

**Estudio de la operatividad de los  
desagües de fondo de las presas de  
Mequinenza y Ribarroja y sus  
implicaciones en materia de  
seguridad pública**

Dr. Ing. César González Cebollada  
Profesor Titular de la Universidad de Zaragoza

# PRESENTACIÓN

---

El presente informe es fruto de un contrato de asesoría suscrito con fecha 25 de mayo de 2021 entre la Associació Sediments (CIF G43892090) representada por su Presidente, Josep Juan Segarra, y la Universidad de Zaragoza (CIF Q5018001G) representada por su Vicerrectora de Transferencia e Innovación Tecnológica, Gloria Cuenca Bescós.

El contrato suscrito recibe el código 2021/0273 de la Universidad de Zaragoza, y en él se nombra como investigador principal a:

César González Cebollada  
Profesor Titular de la Universidad de Zaragoza (Área de Mecánica de Fluidos).  
Ingeniero Industrial (1999).  
Doctor en Mecánica de Fluidos (2006).  
Diplomado en Explotación y Seguridad de Presas y Embalses (2017).

En cumplimiento del contrato, el investigador principal realiza el presente informe y lo firma en Zaragoza, a 28 de julio de 2021.

Firmado: César González Cebollada (DNI 25157993H).  
Profesor Titular de la Universidad de Zaragoza.

# CONTENIDO

---

1.	<b>OBJETIVO Y METODOLOGÍA. ....</b>	<b>4</b>
2.	<b>IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD PÚBLICA DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE UNA PRESA. ....</b>	<b>5</b>
3.	<b>IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD PÚBLICA DE LA APERTURA PERIÓDICA DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE UNA PRESA. ....</b>	<b>12</b>
4.	<b>INDICIOS DE QUE LA OPERATIVIDAD DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE MEQUINENZA Y RIBARROJA NO ESTÁ ASEGURADA. ....</b>	<b>18</b>
5.	<b>POSIBLES CONSECUENCIAS DE LA INOPERATIVIDAD DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE MEQUINENZA Y RIBARROJA. ....</b>	<b>25</b>
6.	<b>CONCLUSIONES Y DICTAMEN PERICIAL.....</b>	<b>34</b>
7.	<b>DECLARACIÓN DE TACHAS Y PROMESA.....</b>	<b>36</b>
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

# 1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA.

El objetivo de este informe es realizar un estudio técnico acerca del grado de operatividad de los desagües de fondo de las presas de Mequinenza y de Ribarroja y de los riesgos catastróficos asociados su hipotética falta de operatividad completa. Los embalses de Mequinenza y Ribarroja se encuentran en el río Ebro uno a continuación del otro, en las provincias de Zaragoza y Tarragona respectivamente.

Se pretende determinar si la empresa propietaria de ambas presas, Endesa Generación S.A., cumple la normativa legal en materia de seguridad de presas, en relación con la operatividad de los desagües de fondo de las presas de Mequinenza y Ribarroja.

El razonamiento que se va a seguir se basa en las siguientes premisas:

1. Los desagües de fondo de una presa son elementos básicos para la seguridad de una presa, tal y como establece la legislación en materia de seguridad de presas y la bibliografía técnica básica (Apartado 2 de este documento).
2. Las labores de mantenimiento de los desagües de fondo de una presa requieren pruebas de funcionamiento real, con apertura total y simultánea de todas las compuertas de cada desagüe para permitir la circulación del agua por los conductos de desagüe, tal y como establece la legislación en materia de seguridad de presas y la bibliografía técnica básica (Apartado 3 de este documento).
3. En las labores de mantenimiento de las presas de Mequinenza y Ribarroja no se realizan pruebas de funcionamiento real de los desagües de fondo, de manera que su operatividad no está asegurada (Apartado 4 de este documento).
4. En una situación de emergencia en las presas de Mequinenza y de Ribarroja, la falta de operatividad de los desagües de fondo podría ocasionar resultados catastróficos, poniendo en concreto peligro la vida, la integridad física de las personas y el medio ambiente (Apartado 5 de este documento).

Una vez verificada cada premisa, se procederá a extraer las conclusiones pertinentes y a emitir el correspondiente Dictamen Pericial sobre la cuestión planteada (Apartado 6 de este documento).

## 2. IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD PÚBLICA DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE UNA PRESA.

Típicamente, un embalse se llena de agua gracias a los caudales de agua que proporciona el propio río cuyas aguas se embalsan. El agua del río procede de las precipitaciones que suceden en la cuenca hidrográfica que abastece al embalse. Cuando un episodio de lluvia es muy intenso, en el río se producirá una avenida o crecida (un aumento temporal e importante del caudal) que posibilitará el llenado del embalse.

Pero cuando un embalse se encuentra lleno, las avenidas del río pasan a ser una amenaza para su seguridad, pues provocarán un aumento indeseado del nivel del embalse que puede ocasionar diversos tipos de problemas, incluido el desbordamiento de la presa y su rotura. Estas circunstancias pueden provocar graves inundaciones y ocasionar importantes daños materiales y humanos, como ha sucedido en los cientos de accidentes ocurridos en el mundo durante las últimas décadas, con varias decenas de miles de personas fallecidas en total, tanto en pequeños accidentes como en grandes catástrofes<sup>1</sup>.

El desbordamiento de la presa en situación de avenida es la principal causa de rotura de una presa (ICOLD, 1995), de manera que se dedican importantes esfuerzos técnicos y económicos a tratar de gestionar las avenidas de manera segura. Para ello, toda presa dispone de los llamados **órganos de desagüe**, encargados de dejar pasar una avenida de manera segura cuando el embalse se encuentra lleno. Generalmente, los principales órganos de desagüe son de dos tipos:

**Desagües superficiales:** denominados **aliviaderos**, son sistemas de vertido por los que, cuando el embalse está lleno, el agua rebosa de manera controlada y continúa su recorrido por el río.

**Desagües profundos:** situados a menor cota que los aliviaderos, típicamente son túneles practicados en la propia presa o en el terreno aledaño que permiten descargar agua del embalse a conveniencia, gracias a que están dotados de compuertas. Cuando un desagüe profundo se encuentra en la cota inferior de un embalse, se denomina **desagüe de fondo**. Por su ubicación, un desagüe de fondo es el único mecanismo capaz de vaciar completamente un embalse en caso de necesidad.

En cierto modo, cabría comparar un embalse con una bañera doméstica, donde también podemos encontrar un aliviadero en su parte más alta y un desagüe de fondo (en este caso, con un tapón en lugar de compuertas). En una situación de “emergencia” es importante que ambos sistemas puedan actuar simultáneamente para evitar que el agua rebosa el borde de la bañera y provoque daños. Además, si se desea vaciar la bañera, la única manera es mediante el desagüe de fondo. La Figura 1 ilustra la ubicación y función de los aliviaderos y desagües de fondo de una presa.

---

<sup>1</sup> Un listado informal de accidentes por rotura de presa se puede encontrar en la página web de Wikipedia bajo la entrada “[Rotura de Presa](#)”.

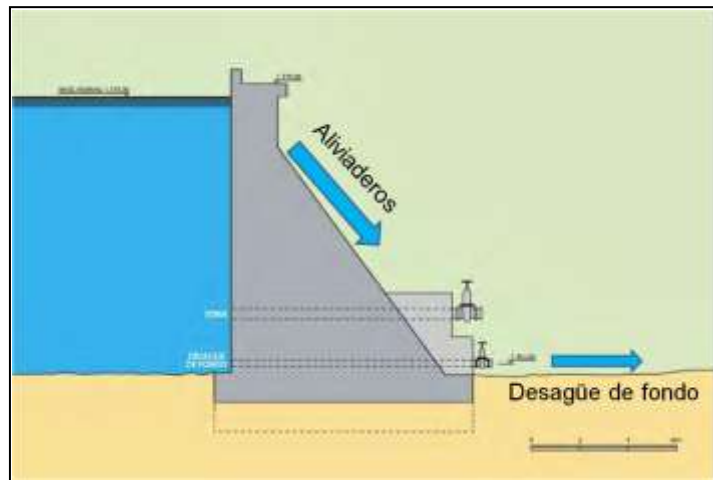


Figura 1. Aliviaderos y desagüe de fondo en una presa.

Por todo ello, las normativas de seguridad de presa de todos los países establecen diversas obligaciones relacionadas con los desagües de fondo.

Existen múltiples fórmulas constructivas para constituir los desagües de fondo de una presa, aunque en general consisten en túneles que atraviesan el cuerpo de la presa por una cota lo más baja posible. Típicamente, por razones de seguridad y en consonancia con las legislaciones aplicables, han de existir dos desagües de fondo en cada presa y cada uno debe disponer de dos elementos de cierre (compuertas o válvulas). En la Figura 2 se muestra, a modo de ejemplo, la configuración de cada uno de los dos desagües de fondo de la presa de Mequinenza.

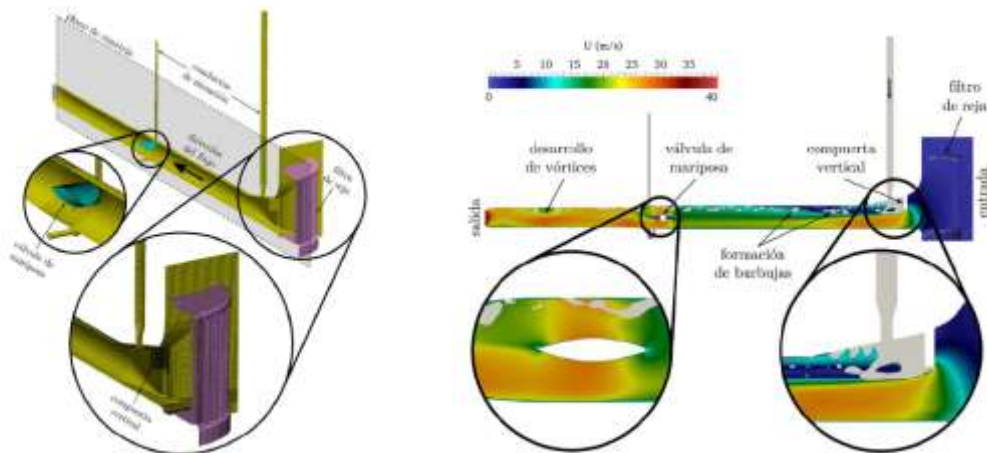


Figura 2. Esquemas de los desagües de fondo de la presa de Mequinenza (Bayón et al., 2017).

Como se observa en la figura, cada desagüe de la presa de Mequinenza consta en primer lugar de un filtro de rejilla (para evitar la entrada de elementos sólidos grandes en el conducto). A continuación se tiene una compuerta vertical (primer elemento de cierre) seguida de un conducto de aireación (un conducto vertical en contacto con el aire exterior, necesario para equilibrar la presión y evitar así las presiones de vacío y las fluctuaciones que se generarían detrás de la compuerta). Más adelante, se tiene una válvula de mariposa (segundo elemento de cierre) con su conductor de aireación y, finalmente, se tiene el orificio de salida, donde el chorro de agua sale a una velocidad del orden de los 150 kilómetros por hora.

En el caso de las presas de Mequinenza y Ribarroja, hasta el 13 de abril de 2021 ha sido aplicable la **Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas de 1967** (Orden de 31 de marzo de 1967, BOE 27 octubre 1967). En su articulado se puede observar la importancia que otorga a los desagües de fondo en materia de seguridad:

18.1. *Conocida la avenida máxima, se deberá definir, con criterio de actuación coordinada, los medios de evacuación o laminación convenientes, como son los desagües controlados por compuertas: **de fondo**, intermedios o de superficie; los desagües de sección acotada pero sin compuertas; los aliviaderos de lámina libre, y el resguardo del embalse.*

20.1 (...) Los **desagües profundos** pueden servir para controlar el nivel del embalse y permitir su vaciado en un tiempo prudencial.

20.4. *En cada presa se proyectarán **como mínimo dos desagües de fondo**.*

20.5. *Todos los desagües profundos estarán provistos de doble cierre y deberán poderse accionar a mano y mecánicamente con energía procedente de dos fuentes distintas.*

*Instrucción de grandes presas (1967)*

El 13 de abril de 2021 entraron en vigor las **Normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses** (Real Decreto 264/2021, BOE 14-04-2021), cuyo articulado también da cuenta, con más intensidad si cabe, del importante papel de los desagües de fondo en la seguridad de una presa.

4.3 (...) *Escenario límite. Embalse en su Nivel máximo normal y desagüe de un hidrograma que pueda llenarlo hasta la coronación de la presa, manteniendo ésta **todos sus elementos de desagüe abiertos**, produciéndose a continuación su rotura.*

6.1 (...) *En el proceso de laminación se podrán tener en cuenta la capacidad de todos los elementos de desagüe (aliviaderos principales y de emergencia, diques fusibles, desagües de medio fondo y **de fondo**, etc.), siempre que esté asegurado su correcto funcionamiento en situaciones de avenida.*

7. *Prevalencia de la Seguridad durante todas las fases de la vida de la presa. 1. **Los criterios derivados de la seguridad de la presa y embalse prevalecerán sobre cualquier otro criterio** de tipo técnico, ambiental u operacional que puedan entrar en conflicto durante todas las fases de su vida, siendo responsabilidad del titular el cumplimiento de los criterios recogidos en las Normas Técnicas de Seguridad*

10.1 *Los elementos de control de los órganos de desagüe deberán estar proyectados de tal forma que **se asegure su funcionamiento en cualquier situación** y, en particular, en situaciones de avenida. Deberán disponer de dispositivos de accionamiento redundantes, estar alimentados por fuentes de energía independientes, según se señala en el apartado 20 de esta Norma, y accesos garantizados y controlados en cualquier situación. En cualquier caso, se deberá asegurar que los elementos de control de los órganos de desagüe presentan una **alta fiabilidad**.*

8.5 *El titular establecerá el equipo humano encargado de la explotación de la presa de forma que pueda atender satisfactoriamente las labores de vigilancia y conservación de las instalaciones, **efectuar la adecuada operación de los órganos de desagüe** y la evaluación del comportamiento de la presa y el embalse.*

13.1 *A efectos de seguridad, se consideran como órganos de desagüe los **aliviaderos de superficie y los desagües profundos**, bien sean intermedios o de fondo, proyectados con la finalidad de evacuar las avenidas y regular el nivel del embalse.*

13.2 El titular deberá **garantizar la operatividad de todos los órganos de desagüe** de la presa así como la accesibilidad, de manera restringida, a la zona en la que se encuentren sus sistemas de accionamiento.

14.1 Para la operación de los órganos de desagüe, ya sea para el control de avenidas, vaciados del embalse o **pruebas de los equipos**, se precisará disponer de personal suficiente y con capacidad técnica en las inmediaciones de la presa.

14.2 Todas las operaciones se registrarán convenientemente (...).

14.4 En situación de normalidad se procurará realizar una apertura gradual de los órganos de desagüe de manera que en ningún caso el caudal máximo desaguado supere el caudal correspondiente a la máxima avenida ordinaria.

22.1 El Plan de Mantenimiento recogerá las necesidades de mantenimiento de los elementos correspondientes a los órganos de desagüe, así como **al menos una comprobación anual de su completo funcionamiento**, que deberá ser efectuada por personal cualificado y formado.

22.3 El titular deberá realizar los trabajos de conservación de los órganos de desagüe, así como los de reparación y reforma necesarios, con la finalidad de **mantenerlos en condiciones de operatividad**.

31.1 Durante la inspección (...) se revisarán los resultados de las últimas pruebas de funcionamiento efectuadas en los órganos de desagüe.

*Normas Técnicas de seguridad de presas (2021)*

En la bibliografía técnica básica sobre presas y embalses, se hace evidente esta labor imprescindible que desempeñan los desagües de fondo a la hora de tratar de garantizar la seguridad de una presa, como se va a mostrar en los siguientes párrafos.

El *Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)* define, en la línea con lo expuesto anteriormente, la misión principal de los desagües de fondo...

*Desagüe y control previo en avenidas en conjunción con el aliviadero superficial (...).*

*Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)*

Aunque las funciones de los desagües de fondo no se limitan a trasegar avenidas, sino que podemos encontrar otras funciones asociadas a la posibilidad de vaciar un embalse que ofrecen los desagües de fondo, funciones también vinculadas con la seguridad de la presa...

*Disminuir el empuje hidrostático ante un comportamiento anormal de la presa.*

*Reducir las filtraciones.*

*Crear un vacío de volumen preventivo para almacenar crecidas previsibles (...).*

*Revisiones, reparaciones y obras.*

*En sequía extrema, para garantizar caudales ecológicos.*

*Función limpiadora (sedimentos)*

*Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)*

Las funciones de los desagües de fondo también se enumeran en el libro técnico *Diseño de pequeñas presas (Bureau of Reclamation, 2007)*...

*Un desagüe (...) puede actuar como regulador de avenidas evacuando el agua almacenada temporalmente en el volumen destinado a laminación o bien desaguando el volumen necesario con anticipación a la llegada de la avenida. Además, los*



*desagües pueden servir para vaciar el embalse y permitir inspecciones, o hacer reparaciones necesarias y realizar la conservación del paramento de aguas arriba de la presa y otras partes normalmente sumergidas. Los desagües también pueden utilizarse para reducir el volumen de embalse cuando se desea controlar o destruir especies perjudiciales de peces o se desea otro tipo de vida acuática en el embalse.*

*Diseño de pequeñas presas (Bureau of Reclamation, 2007)*

Por su parte, la ICOLD, entidad de referencia mundial en materia de presas y embalses<sup>2</sup> expresa de esta manera las funciones de los desagües de fondo...

*Los desagües de fondo pueden servir para los siguientes servicios:*

- a) Control y descarga de avenidas.*
- b) Vaciado del embalse para el mantenimiento de la presa.*
- c) Vaciado del embalse en situación de emergencia.*
- d) Tránsito de sedimentos.*
- e) Suministro de agua para propósitos específicos.*

*Spillways for dams. ICOLD (1987)*

Por último, en España la entidad de referencia es el Comité Nacional Español de Grandes Presas<sup>3</sup>, que describe así la misión de los desagües de fondo:

*Funciones del desagüe de fondo...*

- a) La principal es el control y vaciado del nivel del embalse por debajo del umbral del aliviadero o de los desagües intermedios, si existieran. (...) esta función puede ser mínima o nula en la práctica, pero **siempre es necesaria la disponibilidad efectiva del desagüe de fondo como reserva en caso de necesidad.***
- b) Derivación de caudales durante la construcción.*
- c) Limpieza de materiales sólidos.*
- d) Complemento del aliviadero con niveles altos o para desembalses previos.*

---

<sup>2</sup> La ICOLD (International Commission on Large Dams, traducido como Comisión Internacional de Grandes Presas), es una organización científica y técnica de referencia mundial sobre presas y embalses ( [www.icold-cigb.org](http://www.icold-cigb.org) ). Se trata de una organización internacional dedicada al intercambio de información y conocimientos científico-técnicos sobre el diseño, la construcción, el mantenimiento y el impacto de las grandes presas. Fue fundada en 1928 y tiene su oficina central en París. Consta de 100 comités nacionales miembros que aglutinan aproximadamente a 10.000 personas relacionadas con todos los aspectos técnicos de las presas. Entre sus diversas funciones, organiza congresos, jornadas y reuniones científicas, y edita y difunde libros, boletines y otras publicaciones técnicas. Varios de sus comités técnicos se dedican específicamente a la seguridad de las presas.

<sup>3</sup> El Comité Nacional Español de Grandes Presas pertenece a la ICOLD, donde se denomina SPANCOLD (Spanish Commission on Large Dams) ( [www.spancold.org](http://www.spancold.org) ). Desde su creación por Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1955, es un órgano colegiado de la Administración General del Estado. Sus estatutos datan del año 1971, y fueron aprobados por Orden comunicada de 17 de septiembre del entonces Ministro de Obras Públicas, y fueron actualizados el 20 de febrero de 2001. Al no encontrarse adaptados a la legislación vigente en la materia, finalmente mediante Orden AAA/1441 /2015, de 16 de julio quedó definitivamente regulado su funcionamiento. Entre las actividades del Comité Nacional Español de Grandes Presas se encuentra la organización de congresos y jornadas en España y la edición y difusión de publicaciones y guías técnicas. Dos de sus comités técnicos se dedican a la seguridad de las presas.

*El desagüe de fondo, por su particular ubicación, es el único que puede cumplir con plenitud todas las misiones.*

*Aliviaderos y Desagües, Guía Técnica nº 5 (2012)*

En definitiva, las múltiples funciones de los desagües de fondo los convierten en elementos imprescindibles de seguridad, de manera que pueden llegar a evitar importantes catástrofes. Esto es cierto hasta el punto de que una única actuación de los desagües de fondo a lo largo de toda la vida útil de una presa podría evitar una catástrofe y compensar sobradamente todos sus costes de construcción y mantenimiento, así como los costes de su rehabilitación en caso de no encontrarse operativos.

Así, los desagües de fondo de una presa desempeñan un papel protagonista en materia de seguridad. Nuevamente, la bibliografía técnica básica deja clara esta importancia de los desagües de fondo. Por ejemplo, el *Tratado básico de presas* (Vallarino, 2005) lo expresa de la siguiente manera...

*Quando han de operar, es imperiosa y grave la exigencia de su buen funcionamiento.*

*Forman parte esencial de la presa y su explotación puede influir sustancialmente en la seguridad de ésta y del cauce aguas abajo.*

*Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)*

También el Comité Nacional Español de Grandes Presas lo expresa con claridad, haciendo referencia a los múltiples accidentes ocurridos por un inadecuado funcionamiento de los desagües de una presa.

*La importancia que en la seguridad de la presa puede tener el desagüe de fondo (...) obliga a emplear dos en paralelo, cada uno con dos válvulas o compuertas en serie como mínimo.*

*Los órganos de desagüe han sido causa, de una forma u otra, del 50% de los accidentes registrados, por lo que puede decirse con toda propiedad que **los aliviaderos y desagües son los órganos que más influyen en la seguridad de la presa.***

*Debe prevalecer la prioridad de las operaciones de los desagües que afecten a la seguridad sobre el interés del rendimiento económico.*

*Aliviaderos y Desagües, Guía Técnica nº 5 (2012)*

En efecto, la legislación española obliga a disponer dos desagües en cada presa, para poder ejecutar en cualquier momento una operación de vaciado parcial o total del embalse. Y cada uno de ellos ha de contar al menos con dos elementos de cierre (válvulas o compuertas). Estas redundancias dan cuenta una vez más de la importancia de los desagües de fondo en la seguridad de una presa.

El ingeniero español Santos Madrid González estudió a fondo la problemática de los desagües de fondo en España, expresando sus conclusiones en las VIII Jornadas Españolas de Presas, celebradas en 2008 en Córdoba. Entre sus múltiples observaciones, cabría destacar las siguientes...

*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.*

**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.

**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**" 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.

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.

*Los desagües de fondo en presas, Madrid (2008)*

En definitiva, los desagües de fondo de una presa son elementos indispensables de seguridad. **Su correcto funcionamiento ha de estar asegurado permanentemente**, pues en cualquier momento pueden ser necesarios, bien para actuar conjuntamente con los aliviaderos en caso de avenida, bien para actuar en solitario cumpliendo alguna de sus funciones exclusivas.

### 3. IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD PÚBLICA DE LA APERTURA PERIÓDICA DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE UNA PRESA.

En este apartado se muestra la importancia de que los desagües de fondo de una presa sean abiertos periódicamente como parte de sus tareas de mantenimiento, para que su operatividad quede garantizada en caso de necesidad. Se describirán además algunas experiencias de reparación de desagües de fondo y se mencionarán los riesgos innecesarios que se generan cuando los desagües de fondo de una presa no están operativos, describiéndose algunos accidentes catastróficos ocurridos en el pasado en los que la falta de operatividad de los desagües de fondo ha tenido algún grado de responsabilidad.

Como se ha visto en el apartado anterior, los desagües de fondo de una presa cumplen diversas funciones, y las más importantes de ellas están relacionadas con la seguridad pública. El caso más evidente se tiene en el caso de crecidas en el río cuando el embalse se encuentra lleno. En tal caso, es necesaria la máxima capacidad de evacuación de agua del embalse, incluso un vaciado previo a la llegada de la avenida, para evitar el desbordamiento y la posible rotura de la presa, de manera que todos los órganos de desagüe deben funcionar simultáneamente, tanto los aliviaderos de superficie como los desagües en profundidad.

En el caso de las presas de Mequinenza y Ribarroja, hasta el 13 de abril de 2021 ha sido aplicable la **Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas de 1967** (Orden de 31 de marzo de 1967, BOE 27 octubre 1967). Esta normativa ya indicaba la necesidad de todos los órganos de desagüe se encuentren en condiciones de servicio, para lo cual es necesario el accionamiento periódico de las compuertas:

*92.2. Cuando las presas se exploten por una corporación autónoma o por una empresa, la dirección de su explotación estará a cargo de un servicio de explotación establecido dentro de la corporación o empresa, que además de atender a la explotación de los embalses responderá de la inspección, vigilancia, conservación y seguridad de las presas Y, en particular, de **mantener en condiciones de servicio los dispositivos de control, órganos de desagüe, accesos y comunicaciones.***

*93.1 El Servicio Técnico de Explotación de la Entidad propietaria o concesionaria de la presa y de su embalse organizará el personal auxiliar en la forma adecuada para atender a los servicios de vigilancia, conservación, aforos y **maniobra de compuertas del aliviadero y órganos de cierre de los desagües.***

*94. Normas de explotación, conservación y vigilancia. (...) se referirán a los siguientes temas: (...) e) **Inspección y conservación de las compuertas y mecanismos de los aliviaderos y de los desagües.***

*Instrucción de grandes presas (1967)*

En particular, el artículo 92.2 obliga a “mantener en condiciones de servicio” los desagües de fondo. Lógicamente **la única manera de asegurar que un sistema se encuentra en condiciones de servicio es poniéndolo en servicio con cierta periodicidad.** No basta con probar el funcionamiento independiente de cada parte del sistema, es necesario poner a todo el conjunto en funcionamiento en condiciones

reales de servicio, de la misma manera que para asegurar que un coche se encuentra en condiciones de servicio no basta con arrancar el motor, hay que hacer una prueba real de circulación.

El 13 de abril de 2021 entraron en vigor las **Normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses** (Real Decreto 264/2021, BOE 14-04-2021), derogando la Instrucción de 1967. Esta normativa ahonda aún más en la obligación de que los desagües de fondo estén operativos.

*4.3 (...) Escenario límite. Embalse en su Nivel máximo normal y desagüe de un hidrograma que pueda llenarlo hasta la coronación de la presa, manteniendo ésta **todos sus elementos de desagüe abiertos**, produciéndose a continuación su rotura.*

*7. Prevalencia de la Seguridad durante todas las fases de la vida de la presa. 1. **Los criterios derivados de la seguridad de la presa y embalse prevalecerán sobre cualquier otro criterio de tipo técnico, ambiental u operacional que puedan entrar en conflicto** durante todas las fases de su vida, siendo responsabilidad del titular el cumplimiento de los criterios recogidos en las Normas Técnicas de Seguridad*

*10.1 Los elementos de control de los órganos de desagüe deberán estar proyectados de tal forma **que se asegure su funcionamiento en cualquier situación** y, en particular, en situaciones de avenida. Deberán disponer de dispositivos de accionamiento redundantes, estar alimentados por fuentes de energía independientes (...) y accesos garantizados y controlados en cualquier situación. En cualquier caso, **se deberá asegurar que los elementos de control de los órganos de desagüe presentan una alta fiabilidad.***

*8.5 El titular establecerá el equipo humano encargado de la explotación de la presa de forma que pueda atender satisfactoriamente las labores de vigilancia y conservación de las instalaciones, **efectuar la adecuada operación de los órganos de desagüe** y la evaluación del comportamiento de la presa y el embalse.*

*13.2 **El titular deberá garantizar la operatividad de todos los órganos de desagüe** de la presa así como la accesibilidad, de manera restringida, a la zona en la que se encuentren sus sistemas de accionamiento.*

*14.1 Para la operación de los órganos de desagüe, ya sea para el control de avenidas, vaciados del embalse **o pruebas de los equipos**, se precisará disponer de personal suficiente y con capacidad técnica en las inmediaciones de la presa.*

*14.2 Todas las operaciones se registrarán convenientemente (...).*

*22.1 El Plan de Mantenimiento recogerá las necesidades de mantenimiento de los elementos correspondientes a los órganos de desagüe, así como **al menos una comprobación anual de su completo funcionamiento**, que deberá ser efectuada por personal cualificado y formado.*

*22.3 El titular deberá realizar los trabajos de conservación de los órganos de desagüe, así como los de reparación y reforma necesarios, con la finalidad de **mantenerlos en condiciones de operatividad.***

*31.1 Durante la inspección (...) se revisarán los resultados de las **últimas pruebas de funcionamiento efectuadas en los órganos de desagüe.***

*Normas Técnicas de seguridad de presas (2021)*

Nuevamente, el artículo 13.2 obliga a “garantizar la operatividad de todos los órganos de desagüe”, lo cual debe ser interpretado en los mismos términos descritos anteriormente. Además, el artículo 22.1 establece la obligatoriedad de una “comprobación anual de su completo funcionamiento”, lo cual no deja lugar a dudas sobre la manera de garantizar la operatividad. Estos requisitos legales, plasmados en la Instrucción de 1967 y en la Normas de 2021, los podemos encontrar expresados en

términos parecidos en todas las legislaciones pasadas y presentes de los países que cuentan con legislación específica en materia de seguridad de presas.

La bibliografía técnica básica, en consonancia con la legislación española y mundial, tampoco deja dudas sobre la necesidad de abrir las compuertas de fondo como parte de las tareas de mantenimiento de una presa, para asegurar su operatividad. Por ejemplo, el Tratado Básico de Presas (Vallarino, 2005) lo expresa de la siguiente manera:

*El mantenimiento en orden de los órganos de desagüe exige tres tipos de actividad:*

- *Inspección periódica de su estado.*
- *Operaciones de mantenimiento (limpieza, engrase, pintura, pequeñas reparaciones eventuales)*
- ***Pruebas de funcionamiento.***

*Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)*

Este Tratado no encuentra otra manera de garantizar el funcionamiento, y recomienda una periodicidad máxima de un año.

*La mejor forma de estar seguros del funcionamiento de un mecanismo **es probarlo.***

*Es conveniente hacer una prueba en carga<sup>4</sup> **al menos una vez al año.***

*Tratado básico de presas (Vallarino, 2005)*

El Comité Nacional Español de Grandes Presas, en su Guía Técnica nº1 titulada “Seguridad de Presas” establece nuevamente la necesidad de que las compuertas de fondo deban accionarse como parte de las labores de mantenimiento, en su apartado sobre operación y mantenimiento de los órganos de desagüe:

*El personal de operación, cualquiera que sea su ubicación, **deberá anotar todas las maniobras realizadas** con indicación de los cambios de posición, hora y cota de embalse, amén de las incidencias que pudieran surgir.*

*En cuanto al personal de mantenimiento (...) deberá planificar los trabajos **con una revisión mínima anual.***

*Durante **la utilización de los órganos de desagüe** se observará la existencia de vibraciones, ruidos, acodamientos o cualquier otra anomalía.*

***En los desagües de fondo también es recomendable hacer pruebas con frecuencia mínima anual.***

*Para la realización de estos trabajos, **el titular debe contar con un manual de mantenimiento** preventivo de uso interno, con indicación de los elementos, frecuencias, alcances y equipos responsables de hacer las revisiones, que se registrarán en las correspondientes fichas descriptivas de las inspecciones y actuaciones llevadas a cabo. **Estos documentos pasarán a formar parte del Archivo Técnico de Explotación.***

*Seguridad de Presas. Guía Técnica nº1 (2005)*

---

<sup>4</sup> La apertura en carga o prueba de funcionamiento en carga consiste en abrir simultáneamente todas las compuertas del conducto de desagüe, permitiendo que el agua circule por él. Por el contrario, la apertura en vacío no conlleva circulación del agua, al abrirse las compuertas por separado, no conjuntamente.

Por todo lo expuesto, si en una presa no se abren las compuertas de fondo con una periodicidad mínima anual como parte de sus labores de mantenimiento, no sólo se está incumpliendo la legislación, sino que se está generando un riesgo de accidente en la presa que podría tener consecuencias catastróficas aguas abajo de la presa. La falta de operatividad de los órganos de desagüe es, por tanto una deficiencia muy grave en materia de seguridad, que podría tener consecuencias catastróficas, tal y como indica la Guía Técnica nº1:

*Uno de los riesgos mayores de las presas se deriva de la operación incorrecta de los órganos de desagüe, que puede conducir a un aumento anormal del nivel del embalse y al desbordamiento de la presa. **Un mantenimiento inadecuado puede imposibilitar la operación con el mismo resultado anterior.***

*Seguridad de Presas. Guía Técnica nº1 (2005)*

La Guía Técnica nº5, titulada “Aliviaderos y Desagües”, refuerza la misma idea y añade que no hay que tener ningún temor a abrir las compuertas de fondo.

*Para evitar sorpresas negativas en el momento en que son necesarios, los órganos de desagüe deben ser mantenidos en buen estado **y probados periódicamente.***

*Lo ideal sería probarlos con caudales crecientes hasta el máximo (...).*

*Las pruebas de los desagües profundos suelen ser más factibles (...) A cambio, cualquier disfunción es más difícil de subsanar, pero este temor no debe impedir la prueba, pues **de ocurrir un defecto, más vale que sea en un momento controlable** (...) El temor a un posible defecto del cierre ulterior ha de subsanarse con unas válvulas y mecanismos bien diseñados, contruidos y mantenidos sin escatimar en calidades y reserva de potencia.*

*Aliviaderos y Desagües, Guía Técnica nº 5 (2012)*

A nivel internacional también se constata la necesidad de operar las compuertas de fondo de las presas como parte de su mantenimiento. La ICOLD, entidad de referencia mundial en materia de presas y embalses lo expresa así en sus publicaciones:

*El mantenimiento de las compuertas tiene obviamente una importancia máxima. Lo mejor es **operar las compuertas para propósitos de mantenimiento** a plena o media carga.*

*Spillways for dams. ICOLD (1987)*

**Muchos operadores accionan regularmente los desagües de fondo, en periodos de un año o menos.**

*Sería deseable hacer estas pruebas teóricas a carga completa y abrir las compuertas tanto como sea posible de manera compatible con el flujo que pueda ser descargado aguas abajo sin inconvenientes. La principal ventaja es que esto **familiariza al personal con la operación de las compuertas y elimina la incertidumbre** que se podría sentir en el día en que se deba vaciar el embalse para proteger la presa.*

**El miedo a las vibraciones durante el cierre de las compuertas está muy extendido entre los operadores, pero la experiencia muestra que los equipos ahora pueden ser contruidos con un comportamiento muy satisfactorio a este respecto.**

*Operation of hydraulic structures of dams. ICOLD (1986)*

Por último, el ingeniero español Santos Madrid González estudió a fondo la problemática de los desagües de fondo en España, expresando sus conclusiones en las VIII Jornadas Españolas de Presas, celebradas en 2008 en Córdoba. Sobre el tema en cuestión, establece las siguientes reflexiones:

*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.*

*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.***

*Los desagües de fondo con problemas de funcionamiento (...) **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.*

*Los desagües de fondo en presas, Madrid (2008)*

Es decir, cuando unos desagües de fondo no funcionan, deben ser revisados y reparados. La ICOLD, en sus Congresos XV (Laussane, Suiza, 1985) y XVII (Durban, Sudáfrica, 1995), bajo los epígrafes respectivos de "Obras para reforzar la seguridad de las presas" y "Deterioro de aliviaderos y desagües", dio cuenta de numerosos casos de reparaciones y adaptaciones de desagües de fondo realizadas con éxito en una gran variedad de países (Guía Técnica nº5, 2012).

En España, la Guía Técnica nº1 (2005) y Madrid (2008) describen diversas actuaciones sobre desagües de fondo, entre las que destacan:

- **Presa de Barasona** (río Ésera, Huesca). En 1978 los desagües de fondo presentaron problemas de funcionamiento y dejaron de abrirse, quedando finalmente inutilizados por acumulación de lodos. En 1995, tras una avenida que puso en grave peligro la presa se destaponaron los conductos mediante técnicas novedosas y se sustituyeron las compuertas.
- **Presa de Sau** (río Ter, Barcelona). Los desagües de fondo estaban taponados bajo ocho metros de lodo, que fue retirado mediante agua a presión.
- **Presa de Rumblar** (río Rumblar, Jaén). Modernización de los desagües de fondo previa colocación de escudos en las embocaduras, colocados por submarinistas.
- **Presa de Iznájar** (río Genil, Córdoba). Renovación de los desagües de fondo tras su aterramiento por sedimentos.
- **Presa de Cubillas** (río Cubillas, Granada). Renovación de los desagües de fondo tras su aterramiento por sedimentos.
- **Presa de Escalona** (río Júcar, Valencia). Configuración de un desagüe intermedio a partir de una galería libre.
- **Presa de Contreras** (río Cabriel, Valencia). Configuración de un desagüe intermedio a partir de un desagüe de pozo.

*Guía Técnica nº1 (2005) y Madrid (2008)*

Prácticamente cualquier problema de funcionamiento en los desagües de fondo puede ser resuelto. Y en caso de necesidad, se pueden perforar nuevos desagües de fondo sin necesidad de vaciar los embalses (De Francisco et al., 2008).

Como es lógico, mantener operativas los desagües de fondo presenta diversos tipos de costes económicos:

- Costes asociados a las rutinas de mantenimiento.
- Costes asociados a reparaciones o sustituciones de componentes.



- Las pruebas de funcionamiento de los desagües de fondo pueden desvelar problemas ocultos asociados a la elevada presión del agua y a su elevada velocidad en los desagües (típicamente el agua circula por un desagüe de fondo a velocidades superiores a 100 km/h). En tales circunstancias, se pueden producir taponamientos por sedimentos, dificultades en las aperturas y cierres por las elevadas presiones y velocidades del agua, sobrecargas en los mecanismos de accionamiento, problemas en los conductos de aireación, erosiones y desprendimientos en los túneles de desagüe, vibraciones que provoquen disfunciones y averías en los mecanismos, sobrecargas en los motores de accionamiento. La resolución de tales problemas podría resultar costosa.
- El agua que circula por los desagües de fondo no es utilizada por los aprovechamientos del embalse (abastecimiento, riego, electricidad), lo cual disminuye los ingresos económicos que se obtienen. En el caso de una presa hidroeléctrica (como Mequinenza y Ribarroja), el agua que circula por los desagües de fondo no circula por las turbinas hidroeléctricas, de manera que abrir los desagües de fondo se puede considerar una pérdida económica.

Los costes descritos pueden resultar elevados y pueden generar reticencias a la hora de ejecutar acciones encaminadas a asegurar la operatividad de los desagües de fondo. Algunos propietarios de presas pueden entonces optar por no realizar las necesarias pruebas de carga, ya que **los desagües de fondo son necesarios para la seguridad pública pero no para el negocio privado asociado al embalse.**

Pero **la inacción a este respecto puede tener consecuencias muy graves**, tal y como recuerda la Guía Técnica nº8:

*La fiabilidad de los órganos de desagüe tiene una gran importancia en la seguridad de las presas, y **ha sido parte fundamental de muchos fallos catastróficos.***

*Explotación de Embalses, Guía Técnica nº 8 (2012)*

En el Apartado 5 de este documento se describen diversos fallos catastróficos en presas en los que una causa importante ha sido la falta de operatividad de los desagües de fondo.

## **4. INDICIOS DE QUE LA OPERATIVIDAD DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE MEQUINENZA Y RIBARROJA NO ESTÁ ASEGURADA.**

En este apartado se recopilan indicios de que en los desagües de fondo de las presas de Mequinenza y Ribarroja no se realizan pruebas reales de funcionamiento, de manera que su operatividad no está garantizada, lo cual supone un riesgo en materia de seguridad pública y una infracción de la legislación sobre seguridad de presas anteriormente descrita.

Como se ha constatado anteriormente, no basta con que los mecanismos que componen los desagües de fondo funcionen correctamente de manera aislada, es necesario realizar pruebas reales y completas de apertura para asegurar el correcto funcionamiento de todo el sistema conjuntamente, tal y como indican la legislación todas las recomendaciones técnicas básicas, de manera que en una situación de emergencia los desagües de fondo puedan cumplir sus funciones de seguridad sin contratiempos.

Se presentan en total once indicios diferentes. Se trata de diversos documentos técnicos, documentos oficiales y declaraciones de responsables que señalan todos ellos en única dirección: la ausencia de pruebas de funcionamiento reales, con circulación del agua, en los desagües de fondo de Mequinenza y Ribarroja.

### **Prats (2010).**

Un equipo de investigadores pertenecientes a diversas universidades catalanas publicó en 2010 un artículo científico<sup>5</sup> sobre el efecto de los embalses del bajo Ebro en la temperatura del agua del río. Al referirse al embalse de Mequinenza, afirman que...

*Solamente la toma hidroeléctrica (...) y los aliviaderos en Mequinenza son operados de manera regular [Prats et al., 2010].*

La afirmación, que se recoge en otro artículo científico<sup>6</sup>, da a entender que los desagües de fondo de Mequinenza no se operan de manera regular.

### **CHE (2016).**

Con fecha 28 de junio de 2016 y firmada por Francisco J. Hijós Bitrián como Comisario Adjunto, la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) responde a una solicitud del

---

<sup>5</sup> Prats J, Armengol, Marcé R, Sánchez-Juny M, Dolz J (2010), Dams and reservoirs in the lower Ebro River and its effects on the riverthermal cycle, Handb. Environ. Chem., 13, 77-95, doi:10.1007/698\_2010\_68.

<sup>6</sup> Ramón CL, Armengol J, Dolz J, Prats J, Rueda FJ (2014) Mixing dynamics at the confluence of two large rivers undergoing weak density variations, J. Geophys. Res. Oceans, 119, 2386-2402, doi:10.1002/2013JC009488.

abogado Ramón Nadal Fabra, que representa a la Associació Sediments, para que se le faciliten los informes anuales relativos a las inspecciones y auscultaciones de la presa de Ribarroja, para conocer el estado de los desagües de fondo.

En su respuesta, la CHE manifiesta que no dispone de tales informes, ya que la legislación aplicable<sup>7</sup> (del año 1967) no establece que la administración pública deba conocer tales informes:

*La Confederación Hidrográfica del Ebro no cuenta con Informes de Explotación (...) de la presa de Ribarroja.*

*Por todo lo expuesto y conforme a la normativa vigente aplicable, **el titular no ha presentado la documentación solicitada**, por lo que procede informar de la imposibilidad de satisfacer su petición.*

La obsoleta legislación aplicable entonces, en efecto, eximía a la administración hidráulica de tener conocimiento del grado de seguridad de la presa de Ribarroja. De esta manera, la CHE, en representación de la administración pública, no sabe si los desagües de fondo de Ribarroja se encuentran operativos. Como se verá enseguida, la propia CHE más adelante se planteará como objetivo “asegurar el adecuado estado de mantenimiento de los desagües de fondo”, tanto de Mequinenza como de Ribarroja.

## **Bayón (2017).**

En las V Jornadas de Ingeniería del Agua<sup>8</sup>, celebradas en La Coruña en 2017, se presenta una comunicación científica (Bayón et al., 2017) que describe los trabajos de simulación por ordenador del flujo de agua que hipotéticamente circularía por los desagües de fondo de la presa de Mequinenza si se abrieran. El trabajo está financiado por Endesa (propietaria de la presa). Los investigadores, pertenecientes a la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), afirman que no existen mediciones reales de caudales con las que comparar los resultados de su modelo informático...

*El modelo, pese a haber sido minuciosamente validado durante su desarrollo e implementación (...) **no dispone de medidas experimentales ni de campo** para su validación.*

*A falta de validación experimental o a partir de medidas de campo, **de las que no se dispone**, dichos resultados deben tomarse con cautela.*

Resulta significativo que el trabajo esté financiado por la entidad propietaria de la presa. Si los desagües de fondo hubieran estado operativos, hubiera resultado muy interesante y sencillo ponerlos en servicio, aunque sólo fuera durante un periodo corto de tiempo, para obtener medidas de caudales y presiones con las que calibrar y validar el modelo informático encargado por Endesa a la UPV.

---

<sup>7</sup> Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas de 1967 (Orden de 31 de marzo de 1967, BOE 27 octubre 1967).

<sup>8</sup> Las Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA) es el principal encuentro científico que se celebra en España en relación con la Ingeniería del Agua.

## Senado (2017).

En la página web del Senado, se tiene acceso a tres anexos de un documento sin identificación:

Anexo I<sup>9</sup>: Es un listado de más de 400 documentos sobre actuaciones e informes de inspección y vigilancia realizados por el Servicio Técnico de Explotación entre 1996 y 2017, tanto en la presa de Mequinenza como de la de Ribarroja. En el título de ningún documento se hace referencia a aperturas en carga<sup>10</sup> de los desagües de fondo.

Anexo II<sup>11</sup>: Bajo el título “Revisión del estado de los desagües de fondo”, se ofrece un listado de actuaciones de mantenimiento y reparación en los desagües de fondo de Mequinenza y Ribarroja entre los años 2003 y 2012, sin ninguna referencia a aperturas en carga de los desagües de fondo.

Anexo III<sup>12</sup>: Se hace referencia a tres aperturas en vacío<sup>13</sup> de los desagües de fondo de Mequinenza (años 2008, 2012 y 2015) y a dos aperturas en vacío en los desagües de fondo de Ribarroja (2006 y 2011). No se hace ninguna referencia a aperturas en carga de los desagües de fondo. A continuación se reproduce el contenido de este Anexo III.

APERTURA EN VACÍO DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE MEQUINENZA Y RIBA-ROJA		
PRESA MEQUINENZA	EQUIPAMIENTO	FECHA REALIZACION
DESAGÜE Nº 1	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2007-2008	2008
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2011-2012	2012
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2015	2015
DESAGÜE Nº 2	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2007-2008	2008
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2011-2012	2012
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2015-2016	2016

PRESA RIBA-ROJA	EQUIPAMIENTO	FECHA REALIZACION
DESAGÜE Nº 1	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2006	2006
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2011	2011
DESAGÜE Nº 2	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2006	2006
	Apertura en vacío de desagüe de fondo después de la rehabilitación de 2012	2012

Estos tres Anexos, y en especial el Anexo III, podrían ser una prueba de que, al menos en las dos últimas décadas, no se han realizado pruebas de funcionamiento en carga de los desagües de fondo, ya que ninguno de los anexos se refiere a tales pruebas. Como se ha demostrado anteriormente, las “aperturas en vacío” que se recogen en el

<sup>9</sup> <https://www.senado.es/web/expedientappendixblobservelet?legis=12&id1=42068&id2=1>

<sup>10</sup> La “apertura en carga” o prueba de funcionamiento en carga consiste en abrir simultáneamente todas las compuertas del conducto de desagüe, permitiendo que el agua circule por él. Por el contrario, la “apertura en vacío” no conlleva circulación del agua, al abrirse las compuertas por separado, no conjuntamente.

<sup>11</sup> <https://www.senado.es/web/expedientappendixblobservelet?legis=12&id1=42068&id2=2>

<sup>12</sup> <https://www.senado.es/web/expedientappendixblobservelet?legis=12&id1=42068&id2=3>

<sup>13</sup> La apertura en vacío consiste en abrir cada compuerta del conducto de desagüe de manera no simultánea, evitando así que el agua circule por el desagüe de fondo. De este modo, únicamente se verifica el correcto funcionamiento de cada mecanismo aisladamente y sin estar sometido a las elevadas presiones, velocidades y vibraciones del agua. La correcta apertura en vacío no significa que el sistema vaya a funcionar correctamente en carga.

Anexo III no sirven para satisfacer los requerimientos legales y las recomendaciones técnicas básicas relacionadas con las labores de mantenimiento, ya que no aseguran la operatividad real de los desagües de fondo y, por tanto, **no garantizan la seguridad de la presa.**

### Luis Garrote (2018).

El informe “Evaluación preliminar sobre las posibilidades de restauración del tránsito sedimentario en los embalses de Mequinenza-Ribarroja-Flix”<sup>14</sup> es un estudio adjudicado por la Confederación Hidrográfica del Ebro a la Fundación Agustín de Betancourt, que a su vez delega en la Universidad Politécnica de Madrid, de manera que firma el documento el profesor Luis Garrote de Marcos.

En el apartado 5 del documento, al analizar las posibilidades de movilización de sedimentos en el embalse de Ribarroja mediante la técnica del lavado<sup>15</sup>, el profesor Garrote dice...

***Si están operativos, la capacidad de los desagües profundos es muy potente, lo que permite evacuar 500 metros cúbicos por segundo de agua con el embalse a cota 41,1 m, sólo 3,4 m por encima del cauce. Esto supone que sólo quedarían sumergidos algo menos de 5 km de embalse, con un calado relativamente pequeño. Por tanto, los desagües de Ribarroja permitirían la operación de lavado, siempre que se encuentren operativos.***

Resulta llamativo que el profesor Garrote mencione la obviedad de que los desagües de fondo han de estar operativos para poder trasegar sedimentos por ellos. El profesor Garrote, en sus conclusiones, considera que la técnica del lavado sería viable en Ribarroja, pero vuelve a insinuar que los desagües de fondo han de estar operativos y establece la posibilidad de que estén obstruidos.

*Como resultado del análisis realizado se puede concluir que, en principio, la operación de lavado es técnicamente posible en Ribarroja, siempre que los desagües de fondo estén operativos.*

*Sin embargo, pueden plantearse dudas sobre la viabilidad de la operación en Ribarroja. En primer lugar, depende de la operatividad de los desagües profundos, que están situados a cota muy baja y que han podido quedar obstruidos por la acumulación de sedimentos (...).*

Es obvio que los desagües de fondo tienen que estar operativos para una operación de lavado y resulta significativo que el profesor Garrote especifique reiteradamente algo tan obvio y que mencione específicamente que los desagües pueden estar obstruidos por la acumulación de sedimentos. En consonancia con los comentarios anteriores, el profesor Garrote redacta su última recomendación, escrita justo antes de la firma del documento, en los siguientes términos...

*[Recomendación] **Asegurar el adecuado estado de mantenimiento de los desagües de fondo** de las presas de la cuenca del Ebro y su gestión eficaz para evacuar los sedimentos que son susceptibles de ser movilizados mediante este mecanismo.*

---

<sup>14</sup> <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=61325&idMenu=6161>

<sup>15</sup> La técnica del lavado consiste en abrir los desagües de fondo para que los sedimentos puedan pasar. Se puede realizar vaciando el embalse (lavado en superficie) o sin vaciar el embalse (lavado en presión).

El profesor Garrote realiza una extraña recomendación que tendría que ser innecesaria, porque la legislación (y también las recomendaciones técnicas básicas) obliga a asegurar el adecuado estado de mantenimiento de los desagües de fondo de una presa. **Una obligación legal debería darse por cumplida y no debería mencionarse reiteradamente ni recomendarse en un informe, excepto en el caso de que se tengan dudas o constancias sobre su incumplimiento.**

### Rafael Romeo (2017-2018).

En el libro *Terra Presa*<sup>16</sup>, escrito por Josep Juan Segarra, se documentan diversas afirmaciones de Rafael Romeo, presidente de la CHE entre 2008 y 2012, en relación con los desagües de fondo en cuestión:

*Según Romeo, los desagües de fondo tienen una compuerta a cada extremo y Endesa **únicamente abre estas compuertas por separado**. Por tanto, parece que Endesa sabe que los desagües que unen las compuertas están colapsados de sedimentos. El dirigente de la CHE dice que la empresa quiere evitar que circulen sedimentos por los desagües de fondo porque estos limos, arcillas, arenas y gravas causan un impacto (que provoca denuncias) aguas abajo de la presa o dificultan el cierre posterior de las compuertas. Hay rumores de que los gestores de las presas no tienen claro si sería posible volver a cerrar las compuertas de fondo una vez abiertas. También **es posible que haya un tapón de sedimentos** a la entrada de los desagües, como pasó en Barasona.*

El ex presidente de la CHE constata, por tanto, que los desagües de fondo presentan algún problema importante de operatividad.

### Antonio Llop (2018).

Antonio Llop, concejal del Ayuntamiento de Mequinzenza y ex trabajador de Endesa<sup>17</sup>, es entrevistado en el documental "Sediments"<sup>18</sup>, realizado con el apoyo de diversas instituciones públicas y privadas.

Llop, refiriéndose a la presa de Mequinzenza, declara que:

*Los únicos sedimentos que pasan son los que vienen cuando hay una riada y arrastra lo que lleva el agua...pero sedimentos, sedimentos, pocos, porque las presas se van llenando, se van llenando [de sedimentos]... y como **los desagües de fondo no se abren nunca**, pues va sedimentando allí y se va llenando la presa hasta la altura de la toma de turbinas, que allí ya no pueden subir más.*

Antonio Llop, tras haber trabajado durante 44 años para Enher-Endesa, expresa claramente su convicción de que los desagües de fondo de la presa de Mequinzenza no se abren nunca.

---

<sup>16</sup> ISBN 978-84-09-25054-7.

<sup>17</sup> Antonio Llop, auxiliar técnico de obra civil jubilado, trabajó entre 1965 y 2009 en ENHER, FECSA-ENHER y ENDESA, en el Servicio de Estudios y Proyectos de la División de Vigilancia y Obras como controlador de los movimientos de las diferentes presas.

<sup>18</sup> El documental completo se puede ver en la dirección <https://www.youtube.com/watch?v=IAFoo5SIZSM>. La intervención de Antonio Llop comienza en el minuto 5:40 del video.

## CHE (2020).

En octubre de 2020, la Confederación Hidrográfica del Ebro celebra un conjunto de jornadas de participación pública en relación con el plan hidrológico 2021-2027. En una de ellas<sup>19</sup> se aborda la problemática del Delta del Ebro y se habla de los desagües de fondo de Mequinenza y Ribarroja. Miguel Ángel Vera, jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHE, afirma entonces que

*La gestión de los desagües de fondo, hay que realizarla. La cuestión que decimos siempre es que hay que gestionarlos bien, tienen que estar operativos, **probablemente lo están**, tienen que utilizarse con cierta periodicidad y con eso liberar sedimentos, pero generalmente son de poca magnitud”*

Esta afirmación la realiza en presencia de M<sup>a</sup> Dolores Pascual, presidenta de la CHE. A continuación, García Vera enumera los objetivos a alcanzar en relación con el Delta. Entre ellos está:

***Continuar trabajando para asegurar el adecuado estado de mantenimiento de los desagües de fondo de las presas de la cuenca del Ebro y su gestión eficaz, para evacuar los sedimentos que son susceptibles de ser movilizados mediante este mecanismo.***

Lo que hace la CHE es plantearse como objetivo a alcanzar la recomendación final del profesor Garrote, mencionada anteriormente, y reproducida ahora textualmente por la CHE entre sus objetivos. Tanto el profesor Garrote como el jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHE se refieren a las presas de Mequinenza y Ribarroja, las únicas capaces de suministrar sedimentos al Delta del Ebro.

## Plan del Delta (2021).

En febrero de 2021, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico realiza el “Plan para la protección del Delta del Ebro”. Entre las diversas actuaciones a realizar en este plan, se encuentra:

***Continuar trabajando para asegurar el adecuado estado de mantenimiento de los desagües de fondo de las presas de la cuenca del Ebro y su gestión eficaz, para evacuar los sedimentos que son susceptibles de ser movilizados mediante este mecanismo.***

Nuevamente, la recomendación del profesor Garrote se traslada a un documento oficial, esta vez en forma de actuación dentro de un plan específico para proteger el Delta del Ebro. Si los desagües de fondo de Mequinenza y Ribarroja estuvieran operativos, sería absurdo proponerse “continuar trabajando para asegurar su estado de mantenimiento”.

La expresión utilizada, permite deducir que el actual estado de mantenimiento de los desagües de fondo no es el adecuado, ya que hay que “trabajar para asegurar” tal estado.

---

<sup>19</sup> La sesión quedó grabada y se puede consultar en la dirección web <https://www.youtube.com/watch?v=WxCTtQnNEbl> (la parte que se menciona en este documento se puede ver a partir del instante 01h00m30s del video)

## Antonio Llop (2021).

Antonio Llop (2021), en la presentación del libro *Terra presa* el 25 de junio de 2021 en Mequinzenza afirmó que en las presas de Mequinzenza y Riba-roja están taponadas tanto las compuertas de fondo como las intermedias:

*Quando hay lluvias la empresa gestora de la presa espera hasta el último momento para soltar agua porque las turbinas no producen igual si el embalse está a su cota máxima que si se encuentra por debajo. Y no les interesa abrir las compuertas intermedias y los desagües de fondo porque quieren turbinar todo [...] Los mecanismos tal vez funcionan pero el problema es que si abren las compuertas **allí solo hay lodos; metros y metros de lodo totalmente sólido que parece hormigón** ya ese lodo. Esto lo sabemos. Yo de todas las presas que conozco, y conozco muchas, sólo hay una donde sé que funciona la compuerta de fondo. Y es muy fácil verlo porque vas allí y ves que siempre chorrea agua. En cambio aquí incluso las compuertas de medio fondo nunca sale agua, ¿por qué? Pues porque está todo colapsado por atrás. En la presa de Canelles la compuerta de fondo sí que ha funcionado siempre y sigue funcionando, ¿por qué? Porque ésa presa tuvo muchísimos problemas. Hacía años que estaba hecha y no podía cumplir del todo sus funciones porque había inestabilidad en las laderas, se tuvieron que hacer muchos trabajos en la ladera derecha para sujetarla [...] ésa es la única que he visto funcionar, pero las otras no, las otras no, y **no funcionan porque no quieren**.*

## ENDESA (2021).

Con fecha 22 de junio de 2021, el medio de prensa digital "Aguaita.cat" hace referencia a "fuentes de Endesa", afirmando que<sup>20</sup>

*Fuentes de Endesa, que gestiona las presas de Mequinzenza, Ribarroja de Ebro y Flix, explican que cada año se hacen pruebas de funcionamiento de los mecanismos de apertura de estos sistemas de seguridad (la compuerta y las dos cámaras interiores) que habría que abrir para acelerar la suelta de agua. Endesa asegura que se presentan "planes de mantenimiento y emergencia" y que están "técnicamente preparados" para responder a los requerimientos del regulador, que es la CHE.*

*Lo que no están obligados a hacer, es comprobar que por los desagües pasa el agua porque "el regulador no lo pidió" y supondría activar el plan de emergencia. Endesa asegura que en la pared de la presa no se acumulan los sedimentos y no bloquearían la entrada de agua de los desagües. Según la última batimetría, queden retenidos en las colas los embalses. En el caso de Ribarroja están acumulados a unos 30 kilómetros de la presa y el caso de Mequinzenza, a 100 kilómetros.*

Endesa reconoce que no realiza pruebas de carga en las presas porque el regulador no lo pide, aunque la legislación no establece que las confederaciones hidrográficas deban pedirlo. Lo que establecen las legislaciones, tanto la antigua como la actual, es que la operatividad de los desagües de fondo tiene que estar asegurada por el propietario de cada presa, y la única manera de asegurarla es mediante las pruebas de carga. En general, para unas pruebas de carga no es necesario de activar el plan de emergencias, en muchas otras presas se realizan de manera rutinaria. Y si existiera algún temor fundado o en los casos en los que el caudal desaguado fuera elevado, siempre sería más seguro activar preventivamente el plan de emergencias y abrir los desagües de fondo bajo un escenario controlado que esperar a una situación real de emergencia para abrirlos sin saber qué podría suceder.

---

<sup>20</sup> <https://www.aguaita.cat/noticia/22047/marxa-pels-sediments-reclama-gestio-preses-garantir-ne-seguretat-delta>



## 5. POSIBLES CONSECUENCIAS DE LA INOPERATIVIDAD DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LAS PRESAS DE MEQUINENZA Y RIBARROJA.

Ocasionalmente, las presas fallan y provocan descargas masivas de agua en los ríos. Las causas son muy diversas, y las consecuencias también lo son. Entre los accidentes más graves ocurridos en el pasado en el mundo, hay que contabilizar decenas de víctimas mortales y daños materiales y ambientales muy elevados.

Por desgracia, los accidentes catastróficos por rotura de presa son cada vez más frecuentes. En un reciente informe de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2021), se alerta de un **incremento en el número de catástrofes** asociadas a la rotura de las presas en el mundo, ilustrado mediante la Figura 3.

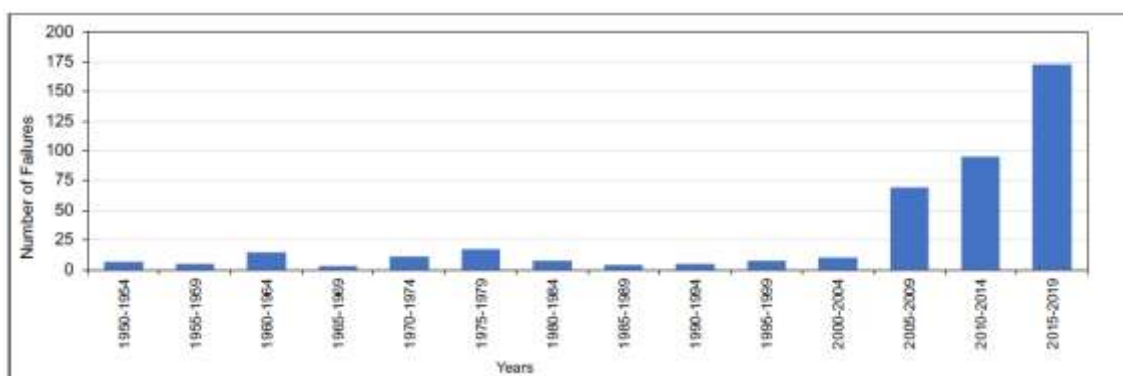


Figura 3. Roturas de presa en el mundo, 1950-2019 (ONU, 2021)

En su informe, la ONU apunta a diferentes causas combinadas que aumentan la peligrosidad de las presas, entre las que destaca su envejecimiento, pero también **su falta de mantenimiento adecuado** y también las consecuencias del cambio climático, en la medida que el calentamiento global conlleva fenómenos meteorológicos más extremos que podrían provocar avenidas extraordinarias en los ríos, para las cuales las presas podrían no estar preparadas. Frente a tales amenazas, se incrementaría aún más la necesidad de que la operatividad de los órganos de desagüe de todas las presas esté asegurada.

Cuando los desagües de fondo no funcionan, se reduce la capacidad de evacuar agua del embalse, de manera que **se incrementa el riesgo de desbordamiento y de desmoronamiento catastrófico de la presa**. De hecho, el desbordamiento de una presa es su principal causa de accidente catastrófico. En las presas de hormigón (como las de Mequinenza y Ribarroja), el desbordamiento es la causa principal del 20% de las roturas de presa recopiladas por la ICOLD en su Boletín nº99, titulado "Rotura de presas, análisis estadístico" (ICOLD, 1995). En 1995, año de realización del estudio, la ICOLD estableció que el 2,2% de las presas más antiguas ya habían fallado catastróficamente.

Como ejemplos de presa de hormigón que han sufrido un accidente catastrófico por causa del desbordamiento, cabe destacar el de la presa de Sella Cerbino (Italia), en el

que, unas lluvias torrenciales provocaron el desbordamiento y la rotura de la presa. Los desagües de fondo fueron abiertos como parte del plan de emergencia que se activó, pero los conductos quedaron obstruidos enseguida por el lodo y no se pudo evacuar apropiadamente el agua del embalse. Hubo 111 víctimas mortales (Irfan y Alvi, 2015).

En España, se han contabilizado doce accidentes importantes por rotura de presa, según se observa en la siguiente tabla:

Presa	Provincia	Año rotura	Muertes	Causa de la rotura
El Gasco	Madrid	1799	-	Rotura del talud aguas abajo
Puentes	Murcia	1802	608	Erosión interna en el cimiento
Granadillar	Gran Canaria	1933	8	Inestabilidad de taludes
Xuriguera	Barcelona	1944	6	Deslizamiento estribo derecho
Vega de Tera	Zamora	1959	144	Colapso de contrafuertes
Torrejón	Cáceres	1965	70	Rotura durante la construcción
Odiel-Río Tinto	Huelva	1968	-	Desbordamiento
Jerte	Cáceres	1977	-	Desbordamiento
Tous	Valencia	1982	8	Desbordamiento
Fonsagrada	Lugo	1987	-	Deterioro del hormigón
Orjales	Asturias	1994	-	Colapso de contrafuertes
Aznalcóllar (minera)	Sevilla	1998	-	Fallo del terreno

Como se puede observar, tres de los accidentes se debieron al desbordamiento de la presa, asociado a una insuficiente capacidad de desagüe. Uno de ellos fue el conocido caso de la rotura de la presa de Tous (Valencia), ocurrido en 1982, que provocó ocho víctimas mortales y miles de damnificados, valorándose los daños materiales en 247 millones de euros. En los pueblos más cercanos a la presa (Sumacárcel, Gabarda y Benegida) el nivel del agua alcanzó los ocho metros de altura y sus viviendas sufrieron graves deficiencias estructurales asociadas a la violencia y la fuerza del agua, de manera que los pueblos de Gabarda y Benegida tuvieron que ser reconstruidos en otra ubicación. A raíz de esta catástrofe, se celebraron diversos juicios para depurar responsabilidades y fijar indemnizaciones.

En sentencia de 26 de octubre de 1990, la Audiencia Provincial de Valencia afirmó que los daños y las muertes de la tragedia de Tous pudieron evitarse, considerando probado que la rotura de la presa y las ocho muertes y los daños que originó pudieron haberse evitado si se hubieran abierto correctamente las compuertas de su sistema de desagüe<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> [https://elpais.com/diario/1990/10/28/sociedad/657068407\\_850215.html](https://elpais.com/diario/1990/10/28/sociedad/657068407_850215.html)

Posteriormente, la sentencia<sup>22</sup> del Tribunal Supremo de 20 de octubre de 1997 describió la cuestión en los siguientes términos:

***No se hallaba en condiciones de funcionamiento el desagüe de fondo que, al menos, desde unos veinte días antes, estaba siendo reparado o debía serlo para que funcionasen las válvulas de los motores o mecanismos sitos en la cámara instalada dentro de la obra de la presa.***

*Por ello cuando, sobre las 9 horas, se trató de abrir manualmente las compuertas de los distintos desagües, solo se consiguió abrir la compuerta de una de las tomas de regantes y las de la toma del canal Júcar-Turia y **no las compuertas del desagüe de fondo**, ni las compuertas más importantes del aliviadero de superficie cuyas tres llaves de hierro se rompieron al tratar de abrirlas, por los esfuerzos que se hicieron para conseguirlo.*

*En el juicio oral, previo a la sentencia dictada por la Audiencia Provincial de Valencia (Sección Tercera) de 4 de octubre de 1995, quedó acreditado que el caudal máximo de entrada no superó los 7.800 metros cúbicos por segundo y esta cantidad **hubiera podido ser absorbida de haber estado las compuertas de todas las salidas del pantano abiertas**, con lo que se hubiera evitado el derrumbe del cuerpo central de la presa, por lo que hay que partir del hecho objetivo de que **la presa se desmoronó porque no se abrieron las compuertas.***

*Caso presa de Tous. Sentencia del Tribunal Supremo de 20 de octubre de 1997.*

La sentencia no deja lugar a dudas sobre la responsabilidad de los desagües de fondo en la catástrofe ocurrida.

En el caso de que una presa presente problemas estructurales importantes, el riesgo de colapso aumenta. Es precisamente lo que sucede con la presa de Mequinenza en particular. Crusells (2010) estudia en su tesina de especialidad el denominado “extraño comportamiento estructural de la presa”, en el marco de una colaboración entre Endesa y la Universidad Politécnica de Cataluña. Los trabajos de investigación giran en torno al análisis del comportamiento estructural de las presas de Endesa, y han dado lugar a dos publicaciones científicas donde también se detallan los problemas estructurales de la presa de Mequinenza (Aguado et al., 2008; Buil et al., 2009).

Al plantear los objetivos de su trabajo, Crusells (2010) describe la preocupación de Endesa por las anomalías estructurales de sus envejecidas presas:

*Desgraciadamente, debido a la antigüedad de las presas españolas (...) cada vez es mayor el número de presas afectadas por algún tipo de anomalía. Tanto es así que ya son las empresas propietarias de las presas las que se han visto obligadas a realizar estudios, cada vez más rigurosos, del estado de sus presas. En este contexto se fragua la tesina que se presenta, dentro de un convenio entre el Departamento de Ingeniería de la Construcción y Endesa Generación S.A., que tiene como objetivo establecer las causas de ciertas anomalías en algunas de sus presas.*

En el resumen de su tesina, el autor describe en líneas generales el comportamiento estructural de la presa de Mequinenza...

*(...) un efecto local de apertura de fisuras de construcción que tan sólo afecta al bloque entre las juntas 13 y 14, con unos movimientos significativamente mayores al resto, y otro global que afecta a toda la presa, cuyas causas propuestas son la expansión del lignito o el entumecimiento del hormigón.*

El apartado 3.5 de la tesina se denomina “El extraño comportamiento estructural de la presa” y comienza describiendo los movimientos observados:

<sup>22</sup> <https://vlex.es/vid/-54071631>

El llenado de los primeros años del embalse hizo entrever un comportamiento de la presa un tanto irregular y no esperado. En 1969, tras el segundo llenado, se pudieron empezar a observar unos movimientos hacia aguas abajo de las alineaciones de los aparatos de medida. Estos eran moderados en la mayoría de los bloques, salvo en el bloque entre las juntas 13 y 14, en el que dichos movimientos eran realmente importantes.

La figura 4.3 intenta plasmar la evolución de los movimientos de colimación de los distintos bloques de la presa a cuatro edades diferentes, con un paso de 10 años entre ellos: 1974, 1984, 1994, 2004.

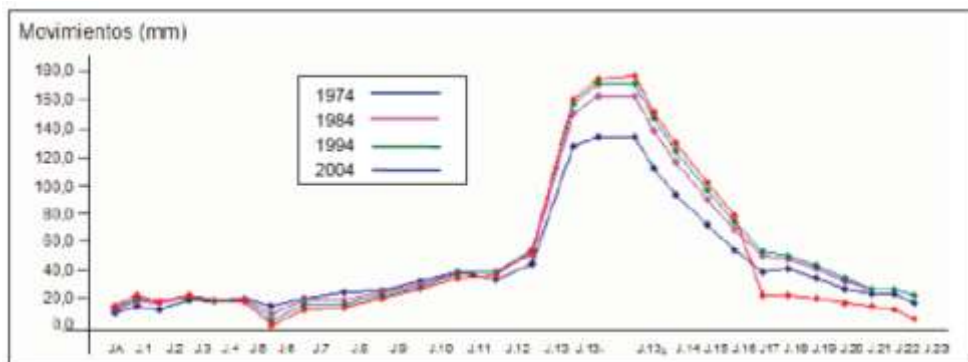


Figura 3.9: Movimientos de colimación en coronación de la presa a distintas edades.

Cabe, a raíz de esta figura, comentar algunos aspectos importantes. Como se puede apreciar, los movimientos principales de la presa se produjeron en los primeros años de vida; se puede destacar que los movimientos a partir del año 1974 han sido muy pequeños frente a los producidos hasta esta fecha. **A pesar de ello, no se puede confirmar una finalización del proceso porque, si bien los movimientos son pequeños comparativamente, se puede entrever una ligera tendencia al alza en las series temporales como se expondrá a continuación.**

Otro aspecto a comentar es la singularidad del bloque entre juntas 13 y 14, que se anticipó en párrafos anteriores. Se puede observar que sus movimientos son extraordinariamente grandes, añadiendo además el consecuente efecto de arrastre en los bloques vecinos, que presentan movimientos también mayores al resto.

En resumen, se puede inferir de este análisis un cierto comportamiento deformacional que aparece en el conjunto de la presa y otro, con movimientos superiores, que tan sólo afecta al bloque entre las juntas 13 y 14. Este hecho es el que se intentará justificar en el capítulo siguiente de modelización y análisis estructural.

Los elevados valores de los movimientos producidos dejaron hace algunos años obsoletas las bases de medida inicialmente instaladas, una de las cuales se muestra la figura 3.10. Esto se refleja tanto en las generales como en las relativas entre bloques, por lo que ha habido que hacer un cambio de bases.

El movimiento de colimación de una presa consiste en el desplazamiento horizontal de su parte superior, debido al empuje hidrostático del agua embalsada. En el gráfico se observa que en el bloque 13-14 la coronación de la presa se ha desplazado unos 18 centímetros, un valor muy inusual, que ha obligado a “hacer un cambio de bases” (se refiere al cambio sistema de medición de la colimación, ya que el sistema inicial no estaba diseñado para medir desplazamientos tan elevados). En este tipo de movimientos, la cimentación de la presa no se desplaza, lo que sucede es que la presa se deforma, se curva por el empuje del agua, lo que da lugar a la aparición de grietas en la pared que se encuentra en contacto con el agua.

En el apartado 4.2.2, titulado “revisión del diagnóstico”, tras analizar todos los estudios realizados anteriormente, Crusells (2010), realiza un nuevo diagnóstico y muestra un esquema de las grietas existentes en el problemático bloque entre las juntas 13 y 14, realizado por buzos en 2007:

En efecto, como ha sido apreciado, el bloque 13-14 presenta unos movimientos muy superiores tanto en colimación como en nivelación<sup>23</sup>, con respecto a los que se registran en los otros bloques. De esta forma, el **nuevo diagnóstico** plantea un movimiento de toda la presa, fruto bien del hinchamiento de los lignitos existentes en la cimentación, bien del hinchamiento higrométrico del hormigón (entumecimiento), o de una combinación de ambos. A este efecto, se le añade un movimiento significativo del bloque 13-14 como consecuencia de la apertura de las fisuras ubicadas en paramento aguas arriba, la mayoría coincidentes con juntas de hormigonado en construcción.

Ha sido gracias a la documentación facilitada que se ha comprobado la existencia y ubicación de esta serie de fisuras en paramento aguas arriba más acentuadas en el bloque 13-14, probablemente debidas a unas singularidades del diseño y la construcción de este bloque. Estas se muestran en el esquema de la figura 4.4, realizado por buzos y con una precisión de medida un tanto aproximada.

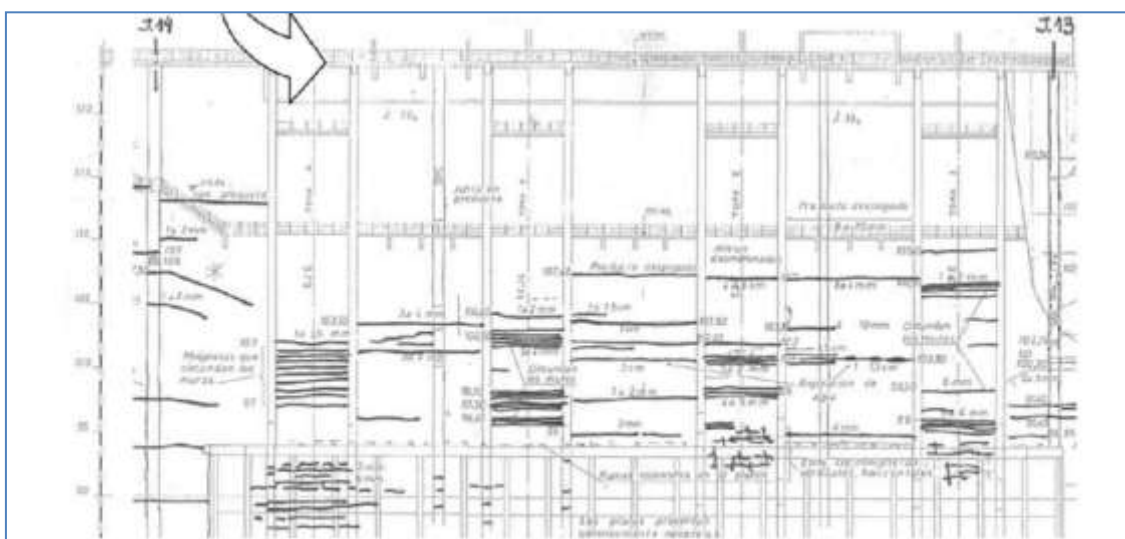


Figura 4.4: Esquema de las fisuras en paramento aguas arriba de la presa de Mequinenza, tomada de [1].

Estas fisuras, al coincidir con las juntas de hormigonado en construcción, podrían deberse a errores durante el proceso de construcción o a una baja calidad del hormigón empleado. Crusells (2010) muestra también una descripción de las principales grietas del bloque 13-14, que se reproduce a continuación.

<sup>23</sup> El movimiento de nivelación de una presa es su movimiento vertical, y el de colimación es el movimiento horizontal.

Cota (m)	Fisura
118,4	Junta de trabajo por estar parado el hormigonado durante 10 a 11 meses.
112,0	Fisura horizontal de paramento a paramento al observarse en paramento de aguas arriba y una filtración aguas abajo.
108,0	Junta horizontal de trabajo muy abierta, pues entran los dedos de la mano.
104,5	Junta horizontal en paramento de aguas arriba que empieza en la junta 13 y se prolonga al menos 15 metros hacia la junta 14.
102,5	Despegue horizontal acusado en proximidades a la junta 13 y se prolonga al menos 15 metros hacia la junta 14.
101,0	Junta de trabajo que se abre unos 3 cm.
98,0	Fisura de 5 mm en la que se observa una aspiración de agua.
95,0	Fisura de anchura 4 mm.
88,0	Se observan grietas o fisuras en los sondeos ejecutados en dirección aguas arriba.
85,0	Se observan grietas o fisuras en los sondeos ejecutados en dirección aguas arriba.

Si bien las grietas en el hormigón pueden ser habituales, la magnitud de las grietas que se describen no es habitual: una atraviesa la presa completa y el agua circula por ella (cota 112 metros), en otra entran los dedos de una mano (cota 109 metros). otras dos tienen al menos 15 metros de longitud (cotas 104,5 y 102,5 metros), otra se abre 3 centímetros (cota 101 metros), en otra los submarinistas observan a simple vista la entrada de agua (cota 98 metros).

En resumen, Crusells (2010) da cuenta de la existencia de dos anomalías importantes en el comportamiento estructural de la presa de Mequinenza. Por un lado un movimiento global de la presa por hinchamientos en la cimentación, en el cemento o en ambos. Por otro lado, un movimiento significativo del bloque 13-14 asociado a la existencia de numerosas grietas que debilitan el bloque.

Resulta difícil determinar la gravedad de las anomalías descritas en la presa de Mequinenza, pero podrían tener un efecto negativo sobre la resistencia mecánica de la presa en caso de un desbordamiento provocado por una avenida extraordinaria. En el caso de que los desagües de fondo no estuvieran operativos, tal desbordamiento sería mayor, y establecería una distribución de fuerzas sobre la presa para la cual no se encuentra diseñada. Tales cargas podrían hacer progresar las grietas de la presa de una manera súbita.

En el caso de una rotura de la presa de Mequinenza, el agua abandonaría rápidamente el embalse y generaría una crecida artificial en el río de un orden de magnitud mayor que el de cualquier crecida natural, de manera que los daños materiales, ambientales y humanos resultarían severos.

Como parte de este trabajo pericial, se ha realizado una simulación hidrodinámica de la inundación que produciría la rotura de la presa de Mequinenza. La simulación se ha realizado con el programa informático IBER 2.6, desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña en colaboración con otras instituciones. Es un programa de simulación hidrodinámica bidimensional basado en la aplicación del método de diferencias finitas a las Ecuaciones de Saint-Venant, que son las que rigen este tipo de flujos.

La rotura se ha calculado con el embalse lleno hasta su "nivel máximo normal", tal como indica la normativa sobre estudios de rotura de presa. Para el cálculo del hidrograma de rotura, se ha aplicado la fórmula aproximada de Hagen, presente en las recomendaciones oficiales de estudios de rotura de presa. Para la modelización del territorio, se han utilizado los modelos digitales de elevación oficiales del Instituto Geográfico Nacional.

Se ha realizado un video<sup>24</sup> en el que se puede observar los resultados de la simulación realizada. En la tabla siguiente se resumen las principales afecciones sobre las todas las localidades situadas aguas abajo de la presa de Mequinenza.

Localidad	Habitantes	Tiempo de llegada de la inundación	Porcentaje del casco urbano inundado
<b>Mequinenza</b>	2.279 hab.	0 horas	100%
<b>Riba-roja d'Ebre</b>	1.100 hab.	3 horas	20%
<b>Flix</b>	3.410 hab.	3 horas	80%
<b>Central nuclear de Ascó</b>		4 horas	100%
<b>Ascó</b>	1.644 hab.	4 horas	90%
<b>Garcia</b>	527 hab.	5 horas	70%
<b>Mora la Nova</b>	3.108 hab.	5 horas	50%
<b>Mora d'Ebre</b>	5.695 hab.	5 horas	100%
<b>Benissanet</b>	1.140 hab.	6 horas	100%
<b>Ginestar</b>	764 hab.	6 horas	100%
<b>Benifallet</b>	723 hab.	7 horas	100%
<b>Tivenys</b>	902 hab.	9 horas	60%
<b>Xerta</b>	1.154 hab.	9 horas	100%
<b>Tortosa</b>	33.439 hab.	10 horas	90%
<b>Amposta</b>	21.115 hab.	12 horas	20%
<b>Deltebre</b>	11.578 hab.	14 horas	20%
<b>Sant Jaume d'Enveja</b>	3.527 hab.	14 horas	50%

Figura 4. Afecciones a poblaciones de la rotura de la presa de Mequinenza.

En la tabla se tienen todas las localidades situadas aguas abajo de la presa, junto a su población. La tercera columna de la tabla indica el tiempo transcurrido entre el comienzo de la rotura de la presa y el comienzo de la inundación del casco urbano, y la última columna indica el porcentaje aproximado de la superficie del casco urbano que quedaría bajo el agua. A la vista de los resultados de la simulación, resumidos en la tabla, se deduce los daños materiales serían extraordinarios, y el número de víctimas mortales dependería del buen funcionamiento de los planes de emergencia. En las localidades con menor tiempo de reacción podrían producirse con facilidad cientos de víctimas mortales en el caso de una rotura rápida de la presa de Mequinenza que no permitiera una evacuación organizada.

<sup>24</sup> El video de la simulación de la rotura de la presa de Mequinenza se puede ver en la dirección [https://www.youtube.com/watch?v=hhZsoX\\_Atxc](https://www.youtube.com/watch?v=hhZsoX_Atxc) .

Se ha incluido en la tabla la central nuclear de Ascó porque, aun en el caso de que el proceso de rotura de la presa fuera lento y permitiera la evacuación de todas las localidades afectadas, todas las instalaciones de la planta nuclear se verían inundadas. En particular, en los reactores nucleares el agua alcanzaría los 15 metros de nivel, de modo que se podría producir un accidente nuclear por fusión del núcleo, como los de Chernóbil (Ucrania, 1986) y Fukushima (Japón, 2011). Las víctimas mortales y los daños ante esta eventualidad serían muy elevadas por el efecto de la radiación nuclear que se liberaría a la atmósfera.

Los daños ambientales de la rotura también serían cuantiosos, no sólo por los daños a la fauna y la flora de los ecosistemas fluviales y de las zonas inundadas, sino por los efectos ambientales de la radiación nuclear resultante del hipotético accidente de la central de Ascó.

Del mismo modo que con la presa de Mequinenza, se ha realizado la simulación de la rotura de la presa de Ribarroja. En la tabla siguiente se resumen sus afecciones:

Localidad	Habitantes	Tiempo de llegada de la inundación	Porcentaje del casco urbano inundado
<b>Riba-roja d'Ebre</b>	1100 hab.	2 horas	20 %
<b>Flix</b>	3410 hab.	2 horas	80%
<b>Central nuclear de Ascó</b>		3 horas	40 %
<b>Ascó</b>	1644 hab.	3 horas	70 %
<b>Garcia</b>	527 hab.	4 horas	40 %
<b>Mora la Nova</b>	3108 hab.	4 horas	10 %
<b>Mora d'Ebre</b>	5695 hab.	4 horas	10 %
<b>Benissanet</b>	1140 hab.	5 horas	100 %
<b>Ginestar</b>	764 hab.	5 horas	100 %
<b>Benifallet</b>	723 hab.	7 horas	90 %
<b>Tivenys</b>	902 hab.	10 horas	10 %
<b>Xerta</b>	1154 hab.	10 horas	10 %
<b>Tortosa</b>	33439 hab.	12 horas	50 %
<b>Amposta</b>	21115 hab.	16 horas	10 %
<b>Deltebre</b>	11.578 hab.	20 horas	10 %
<b>Sant Jaume d'Enveja</b>	3527 hab.	20 horas	30 %

Figura 5. Afecciones a poblaciones de la rotura de la presa de Ribarroja.

Aún siendo una presa de menor tamaño, la rotura de Ribarroja tendría igualmente graves consecuencias, de manera que las estimaciones generales seguirían siendo similares a las del caso de la presa de Mequinenza: innumerables daños materiales,



centenares de víctimas mortales si la rotura es imprevista y accidente nuclear en la central de Ascó. Los daños en el medio ambiente serían nuevamente muy elevados.

## 6. CONCLUSIONES Y DICTAMEN PERICIAL.

A la vista de todo lo expuesto, **surge la duda razonable sobre si los desagües de fondo de las presas de Mequinenza y Ribarroja se encuentran operativos**. Para poder asegurar que están operativos, no basta con que sus compuertas puedan funcionar aisladamente en vacío, sino que es necesario que puedan cumplir su función de evacuar agua del fondo del embalse, actuando simultáneamente en pruebas reales en carga, dejando salir el agua por los desagües de fondo. Para asegurar la operatividad de los desagües de fondo, la entrada de los conductos no debe estar colmatada por los sedimentos del embalse y es necesario acometer rutinariamente pruebas de funcionamiento en carga, para detectar a tiempo cualquier anomalía.

Cualquier disfunción o problema debe ser detectado a tiempo mediante pruebas reales de funcionamiento, ya que **es preferible que los problemas surjan bajo un escenario controlado que bajo un escenario de emergencia**. La no realización de pruebas de carga en los desagües de fondo puede ocultar múltiples problemas: taponamientos por sedimentos, dificultades en las aperturas y cierres por las elevadas presiones y velocidades del agua, sobrecargas en los mecanismos de accionamiento, problemas en los conductos de aireación, erosiones y desprendimientos en los túneles de desagüe, vibraciones que provoquen disfunciones y averías en los mecanismos, sobrecargas en los motores de accionamiento. Ninguno de estos problemas se puede detectar con pruebas de apertura en vacío, son necesarias pruebas en carga.

Si los desagües de fondo de Mequinenza y Ribarroja no estuvieran operativos, se estaría en una **situación de ilegalidad y peligrosidad**, de manera que tendría que ser urgente y prioritaria su rehabilitación y la posterior realización de pruebas reales de funcionamiento con periodicidad anual, tal como indica la legislación y todas las recomendaciones técnicas específicas.

El objetivo de este informe consistía en realizar un estudio técnico acerca del grado de operatividad de los desagües de fondo de las presas de Mequinenza y de Ribarroja y de los riesgos catastróficos asociados su hipotética falta de operatividad completa y determinar si la empresa propietaria de ambas presas, Endesa Generación S.A., cumple la normativa legal en materia de seguridad de presas, en relación con la operatividad de los desagües de fondo.

Se han estudiado las premisas planteadas inicialmente, y este trabajo permite concluir que son todas ellas verdaderas:

1. **Los desagües de fondo de una presa son elementos básicos para la seguridad de una presa**, tal y como establece la legislación en materia de seguridad de presas y la bibliografía técnica básica (premisa verificada en el Apartado 2 de este documento).
2. **Las labores de mantenimiento de los desagües de fondo de una presa requieren pruebas de funcionamiento real**, con apertura total y simultánea de todas las compuertas de cada desagüe para permitir la circulación del agua por los conductos de desagüe, tal y como establece la legislación en materia

de seguridad de presas y la bibliografía técnica básica (premisa verificada en el Apartado 3 de este documento).

3. **En las labores de mantenimiento de las presas de Mequinenza y Ribarroja no se realizan pruebas de funcionamiento real de los desagües de fondo**, de manera que su operatividad no está asegurada (premisa verificada en el Apartado 4 de este documento).
4. **En una situación de emergencia en las presas de Mequinenza y de Ribarroja, la falta de operatividad de los desagües de fondo podría ocasionar resultados catastróficos**, poniendo en concreto peligro la vida, la integridad física de las personas y el medio ambiente (premisa verificada en el Apartado 5 de este documento).

De la verificación de estas premisas, procede emitir el siguiente DICTAMEN PERICIAL:

Endesa Generación S.A., propietaria de las presas de Mequinenza y Ribarroja, presuntamente ha infringido en el pasado las normas de seguridad establecidas, durante décadas, al no realizar pruebas de funcionamiento real de sus respectivos desagües de fondo. Esta inobservancia de las normas de seguridad podría haber causado en el pasado resultados catastróficos, y podría causarlos en el futuro en el caso de mantenerse la inobservancia. Tales resultados catastróficos pondrían en concreto peligro la vida, la integridad de las personas y el medio ambiente.

## **7. DECLARACIÓN DE TACHAS Y PROMESA.**

El técnico autor de este documento manifiesta (Art. 343 LEC):

1. No ser cónyuge o pariente por consanguinidad o afinidad, dentro del cuarto grado civil de una de las partes o de su abogado o procurador.
2. No tener interés directo o indirecto en el asunto o en otro semejante.
3. No estar o haber estado en situación de dependencia o de comunidad o contraposición de intereses con alguna de las partes o con su abogado o procurador.
4. No tener amistad íntima o enemistad con cualquiera de las partes o sus procuradores o abogados.
5. No creer que exista otra circunstancia desmerecedora a nivel profesional.

PROMESA (art. 335.2. LEC) El perito promete decir la verdad y que ha actuado y actuará con la mayor objetividad posible, tomando en consideración tanto lo que pudiera favorecer como lo que fuera susceptible de causar perjuicio a cualquiera de las partes, y que conoce las sanciones penales en la que podría incurrir si incumpliere su deber como perito.

Durante la realización de este trabajo no se han realizado visitas de campo, pruebas ni otros sondeos y en consecuencia el técnico no se responsabiliza de que el estudio pueda quedar incompleto por falta de información, desconocida en el momento de la redacción.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguado A, Agulló L, Araujo G, López CM (2008). Revisión del diagnóstico de la presa de Mequinenza. VIII Jornadas Españolas de Presas, Córdoba.
- Bayón A, Macián-Pérez JF, Río F, Conesa FJ, García-Lorenzana D (2017) Modelado CFD del flujo aire-agua en un desagüe de fondo de presa. V Jornadas de Ingeniería del Agua. La Coruña, España
- Buil JM, Río F, Campos A, Aguado A, López CM, Chinchón S (2009). Problemática y actuaciones recientes en la presa de Mequinenza. IX Jornadas Españolas de Presas, Valladolid.
- Bureau of Reclamation (2007) Diseño de pequeñas presas. Ed. Bellisco.
- Crusells M (2010) Diagnóstico y análisis estructural de patologías en presas de hormigón. Aplicación a la presa de Mequinenza. Tesina de especialidad. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camíns, Canals i Ports de Barcelona, Universitat Politècnica Catalunya.
- De Francisco JP, Pérez-Cecilia D (2008) Ejecución de un nuevo desagüe de fondo sin vaciar el embalse, mediante tuneladora con escudo cerrado, en la presa de la Jarosa. VIII Jornadas Españolas de Presas, Córdoba.
- ICOLD (1986) Operation of hydraulic structures of dams. Bulletin 49a. International Commission on Large Dams.
- ICOLD (1987) Spillways for dams. Bulletin 58. International Commission on Large Dams.
- ICOLD (1995) Dam failures, statistical analysis. Bulletin 99. International Commission on Large Dams.
- Instrucción de grandes presas (1967). Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas. Orden de 31 de marzo de 1967, BOE 27 octubre 1967.
- Irfan A, Alvi PE (2015). Failure of Sella Zerbino Secondary Dam in Molare, Italy. Association of State Dam Safety Officials, USA.
- Guía Técnica nº1 (2005) Seguridad de Presas. Guías técnicas de seguridad de presas. Guía número 1. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- Guía Técnica nº 5 (2012) Aliviaderos y desagües. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- Guía Técnica nº 8 (2012) Explotación de embalses, análisis de riesgos aplicado a la seguridad de presas y embalses. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- ONU (2021) Ageing Water Storage Infrastructure: An Emerging Global Risk. Duminda Perera, Vladimir Smakhtin, Spencer Williams, Taylor North, Allen Curry. United Nations University, Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH).

- Madrid (2008) Los desagües de fondo en presas. VIII Jornadas Españolas de Presas, 26-29 noviembre 2008, Córdoba, España.
- Mosquera O (2017) Explotación en presas: normas de explotación, actuaciones en operación normal y en avenidas, inspecciones rutinarias e informes. EADIC Escuela Técnica.
- Normas Técnicas (2021) Normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses, Real Decreto 264/2021, BOE 14-04-2021.
- Vallarino E (2015) Tratado básico de presas 7ª edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Colección Senior, 51. Ed. Garceta. ISBN 978-84-1622809-6.