

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

LOS DESAGÜES DE FONDO EN PRESAS

Santos Madrid González de la Aleja¹

*RESUMEN: Las presas disponen de un sistema de seguridad fundamental que son los desagües de fondo, elementos imprescindibles por donde poder hacer desembalses controlados en casos de necesidad, sin embargo, al no formar estos parte de la gestión ordinaria del embalse puede llevar a que su cuidado pase a un segundo plano quedando limitado su funcionamiento. En **“Los desagües de fondo en presas”** se presenta, en primer lugar, una descripción general de los mismos, a continuación se desarrollan sus problemas de explotación y necesidades actuales y finalmente se exponen ejemplos de renovación en dos presas de la C.H. del Guadalquivir de la zona de Granada.*

1. INTRODUCCIÓN

En septiembre de 1948 D. Ángel M. Llamas, Ingeniero de Caminos, publica en la Revista de Obras Públicas un artículo tratando sobre los desagües de fondo en los embalses de la época que se extracta y presenta como punto de partida de esta Comunicación. Dicho artículo comienza diciendo:

“Los desagües de fondo se construyen con tres fines principales: primero, en los pantanos para riegos, con el fin de poder utilizar la total capacidad del vaso; segundo para la evacuación de fangos y depósitos de arrastre manteniendo la capacidad del embalse; tercero para poder dejar terreno en seco con el fin de realizar obras, reconocimientos, impermeabilizaciones y, en caso de guerra u otros hechos extraordinarios realizar un vaciado completo”.

^[1]HidroSanco SL Ingeniería del Agua

Establecidos los fines principales de su aplicación, D. Ángel M. Llamas los analiza individualmente

“Las válvulas y compuertas de tipo metálico que se vienen aplicando están plenamente justificadas en el primer caso, ya que se utilizarán cuando el nivel es inferior a la toma mas baja con las que se suelen dotar a estos pantanos de riego”.

“La práctica ha demostrado lo poco que se puede esperar de los desagües de fondo para la evacuación de arrastres y sedimentos a los efectos de conservar la capacidad de los vasos, por lo que este propósito por si solo, no justifica una construcción tan costosa”

“La necesidad de los desagües de fondo se ha de considerar únicamente en cuanto puedan requerirlo aquellas obras, averías o exigencias imprevisibles, pero posibles, que aconsejen su construcción.”

Y a continuación asegura que

“...los elementos metálicos que se aplican exigen, para el buen funcionamiento, una conservación apropiada y continua atención, mientras que siendo su uso algo extraordinario, que puede no precisarse en largos años, da lugar a que con el tiempo queden olvidados, sin que sean suficientes prescripciones administrativas a conseguir se le preste la atención debida, pues las múltiples variaciones que el correr de los tiempos y la vida de las naciones lleva consigo, pronto los hace carecer de toda eficacia”.

2. FINALIDAD

Considerando sólo los embalses con capacidad igual o superior a 5 Hm³, hasta 1948 en España existían 66 en explotación con un volumen total máximo de embalse de 5.400 Hm³. En las seis últimas décadas se pusieron en servicio 332 con un volumen total máximo de embalse de 53.300 Hm³.

En todas las presas asociadas a estos embalses se incorporaron siempre desagües de fondo donde se han aplicado elementos metálicos de cierre y regulación. Normalmente se disponen dos líneas de desagüe. Su sección, una vez definido el número, va a depender, entre otros parámetros, de la capacidad del embalse, quedando limitado el caudal máximo normal al que pueda admitir el cauce aguas abajo sin que se produzcan daños irreparables en el curso del mismo.

Obviando el objetivo de evacuación de fangos para mantener la capacidad del vaso, y al margen de servicios circunstanciales como puede ser el máximo aprovechamiento de las reservas de agua en casos de necesidad extrema, o incluso el agotamiento total del vaso por obras en el mismo, la razón fundamental de los desagües de fondo es **la seguridad de la presa y zonas aguas abajo de la misma.**

Los desagües de fondo son **los fusibles** de las presas que deben estar preparados en todo momento para realizar **desembalses controlados** en caso de producirse problemas de seguridad en el sistema: daños en el muro de presa ocasionados por movimientos sísmicos u otras causas, o en caso de

previsión de avenidas, con embalses en sus niveles máximos y particularmente con presas de aliviadero en lámina libre, establecer desembalses previamente programados, para dejar el suficiente hueco que permita laminar la avenida sin crear situaciones críticas aguas abajo cuando esta se produzca.

3. DISPOSICIÓN

En presas de gravedad, normalmente, las embocaduras de los desagües de fondo están en el muro de presa. Dichas embocaduras están protegidas por rejas que evitan la entrada de elementos gruesos en los conductos, disponiendo a su vez de compuertas de paramento de cierre de los mismos. Estos atraviesan el cuerpo de presa, e incorporan al final las correspondientes válvulas de regulación que vierten al cuenco amortiguador del aliviadero de superficie.

En algunos casos, además de la compuerta de paramento, se dispone de una compuerta de guarda tipo mariposa o bureau aguas arriba de la válvula de regulación. Este elemento de seguridad está plenamente justificado ya que el cierre de las compuertas de paramento, al hacerlo por gravedad, no está garantizado con caudales máximos. Una situación crítica puede originarse cuando en un proceso de desembalse se presenta un problema que impida el cierre de la válvula de regulación y la compuerta de paramento no pueda cerrar con el caudal que en ese momento se está desembalsando.

La situación anterior, que de hecho se ha presentado en diferentes pruebas realizadas durante los trabajos de renovación de los desagües de fondo de la presa de Iznájar, debería orientar las compuertas de paramento a la función de ataguías para poder dejar en seco el conducto de desagüe y como elemento de seguridad incorporar, aguas arriba de la unidad de regulación, compuertas que puedan cerrarse con aplicación de fuerzas externas.

En presas de materiales sueltos las tomas de los desagües de fondo se realizan:

-En obras de hormigón ejecutadas en el vaso del embalse próximas al talud aguas arriba de la presa, con embocaduras protegidas por rejas y de donde parten los conductos de desagüe hasta la zona de compuertas. Estas pueden estar situada bien en el interior del cuerpo de presa, continuando aguas abajo de las mismas en túnel a lámina libre hacia el exterior hasta conectar con el cauce del río, o bien en el talud aguas abajo de la presa vertiendo a un cuenco amortiguador construido en el mismo cauce del río o en sus alrededores.

-Mediante construcción de una torre en el vaso del embalse próxima al talud aguas arriba de la presa que emerge sobre el nivel máximo del mismo. Esta torre dispone de diferentes tomas a distintas cotas para los caudales de abastecimiento (regadío y/o consumo humano); en su base se sitúan las embocaduras de los desagües de fondo con sus rejas de protección y compuertas de paramento, continuando con disposiciones iguales a las descritas anteriormente.

4. ESTADO ACTUAL

Establecida en el segundo apartado la finalidad principal de los desagües de fondo: **“seguridad de la presa y zonas aguas abajo de la misma”**, su existencia se hace imprescindible, por ello todas las presas hasta ahora construidas los incorporan y se seguirán incorporando en todos los proyectos futuros. Sin embargo, al tratarse de elementos no utilizados en la gestión ordinaria del embalse, se tiende a la situación apuntada por D. Ángel M. Llamas *“..que con el tiempo quedan olvidados sin que sean suficientes prescripciones administrativas a conseguir se les preste la atención debida”* llegando en algunos casos a su deterioro por falta de mantenimiento y manejo, o a una pérdida de operatividad de sus diferentes elementos por haber superado ampliamente la época tecnológica en la que se fabricaron.

Ante esta evidencia, los desagües de fondo, con problemas de funcionamiento, de aquellas presas construidas antes de los años 80 del pasado siglo (contabilizamos 264 en embalses de capacidad igual o mayor a 5 Hm3) deben someterse a un profundo análisis de su estado para fijar las necesarias revisiones y/o actualizaciones técnicas a fin de que sus diferentes elementos queden operativos de forma segura y eficaz. Al mismo tiempo es preciso establecer unos criterios de mantenimiento y maniobras con aguas vivas, de acuerdo con las condiciones particulares de cada embalse, que deben seguirse de manera rigurosa tanto en la forma como en los periodos establecidos.

Para las presas construidas en los últimos 25 años (contabilizamos 130 en embalses con capacidad igual o superior a 5 Hm3) se puede considerar que los elementos que constituyen los desagües de fondo son tecnológicamente actuales y se encuentran en buen estado de operatividad, pero se insiste en la necesidad de establecer criterios particulares de mantenimiento y maniobra en cada caso para mantenerlos en todo momento al 100% operativos sin dudas de última hora en su funcionalidad.

5. EL PROBLEMA DEL ATERRAMIENTO

Los desagües de fondo se sitúan en la zona de la presa donde el lecho del embalse alcanza la mayor profundidad. A lo largo del tiempo los arrastres producidos por el funcionamiento normal del embalse y con una intensidad mucho mayor con avenidas, se detienen en el muro de la presa produciéndose el aterramiento de la zona. Cuando el nivel de fangos alcanza la cota de umbral del desagüe, estos se introducen en los conductos, que con el tiempo, si no se realizan barridos con caudales adecuados, se aterran inevitablemente.



foto 1: Cubillas DF aterrado

En las recientes obras de renovación de los desagües de fondo de las presas de Iznájar y Cubillas (C.H. del Guadalquivir,

Granada), los conductos, desde su embocadura hasta las compuertas de guarda y regulación, se encontraron con un nivel de fangos que alcanzaba el plano diametral.(foto 1)

Entre los años 50 y 70 del pasado siglo, en algunas de las presas que se construyeron, se instalaron en los desagües de fondo unos dispositivos llamados **“desentarquinadores”**. Tenían como objetivo la limpieza de los conductos aguas arriba de las compuertas de guarda y regulación.

El sistema estaba compuesto por una o dos bombas de alta presión cuya función era inyectar agua en el conducto a través de una serie de toberas, situadas en la parte superior de este último aguas arriba de las compuertas, con el fin de remover los fangos depositados en la zona. A continuación deberían abrirse parcialmente las compuertas para evacuar los fangos removidos cerrándolas después de un tiempo prudencial.

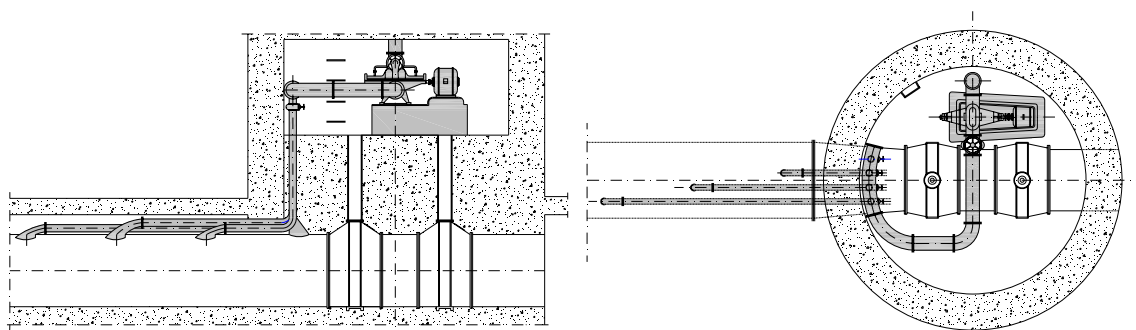


figura 1: Disposición desentarquinador presa de Cubillas

Los **“desentarquinadores”** prácticamente no se llegaron a utilizar, dejando de incorporarse definitivamente en proyectos posteriores a los años 80.

Los aterramientos de los desagües de fondo en ningún caso deberían producirse, incluso con nivel de fangos en el vaso superando la cota del umbral de su embocadura. Un programa de barridos más o menos intensos, dependiendo de las características del embalse, no eliminan del vaso los fangos acumulados para conservar su capacidad, pero si son suficientes para mantener limpios los conductos y la zona de su embocadura.

6. RENOVACIÓN DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE IZNAJAR Y CUBILLAS. C.H. DEL GUADALQUIVIR (GRANADA)

6.1 IZNAJAR

Presa de gravedad con la zona de aliviadero en planta curva y los estribos rectos, fue puesta en explotación en el año 1969. Dispone de siete desagües de fondo de 70 m. de longitud y 2,38 m. de diámetro proyectados por razones de seguridad adicional ante las particulares características constructivas de la misma.

Originalmente los desagües de fondo disponían en sus embocaduras además de las rejas para retención de sólidos gruesos, compuertas de

paramento del tipo oruga y al final de los conductos válvulas de regulación tipo Howell Bunger con los mecanismos de accionamiento instalados en las cámaras que forman los dientes de lanzamiento del aliviadero de superficie.

Las compuertas de paramento se abren desde coronación mediante un tren de bielas traccionado por cilindro hidráulico. El cierre se realiza por gravedad.

Las válvulas de regulación Howell Bunger, en su origen, se actuaban mediante un motoreductor que, a través de un sistema de engranajes cónicos y casquillo sinfin, accionaban dos husillos dispuestos en el plano diametral vertical que desplazaban el obturador. Este sistema electromecánico tuvo problemas de funcionamiento desde la puesta en explotación del embalse, sustituyéndose en poco tiempo por cilindros hidráulicos situados en el mismo plano que los husillos. El conjunto de cilindros de las siete válvulas estaban asistidos por un grupo hidráulico único situado en la cámara del desagüe de fondo central.

El nuevo accionamiento hidráulico instalado tampoco dio la seguridad operativa que el sistema requería y en estas condiciones las compuertas y válvulas se accionaban poco y siempre con aperturas mínimas ante el temor de que no pudieran cerrarse en algún momento. Esta situación sumada a la corrosión agresiva que todo elemento fabricado en acero al carbono (válvulas y su sistema de accionamiento) o cobre (cableado y aparellaje eléctrico) sufrían como consecuencia del ambiente creado por las emanaciones procedentes de un manantial de aguas sulfurosas localizado en los cimientos de presa, llevó a los desagües de fondo a estar en precarias condiciones de funcionamiento.

En el año 2001 fue aprobada la renovación integral de los desagües de fondo iniciando los trabajos en el mes de Mayo del mismo año y finalizando en Diciembre de 2004.

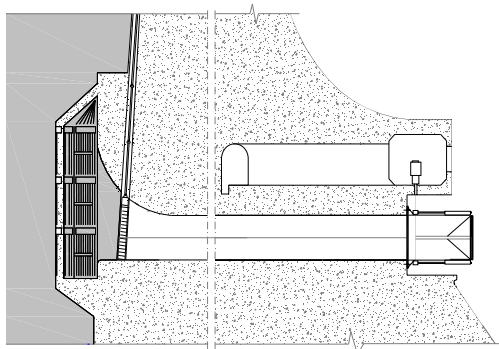


figura 2: Iznájar D.F. original

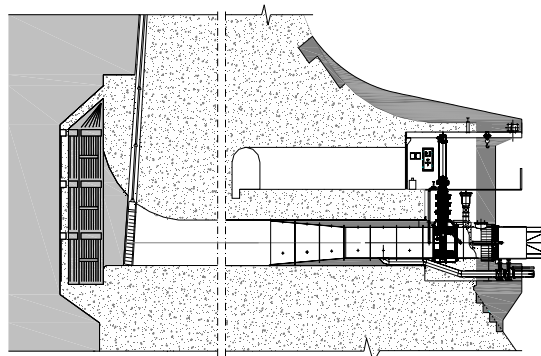


figura 3: Iznájar D.F. renovado

Los trabajos de renovación consistieron en:

-Reducción del diámetro de los conductos de 2,38 m a 1,6 m, en su tramo final para permitir la incorporación de compuertas bureau de guarda aguas arriba de las válvulas de regulación

-Sustitución de las válvulas Howell-Bunger de diámetro 2,38 m. de acero al carbono por válvulas del mismo tipo de 1,6 m. de diámetro totalmente ejecutadas en acero inoxidable.

-Incorporación de compuertas Bureau circulares de asiento plano, con sus correspondientes válvulas ventosas de aducción de aire, como seguridad de cierre de los conductos. Construcción de todas sus partes en contacto con el agua en acero inoxidable.

-Incorporación de tres líneas de caudal ecológico, diámetro 300 mm., en los desagües de fondo central y extremos. Ejecución totalmente en acero inoxidable.

-Incorporación de grupos hidráulicos individuales para maniobra de cada una de las válvulas y compuertas del sistema.

-Incorporación de cuadros de mando, control y teletransmisión diseñados para evitar la corrosión de su aparataje eléctrico, circuitos electrónicos y cableado por el ambiente sulfuroso existente de forma continua en la presa.

-Incorporación de dos anillos de fibra óptica (uno en desagües de fondo y otro en coronación) para transmisión de cotas de embalse y estado de los diferentes órganos de la presa a cuadro sinóptico situado en la sala de reuniones de las oficinas de presa.

-Lastrado de las compuertas orugas; sustitución de los bulones distanciadores de las bielas con el paramento por un sistema de rodadura para eliminar la fricción y problemas de enganches e incorporación de nuevos cilindros hidráulicos de accionamiento.

-Prolongación de los dientes de lanzamiento del aliviadero con la correspondiente modificación de la curvatura de los mismos.



foto 2: Descenso a pontona de HB antigua una vez separada del cuerpo de presa.



foto 3: Pontona para traslado de equipos por el cuenco amortiguador.

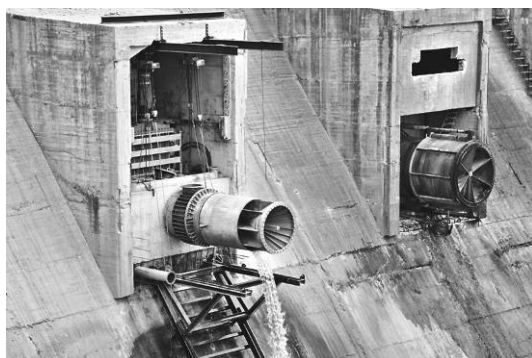


foto 4: Izquierda D.F. renovado sin prolongación de diente. Derecha D.F. original.



foto 5: Desagües de fondo abiertos simultáneamente el día de la recepción de la obra.

6.2 CUBILLAS

Presa de tierra de planta recta, con aliviadero en lámina libre. Su construcción se inició en el año 1939 comenzando la explotación en 1955. Está provista de un solo desagüe de fondo de 1,6 m. de diámetro, con origen en la base de una torre de toma para agua de riego. Este desagüe dispone en su embocadura de una compuerta de paramento accionada desde la cámara superior de la torre.

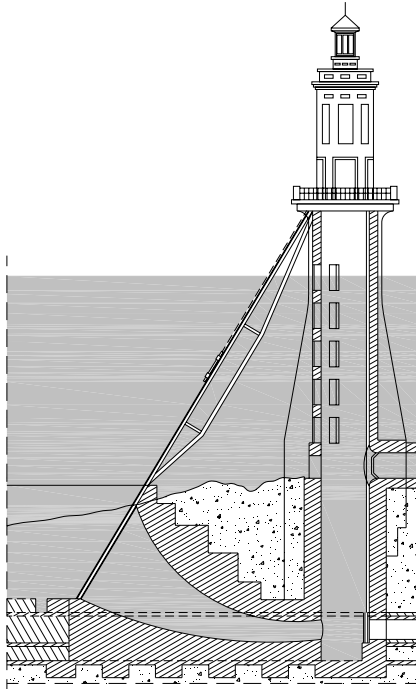


figura 4: Cubillas. Torre de toma y embocadura D. fondo.

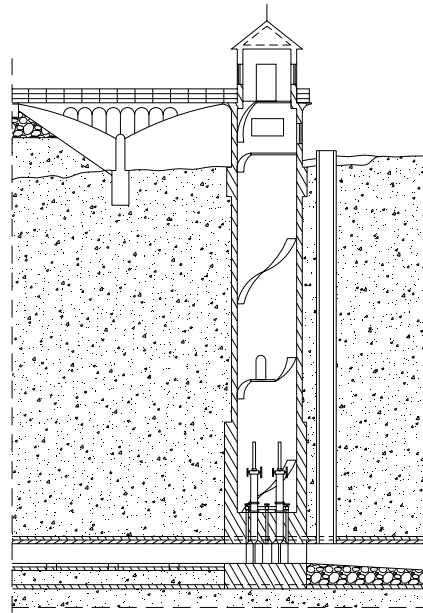


figura 5: Cubillas. Pozo de compuertas del D. fondo.

El conducto de desagüe de 1,6 m. de diámetro con una longitud de 140 m. atraviesa el cuerpo de presa hasta el pozo de las compuertas de guarda y regulación ubicado en el talud aguas abajo de la presa. A partir de la sección de compuertas el desagüe de fondo continúa en un túnel visitable de longitud 590 m. hasta conectar con el cauce del río.

Las compuertas instaladas (guarda y regulación) son del tipo bureau de 1,6 x 1,3 m. Su accionamiento estaba compuesto por un desmultiplicador que desplazaba un husillo fijo solidario con el vástago del obturador. La fuerza motriz la generaba un motor eléctrico, con control de velocidad por reostato, acoplado mediante poleas y correas al eje del desmultiplicador. Todos los elementos de accionamiento electro-mecánicos databan de la época de construcción de la presa, su envejecimiento creaba serios problemas de operatividad de las compuertas, llegando a ser peligroso el intentar accionarlas ante el temor de quedar bloqueadas en posiciones intermedias.

El desagüe de fondo disponía también de un sistema **desentarquinador** del que no se tiene noticias de su utilización, estando su estado totalmente inoperativo tanto en la parte eléctrica como en la mecánica.

En Marzo de 2008 se iniciaron los trabajos de rehabilitación de los elementos electro-mecánicos del desagüe de fondo, finalizando en el mes de septiembre. Los mismos comprendieron:

- Desmontaje** del antiguo polipasto en pozo de compuertas e instalación de nuevo polipasto, de acuerdo a normativas de seguridad, con 40 m. de cadena.
- Desmantelamiento** y anulación del sistema de desentramamiento con obturación de los conductos de aspiración e impulsión mediante bridas ciegas.
- Reposición** del conducto de aducción de aire a compuertas.
- Restauración** de los by-pass de compuertas
- Restauración** de guiaderas y soleras en cuerpos de compuertas.
- Modificación** en taller de cúpulas de compuertas para adaptación de cilindros hidráulicos de accionamiento. Chorreado y pintado con brea epoxi.
- Restauración** en taller de obturadores de compuertas. Reparación de daños causados por cavitación en el obturador de la compuerta de regulación.
- Granallado** y pintado con brea epoxi de cúpulas y obturadores.
- Granallado** de los cuerpos interiores de compuertas, transiciones aguas arriba y abajo de las mismas y cámara intermedia. Pintado con brea epoxi de toda la superficie granallada.
- Sustitución** completa del sistema de accionamiento de compuertas con incorporación de cilindros y grupo hidráulico.
- Instalación** de nuevos cuadros eléctricos de acometida, protección y mando de compuertas.



foto 6: Interior de compuertas sin obturador antes del granallado.



foto 7: Buzón de compuerta después del granallado.



foto 8: Bajando obturador reparado por pozo de compuertas.



foto 9: Calando obturador en cuerpo de compuerta.

Asegurado el cierre de la compuerta de paramento en la torre de toma mediante bloqueo del cuadro de maniobra, se iniciaron los trabajos. En primer lugar se desmontaron todos los elementos de accionamiento y cúpulas de compuertas para liberar los obturadores, procediendo a continuación a su extracción.

Con los obturadores fuera de los cuerpos de compuertas, se accedió por el túnel a la sección de cierre para examinar asientos y guiaderas, comprobando entonces que los fangos llegaban a esta zona alcanzando en altura el plano diametral del conducto (foto 1). Se montó una ataguía doble al final de la transición aguas arriba de compuertas para retener los fangos y drenar con un tubo el caudal de fuga existente dándole salida al túnel. Así se pudo limpiar y secar la zona entre el final del conducto circular e inicio de túnel para reparación de soleras y guiaderas y posterior chorreado y pintado de dicha zona.

La eliminación de fangos por medios manuales en 140 m. de conducto con un diámetro de 1,6 m. y con 590 m. de túnel a continuación del conducto era prácticamente inviable. Se optó por ejecutar todos los trabajos programados y una vez terminados los mismos se desmontó la doble ataguía, dejando las compuertas en una posición intermedia para que la lengua de fango escurra hacia el túnel.

A partir de aquí existen dos posibilidades de limpieza del conducto, cualquiera de ellas debe realizarse en época de lluvias para permitir una dilución en el cauce del río de los lodos evacuados, ecológicamente admisible:

Limpieza rápida. Realizar un desembalse con un caudal importante en condiciones operativas normales (compuertas de paramento y guarda abiertas al 100%; limitando caudal con la compuerta de regulación) para crear una velocidad de flujo en el conducto capaz de arrastrar los fangos existentes. El caudal máximo de desagüe es de 25 m³/s. lo que equivale a una velocidad de flujo de 12,38 m/s. Se puede considerar que con una velocidad de flujo de 5 m/s. equivalente a un caudal de 10 m³/s. sería suficiente para que en un tiempo relativamente corto (aquí la consistencia de los fangos juegan un papel importante) el conducto quedara limpio.

Limpieza lenta, (seguridad del túnel). Con la compuerta de paramento parcialmente abierta y las compuertas de guarda y regulación abiertas, crear una circulación de caudal en el conducto a lámina libre para que esta vaya lamiendo la superficie de la capa de fango de forma progresiva hasta su eliminación. Se considera que con un caudal entre 2 y 3 m³/s. la limpieza sería efectiva, aunque el mismo estaría limitado por las necesidades de aducción de aire en cabecera del conducto al funcionar este en lámina libre.

7. CONSIDERACIÓN FINAL

Como cierre a esta Comunicación, reiterar la importancia de los desagües de fondo en las presas y en consecuencia la necesidad de mantenerlos operativos en todo momento con el 100% de seguridad. Afortunadamente son escasas las veces en que se hayan tenido que utilizar con su principal objetivo, pero con una sola vez que su adecuada actuación pueda solventar situaciones de posibles catástrofes su existencia y buena conservación estarán plenamente justificadas.