

# COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

## CONTROL DE COMPORTAMIENTO DE PRESAS A PARTIR DE LOS INFORMES ANUALES

Francisco Javier Sánchez Cabezas<sup>1</sup>,  
Juan Carlos de Cea Azañedo <sup>2</sup>  
Sandra García Díaz<sup>3</sup>

*RESUMEN: En el artículo se expone parte del trabajo que se está llevando a cabo por parte del área de Vigilancia e Inspección de Presas en materia de informes de auscultación. El objetivo es analizar el comportamiento de las presas de acuerdo con lo que preceptúa el Reglamento en su art. 33 y, en definitiva, analizar la capacidad de respuesta que tienen en función de sus condicionantes particulares hidrológicos, geológicos y estructurales.*

---

<sup>1</sup> Proyecto y Control, S.A.

<sup>2</sup> Dirección General del Agua

<sup>3</sup> Inocsa

## 1. INTRODUCCION

A principios de los años 60, momento en el que tenía lugar en España una vertiginosa actividad en materia de construcción de presas -de media se ponían en explotación anualmente del orden de 20 estructuras-, la entonces Sección de Vigilancia de Presas reflejaba en sus notas de colaboración la preocupación acerca de la necesidad de mantener, conservar, inspeccionar y auscultar las presas para obtener un registro fiable de su comportamiento y para comprobar si se comportaban de acuerdo con la respuesta que presentaban en proyecto.

En una de sus magnificas notas, José Luis Fernández Casado, Jefe de la Sección de Vigilancia de presas, citaba el artículo *The Engineering of Large Dams*, del australiano Henry Thomas, en el cual se ponía de manifiesto la necesidad de establecer dos fases o niveles dentro de la auscultación:

- *Surveillance* (Vigilancia), o fase de auscultación más directa y que puede efectuarse por personal entrenado, aunque no sean técnicos cualificados, y
- *Monitoring* (Supervisión), fase que consiste en la intervención de la ingeniería; exige tiempo y personal técnico muy especializado.

En definitiva y de acuerdo con lo anterior, lo que José Luis Fernández Casado planteaba era la importancia que tiene la vigilancia de determinados indicadores, tales como movimientos horizontales y verticales, capacidad de la infraestructura para absorberlos, presiones totales, presiones intersticiales, filtraciones, etc., el examen de la evolución de dichas variables con el nivel de embalse, la comprobación de si podían llegar a producir condiciones de inseguridad y, como conclusión, cuales serían las futuras necesidades de conservación y mantenimiento.

Esa ideología queda bien plasmada en otro artículo redactado con José Luis Romero Hernández, también perteneciente a la Sección de Vigilancia de Presas: *...No debemos olvidar que una presa bien auscultada y atendida es difícil que presente accidentes que pongan en peligro la integridad del embalse.. (sic).*

Esa filosofía, en lo que a forma de actuar se refiere, se encuentra incluida en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, que establece en su artículo 33.2 que en todas aquellas presas de categoría A el Titular *debe realizar con una periodicidad anual el correspondiente informe resumen de las inspecciones realizadas y de la auscultación..... y propondrá las acciones de corrección necesarias. Dicho informe se enviará a la Administración, que en el ejercicio de las funciones de Vigilancia e Inspección realizará las observaciones y propuestas que estime oportunas; y todo para tener, de forma centralizada, un correcto control de su comportamiento.*

## 2. OBJETIVOS DE LA INSTRUMENTACIÓN

En estos momentos el área de Vigilancia e Inspección de Presas esta revisando un total de 149 informes anuales de comportamiento, frente a los

714 que deberían encontrarse en la Dirección General del Agua y que no han sido enviados por sus titulares.

El único objetivo perseguido por el análisis de los mismos por parte de Vigilancia e Inspección de Presas es el de examinar cual ha sido y es la evolución de las *variables fundamentales* que definen el comportamiento de las presas y su comparación con las resultantes de los cálculos efectuados en la etapa de diseño o que figuran en algunos textos técnicos para condiciones de carga similares.

Es por lo tanto pieza fundamental de dichos informes la inclusión de las lecturas de los elementos de auscultación instalados, cuando existen, y que son muy variables en función de la tipología de presa, de su altura, de la geología y geotecnia de la cimentación,...etc.

Y además de lo anterior, y con objeto de disponer de un mayor volumen de información para poder valorar de forma más real y adecuada cual es el comportamiento de la presa, sería conveniente la inclusión en dichos informes de algunos *datos complementarios relativos a presa y características de la cimentación*. En relación con la primera, sería muy conveniente disponer del valor del módulo de deformación del hormigón, en el caso de las de fábrica, y de los distintos materiales en las de materiales sueltos. En relación con el cimientado, sería conveniente disponer, como mínimo, de su módulo de deformación, de su resistencia a la compresión simple, de su permeabilidad, o de su estado de fracturación, a través del RQD medio de los sondeos realizados, etc.

### 3. VARIABLES ESPACIO-TIEMPO

En los informes anuales, del total de posibles variables<sup>4</sup> que se podrían controlar, se debería prestar una especial atención, en función del tipo de presa, como mínimo a las siguientes:

1. **Fábrica:** Desplazamientos horizontales, apertura-cierre de juntas, tensiones internas, deformaciones, filtraciones del cimientado, y subpresiones.
2. **Materiales sueltos:** Movimientos horizontales y verticales, presiones intersticiales, filtraciones y efectividad de las pantallas de impermeabilización.

Las variables mencionadas deben ser medidas de acuerdo con un Plan de Auscultación en el que se marca la frecuencia de las lecturas, tabla 1.

Todas esas lecturas pueden marcar una línea divisoria entre la seguridad funcional y estructural, y poner de manifiesto, de forma rápida y sencilla, determinados problemas de fácil y económica solución que, de no haberse detectado en sus inicios podrían requerir la adopción de reparaciones de mayor entidad, un mayor volumen de recursos económicos e, incluso, restricciones a la explotación del embalse, con los consiguientes perjuicios. De

---

<sup>4</sup> Al final del artículo se presenta un listado con las diferentes variables a medir y posibles aparatos de instrumentación a utilizar.

igual forma esos mismos elementos de auscultación pueden (y deben) servir para valorar la efectividad de la solución llevada a cabo para resolver un cierto problema y comprobar si aquella se comporta de acuerdo con lo previsto.

Es por ello que el informe anual debería analizar con detalle cuales son las magnitudes máximas y mínimas de esas distintas variables, si son coherentes con los niveles de carga del embalse y con los valores esperables, y, en caso contrario, plantear cuantas recomendaciones sean necesarias para profundizar y explicar lo ocurrido.

#### 4. SITUACION DE LAS PRESAS ESTATALES

En el casi centenar de primeras revisiones de seguridad preceptuadas por el vigente Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses para las presas comprendidas en su ámbito de aplicación que han sido examinadas por el área de Vigilancia e Inspección de presas, se ha puesto de manifiesto que hay una ausencia casi generalizada de elementos de auscultación de la presa y cimiento y, cuando existen, o son insuficientes o no están operativos. Además, se ha comprobado que, en un 53% de los casos analizados, los medios humanos, y sus aptitudes, son insuficientes para poder hacer un buen tratamiento, depuración e interpretación de los datos obtenidos.

FASE	TIPO DE MEDICION		
	Desplazamiento/Deformación	Tensión/Deformación/Temperatura	Filtración/Niveles piezométricos
Durante la construcción	PL - Semanalmente SL - Antes del llenado FD - Semanalmente MP - Semanalmente	SS - Semanalmente SM - Semanalmente T - Semanalmente	U - Semanalmente D - Semanalmente P - Semanalmente
Primer llenado	PL - A diario durante el llenado o en cada escalón de llenado SL - Realizar sólo una vez que el embalse alcance un nivel estable FD - A diario durante el llenado o en cada escalón de llenado MP - Realizar sólo una vez que el embalse alcance un nivel estable	SS - Una vez en cada esalón de llenado SM - Realizar sólo una vez que el embalse alcance un nivel estable T - Realizar sólo una vez que el embalse alcance un nivel estable	U - A continuación del llenado D - A continuación del llenado a menos que el caudal sea grande P - A diario durante el llenado o en cada escalón de llenado
Con embalse constante inicial (si se realiza)	FL - A diario durante la primera semana. Luego semanalmente SL - Mensualmente TD - Semanalmente MP - Semanalmente a menos que se observe fluencia	SS - Semanalmente ST - Semanalmente T - Semanalmente	U - A diario durante la primera semana. Luego semanalmente. D - Semanalmente P - A diario durante la primera semana. Luego semanalmente
Primer año siguiente (Explotación)	FL - Cada dos meses SL - Cada tres meses TD - Mensualmente MP - Mensualmente	SS - Cada dos meses ST - Cada dos meses T - Semanalmente	U - Semanalmente D - Semanalmente P - Semanalmente
Después de alcanzar la presa un comportamiento estable	FL - Mensualmente SL - Una vez al año con embalse lleno TD - Mensualmente MP - Mensualmente	SS - Mensualmente ST - Mensualmente T - Mensualmente	U - Semanalmente D - Semanalmente P - Semanalmente
	PL - Péndulos SL - Poligonación. Triangulación TD - Medidores de deformación del cimient MP - Extensómetros múltiples	SS - Medidores de tensiones ST - Medidores de deformaciones T - Termómetros	U - Subpresiones D - Filtración P - Piezómetros

**Tabla 1.- Pautas temporales definidas por el Comité Nacional de Estados Unidos**

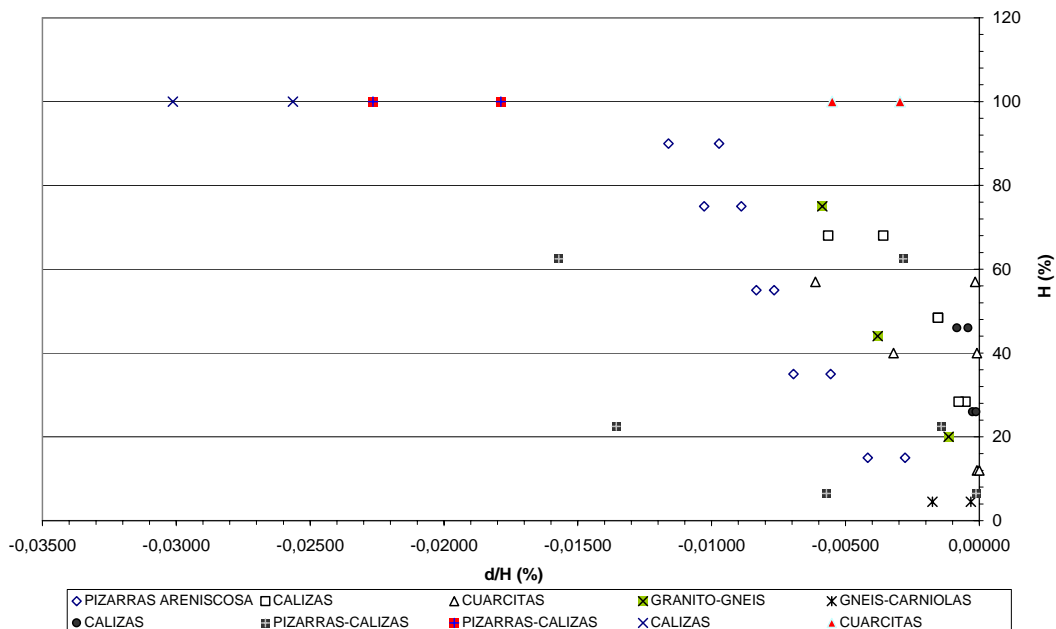
En esos casos, todas esas carencias serían solventadas realizando unas frecuentes, profundas y muy detalladas inspecciones rutinarias por parte de un personal de explotación bien aleccionado en los objetivos perseguidos por ellas.

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

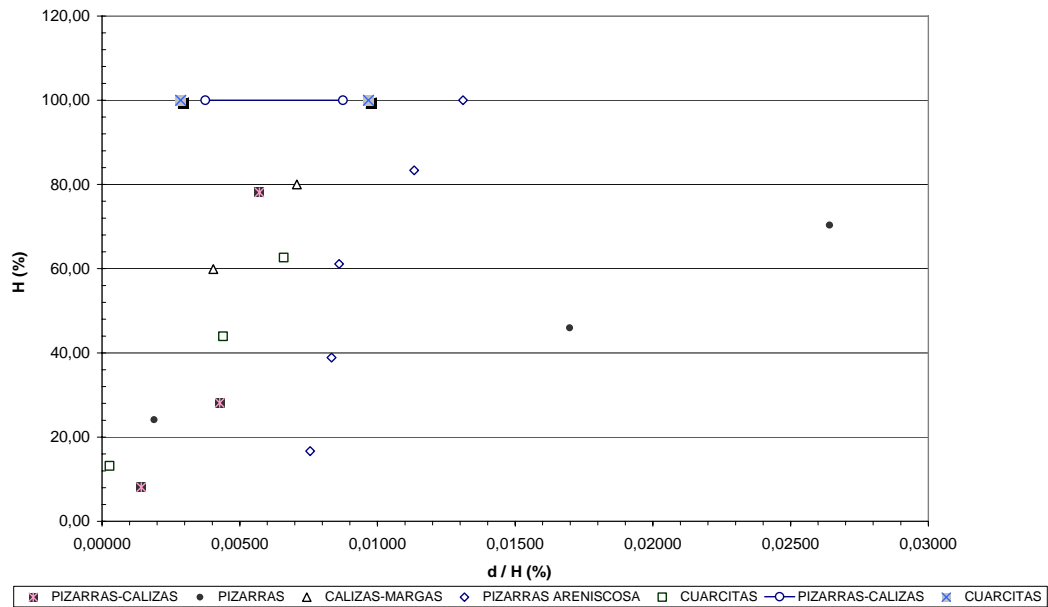
Como ya se ha indicado, el área de Vigilancia e Inspección de Presas está examinando la mayor parte de los Informes anuales de comportamiento de presas que, preceptuados para las presas de Categoría A por el Reglamento Técnico, deben ser enviados a la misma.

Es destacable la baja calidad de la mayor parte de ellos, en el sentido de que se limitan a la inclusión de cual ha sido la evolución anual del embalse, de algunas lecturas de elementos de auscultación (que no se dice dónde se encuentran), y la descripción de algunos hechos destacables de la explotación, la mayor parte de las veces, carentes de interés, a la hora de examinar el comportamiento de la presa, es destacable en muchos casos la mala calidad de los gráficos y en determinadas variables la interpretación no queda suficientemente clara, por ejemplo, en el caso de sectorización de las filtraciones.

Sin embargo, de unos pocos, en los que se incluía la evolución de un buen número de variables de comportamiento, con indicación de dónde se encontraban, ha sido posible extraer algunos datos, a partir de los cuales se han podido dibujar tendencias de comportamiento o cuantificar el valor máximo de ciertas variables. Por ejemplo, en la figura 1, se ha representado, la variable adimensional  $d$  (desplazamiento horizontal máximo medido en planchetas de péndulos y en algún caso completado con las colimaciones)/ $H$  (altura de la presa) frente a la altura de la presa, en porcentaje, para homogeneizar la de todas las presas examinadas. En total se han considerado 10 presas de gravedad de planta recta cimentadas sobre otros tantos distintos materiales, con diferentes permeabilidades y deformabilidades.



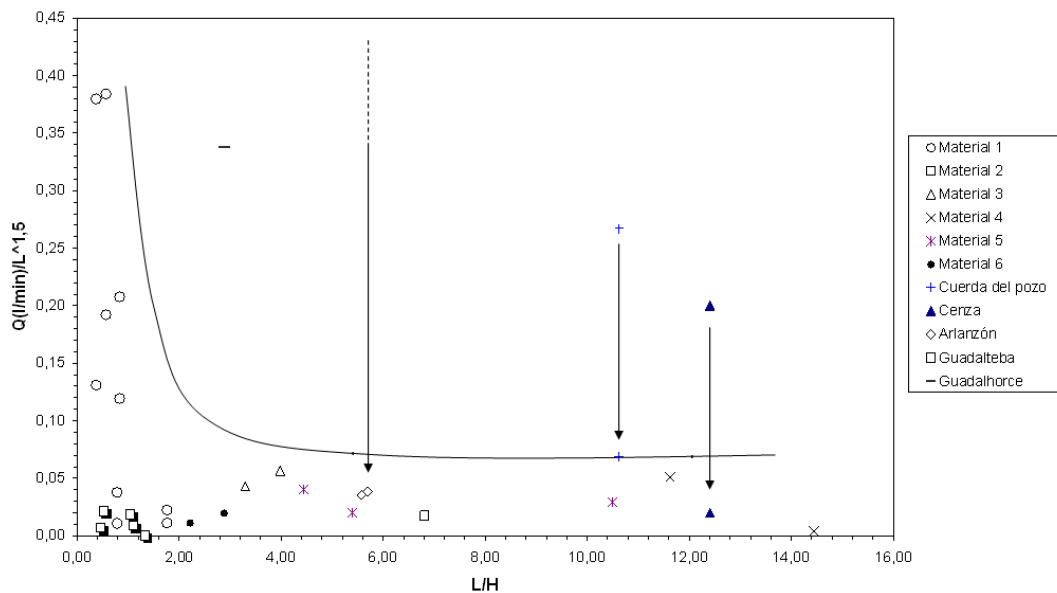
**Fig. 1. Desplazamientos hacia aguas abajo deducidos de péndulos y colimaciones**



**Fig. 2. Desplazamientos hacia aguas arriba deducidos de los péndulos**

También se han encontrado situaciones sorprendentes o, cuanto menos, curiosas, tal y como se muestra en la figura 2. Ante niveles bajos de agua en el embalse, la presa se mueve hacia aguas arriba, algo difícilmente explicable.

La figura 3 muestra los caudales máximos de filtración registrados en esas 10 presas, en función de la relación L (longitud de coronación) / H (altura de la presa)<sup>5</sup>. También se muestran en ella los datos de filtraciones de otras 4 presas conocidas por los autores en las que se efectuaron labores de impermeabilización, ante lo elevado de aquellas. Las flechas indican cuales fueron los valores resultantes una vez efectuadas los trabajos de corrección.



**Fig. 3. Caudales de filtración**

<sup>5</sup> La ausencia en los informes de datos relativos a la cimentación ha hecho imposible correlacionarlos con otras variables.

En obras geotécnicas, donde la capacidad de soporte de la estructura es muy importante, suelen definirse tres tipos de umbrales para el seguimiento de la auscultación de las diferentes magnitudes: verde (funcionamiento acorde con lo esperado), ámbar (pérdida de la seguridad funcional) y roja (pérdida de la seguridad estructural). Los criterios anteriores permitirían identificar durante la explotación las condiciones más desfavorables del comportamiento de la presa, por lo que dotar de valores a los diferentes umbrales de auscultación daría al ingeniero encargado de la explotación de una importante herramienta de apoyo.

Todos los resultados mostrados en el artículo, y otros muchos más, deberían servir para este propósito, de forma que los ingenieros responsables de los sistemas de auscultación, una vez examinadas las lecturas obtenidas de los mismos, y convenientemente depuradas éstas, pudieran tomar ciertas decisiones de índole práctico en relación con si el comportamiento de una presa entra o no dentro de lo previsto.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Auscultación de presas y sus cimientos. (Traducción del boletín ICOLD n° 68) MON n°16 de 1994.
- Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 7, AUSCULTACIÓN DE LAS PRESAS Y SUS CIMIENTOS. Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- Informes anuales de auscultación.
- Notas de colaboración del Servicio de Vigilancia de Presas.