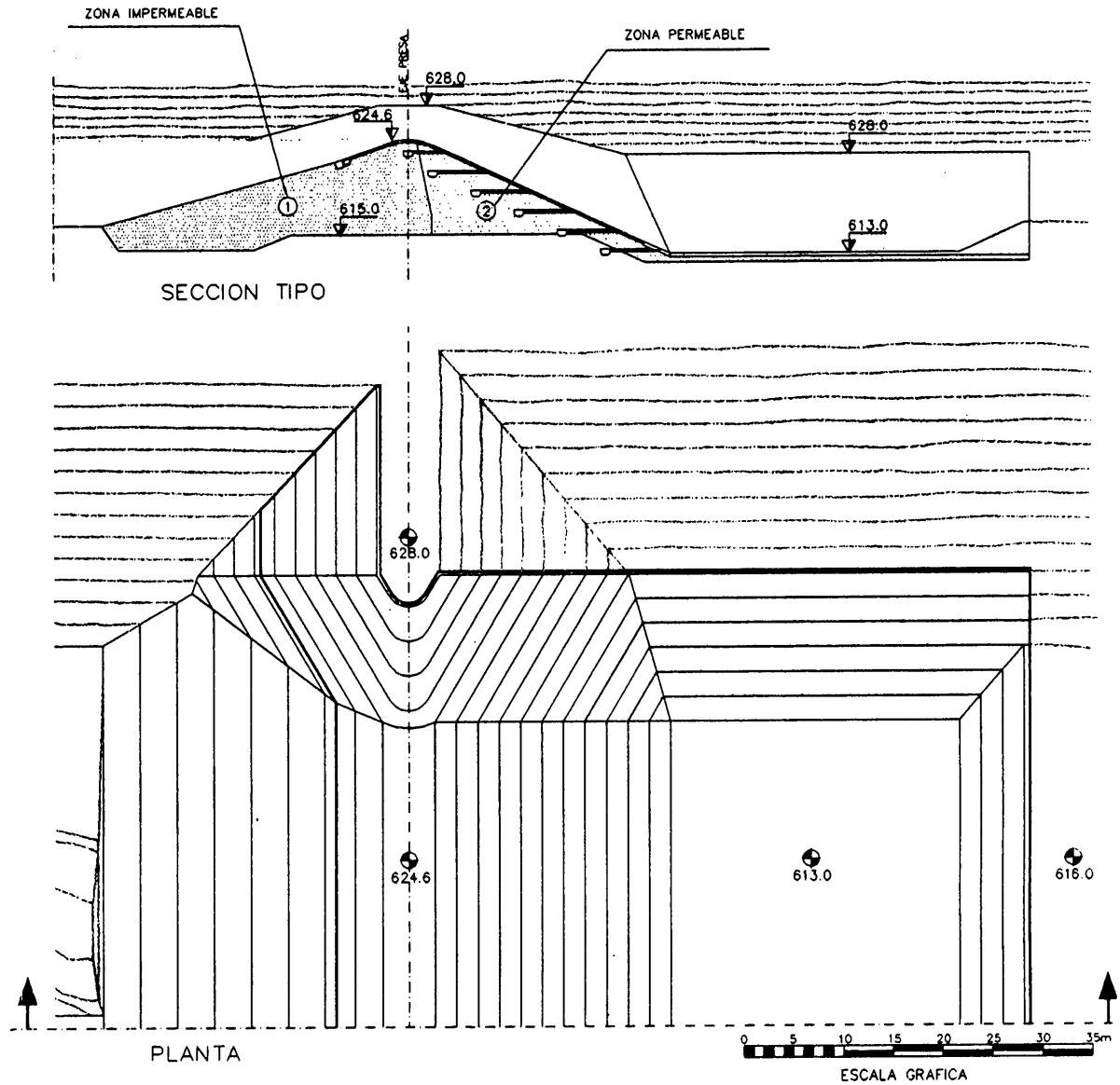
La erosión del talud, para ser grave, requiere que el agua vierta cierto tiempo y con magnitud suficiente. Mientras tanto puede haber terminado la avenida. Pero, si alcanzando el embalse el nivel de coronación llega a saturar de agua el espaldón de ayuso, una parte importante de este puede sufrir un deslizamiento súbito y generarse un colapso global. Parece que así sucedió en la presa de Tous, donde el agua estuvo vertiendo durante gran parte del día sobre su coronación sin apenas producir erosiones. En cambio después de oscurecer oyeron un gran ruido, probablemente ocasionado por deslizamiento del espaldón.

En la Tesis antes citada se estudia y cuantifica el talud que debe tener el espaldón de ayuso para evitar que pueda producirse un deslizamiento si llega a saturarse de agua. Dimensionando la presa con tal condición, pueden colocarse sobre ella las losas de hormigón del aliviadero, pues la seguridad de la presa está garantizada siempre que tenga salida el agua que haya penetrado en la presa y no genere subpresión en las losas.

Hay otro aspecto a considerar. En la presa Molino de la Hoz las losas de hormigón descienden hasta el fondo del cuenco amortiguador construido para impedir que las crecidas produzcan, en el cauce del río, erosiones que puedan afectar a la presa. Tal objetivo se cumple también del modo descrito a continuación.

Antes de llegar al nivel del cauce se interrumpen las losas y se dispone un trampolín para lanzar, lo más lejos posible de la presa, el agua vertida por el aliviadero. Para garantizar la seguridad puede hacerse:

- ▼ a) En el pie de ayuso de la presa, un muro de hormigón empotrado en el terreno hasta una profundidad tal que no pueda ser afectado por erosiones en el cauce del río.



PRESA DEL MOLINO DE LA HOZ

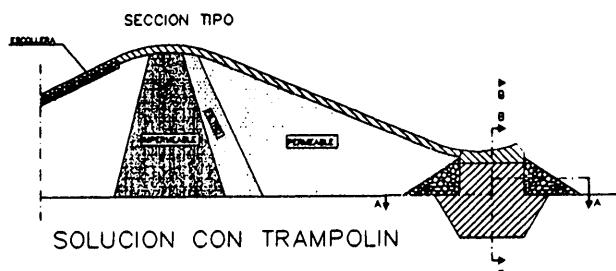


Figura 8.

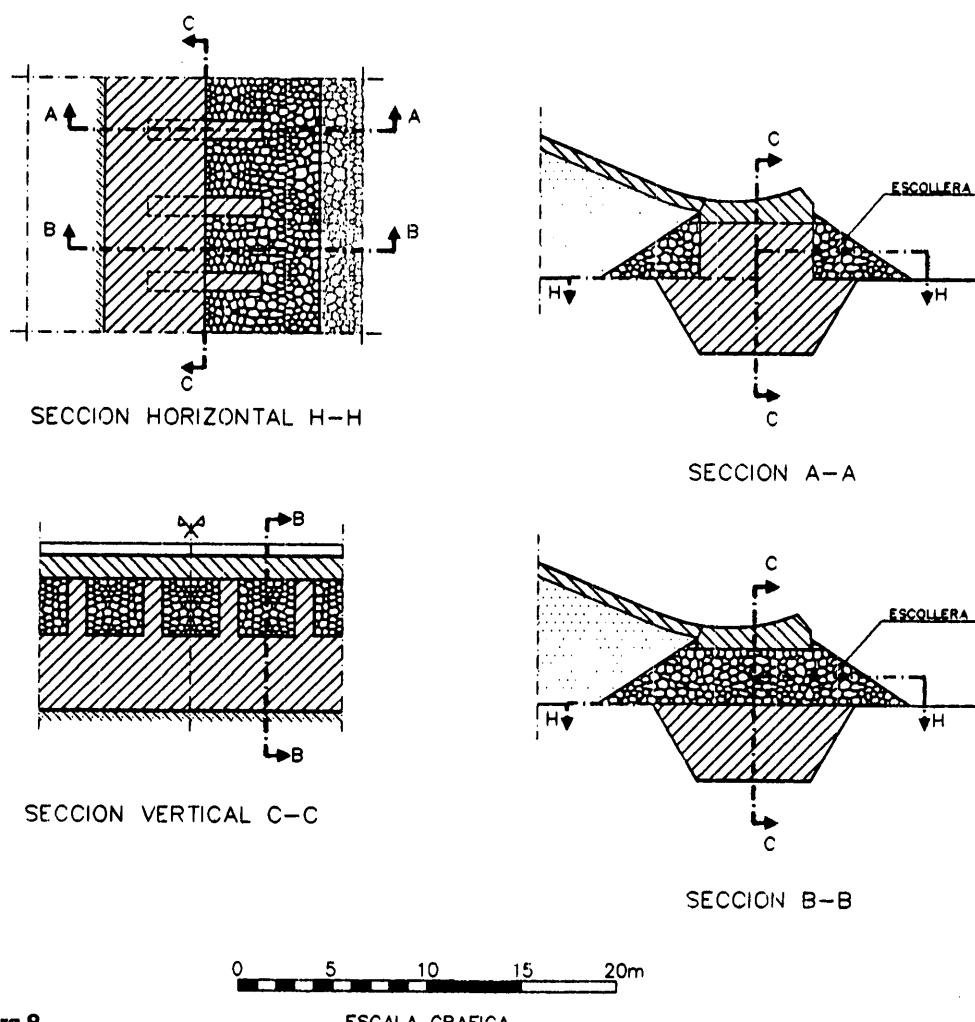


Figura 9.

ESCALA GRAFICA

▼ b) Río abajo, a distancia idónea, un azud que controle las crecidas limitando las erosiones que pudieren producir en el cauce.

Tales dispositivos resultan más económicos que los utilizados en Molino de la Hoz donde se hizo un cuenco amortiguador con dimensiones amplias, para garantizar su buen comportamiento durante las avenidas máximas, y además los numerosos anclajes para enlazar las losas del aliviadero con el cuerpo de la presa y evitar su posible levantamiento.

Así pues, 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. Este trampolín quedará apoyado sobre muros paralelos a la dirección del río. Se dejará entre ellos separación idónea, rellenando con escollera los huecos entre muros. El grosor y separación de los muros dependerán de los medios constructivos a utilizar y de las condiciones particulares de cada caso pero, en

una primera aproximación, puede pensarse en un grosor de 1,00 m o de 1,50 m con separación entre 3,0 m y 4,5 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 vierte 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 parece lógico pensar en una altura mínima de 3,0 m. Una vez construidos los muros, se llenarán 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. 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 sobrecoste que implican los anclajes, 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. Esto siempre que los huecos bajo el trampolín tengan altura suficiente, en particular mayor que el calado de agua en el río, en las cercanías del pie de la presa.

En Molino de la Hoz los anclajes que unen al cuerpo de presa las losas de hormigón del aliviadero, están dimensionados 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. Es difícil cuantificar con exactitud estas fuerzas de succión, generadas por turbulencias del agua debidas a irregularidades en la superficie de hormigón, variaciones de presión en el aire, etc.

Si las losas del aliviadero se disponen sobre un espaldón que resista el sobrevertido, al ser más suave su talud, disminuirá el efecto de succión que en ellas pueda producir la lámina vertiente, y por tanto la posibilidad de que lleguen a levantarse. Además con un talud de tales características, aunque las losas se fracturasen esto no motivaría otros daños.

Entre la escollera y la parte térrrea de la presa, sea núcleo impermeable o espaldón de presa homogénea, es preciso disponer una zona filtrante que garantice, con total seguridad, la imposibilidad de migración de partículas del material que proporciona a la presa la necesaria impermeabilidad. Naturalmente la elección entre núcleo o presa homogénea dependerá de cuáles sean los materiales que, por abundar en la zona y re-

querir menores trabajos de selección, permiten una minoración del costo. Siempre se ha de conseguir con total garantía que el agua pase por la zona filtrante y que esta tenga espesores amplios, para que no quede en ella ninguna interrupción al ser construida.

Bajo las losas de hormigón, enlazada con la escollera ubicada bajo el trampolín y con espesor creciente a medida que se desciende de nivel, se debe poner una capa permeable que deje pasar fácilmente el agua que pueda llegar, tanto de la parte impermeable de la presa, como a través de fracturas ocasionadas en las losas de hormigón.

Siguiendo las ideas ahora presentadas, puede conseguirse un abaratamiento importante y garantizar la seguridad, al disponer el aliviadero sobre la presa de materiales sueltos.

CONCLUSIÓN

Las presas que se construyan en el futuro deben tratar siempre de aminorar, en la zona ubicada río abajo, los daños inherentes a las avenidas del río.

Si el aliviadero no dispone de compuertas y está bien dimensionado, el caudal máximo evacuado por el aliviadero es siempre menor que el caudal punta de la avenida, por lo que la existencia de la presa no puede provocar inundaciones indebidas y en ningún caso pueden los damnificados por una avenida atribuir los daños a una incorrecta operación de los órganos de desagüe.

Según se ha descrito, un aliviadero sin compuertas y que por tanto requiera bastante longitud de vertido puede construirse no solo en presas de hormigón sino también en presas de materiales sueltos. En consecuencia, aliviaderos con compuertas sólo deben construirse en casos particulares. ■