

# COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

## **PRIMERAS CONCLUSIONES DE LAS REVISIONES DE SEGURIDAD DE PRESAS ESTATALES**

**Juan Carlos de Cea Azañedo<sup>1</sup> y Francisco Javier Sánchez  
Cabezas<sup>2</sup>**

*RESUMEN:* Se analizan en el artículo cuales son las actuaciones más importantes que en materia de seguridad habrá que acometer en el futuro, de acuerdo con las conclusiones extraídas de las primeras revisiones de seguridad efectuadas en los últimos tres años en las 313 presas de titularidad estatal que actualmente se encuentran en explotación.

### **1. INTRODUCCION**

Dentro del campo de la ingeniería civil, es sabido que los dos pilares fundamentales que toda estructura debe cumplir, garantizando a lo largo de su vida útil la **FUNCIONALIDAD** para la que fue concebida, son la **ESTABILIDAD** y la **RESISTENCIA** a las distintas acciones a las que pueda verse sometida; en el caso de las obras hidráulicas, y más concretamente en las Presas, a las dos anteriores hay que añadir una tercera: la **ESTANQUEIDAD**.

En relación con la estanqueidad cabe señalar que si bien las presas se diseñan para que sean más o menos impermeables a lo largo del tiempo, esa

---

<sup>1</sup> Dirección General del Agua

<sup>2</sup> Proyecto y Control S.A.

característica evoluciona de forma natural a mayor o menor velocidad debido, entre otros factores, a la tecnología de construcción empleada en la época en la que llevó a cabo su construcción, a unos inadecuados detalles constructivos, a fallos del diseño original, a la baja calidad de los materiales empleados, a la baja calidad del proceso de puesta en obra de los mismos, a una conservación y mantenimiento inadecuados, a unas operaciones o maniobras incorrectas, o, al envejecimiento natural de los mismos materiales, factor éste muchas veces olvidado. Como consecuencia de lo anterior, esa evolución de la estanqueidad o permeabilidad del cuerpo de presa, o del cimiento, da lugar a una pérdida de resistencia de los materiales que, en caso extremo, pueden dar lugar a problemas de inestabilidad y/o de resistencia, y, por lo tanto, a unas posibles condiciones de inseguridad.

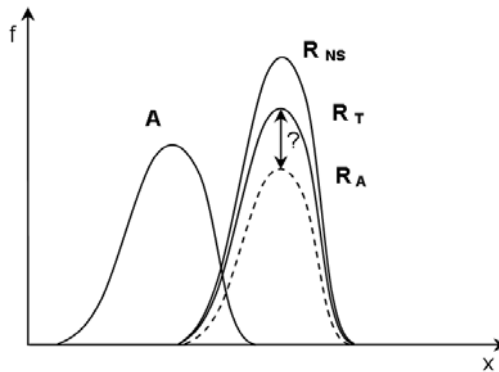
Es precisamente esa ausencia de información relativa a la degradación o disminución de las propiedades resistentes debida al envejecimiento natural de los materiales (por acciones excesivas, por ejemplo, o por procesos de tipo físico-químico, como pueden ser los ciclos frío-calor, humedad-sequedad, etc.) la que muchas veces impide concluir cual es el grado de seguridad de las presas tras una serie de años en explotación.

Existen además una serie de condicionantes resistentes y deformacionales establecidos por la normativa de seguridad de presas que se cumplen en un determinado instante pero que con el paso del tiempo evolucionan de forma tal que años más tarde parecen incumplirse. Eso no implica que se efectuara en su momento un diseño inadecuado sino, sencillamente, que la sociedad exige que los estándares de seguridad se eleven a lo largo del tiempo.

Por todo lo expuesto se puede concluir que frente a determinadas acciones (A) pueden ocurrir las siguientes situaciones:

- Reacciones ( $R^>$ ) cumplan los criterios de diseño más exigentes y más modernos con un adecuado margen de seguridad, provocando una disminución de la incertidumbre.
- Reacciones cumplan estrictamente los criterios de diseño ( $R^=$ ).
- Reacciones no cumplan los criterios de diseño más modernos ( $R^<$ ).

Un ejemplo teórico, sería el caso de la figura 1 donde de acuerdo a una determinada acción y con las condiciones actuales no las teóricas o supuestas en el proyecto ya que éstas pueden haber cambiado frente a una determinada acción.



**Fig. 1.- Representación de las funciones de densidad que puede provocar la resistencia ante un esfuerzo.**

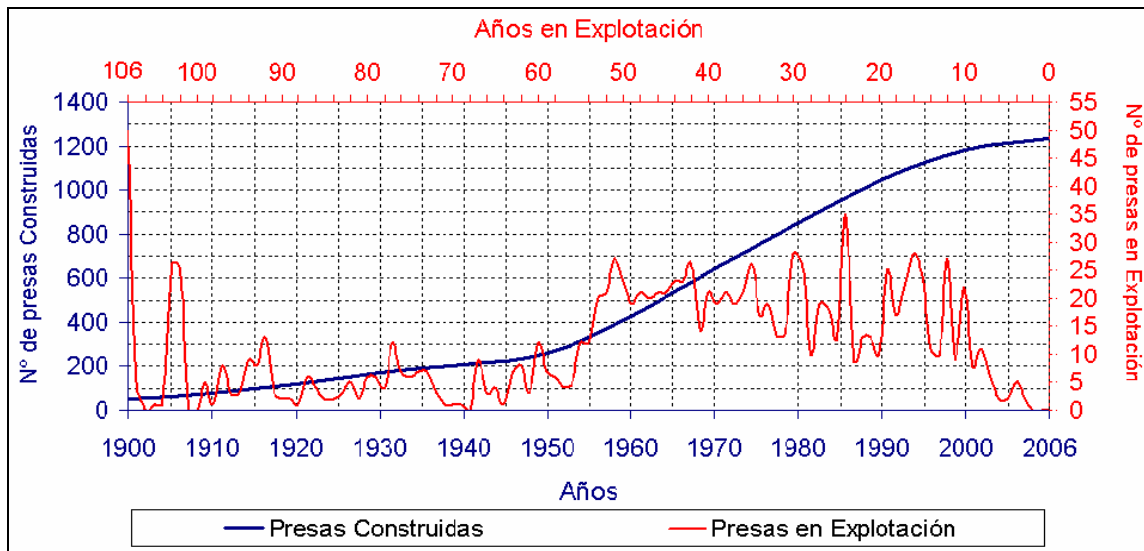
**(A = Acción,  $R_{NS}$  = Reacción que marca la normativa de seguridad,  $R_A$  = Reacción actual,  $R_T$  = Reacción teórica)**

De acuerdo con todo lo expuesto anteriormente, y al objeto de que las presas cumplan los estándares de seguridad demandados por la sociedad en un determinado instante, que sin duda serán más elevados que los utilizados en el momento de su diseño, se deberán llevar a cabo en el futuro en algunas de ellas ciertos trabajos de rehabilitación, entendido este término, tal y como establece el diccionario de la Real Academia de la Lengua, como *la acomodación de algo al fin para el que fue creado*, por lo que dependiendo del objetivo perseguido podría hablarse de rehabilitación estructural o de rehabilitación funcional, por ejemplo.

Ahora bien, no siempre se emplea correctamente el término. Deberían considerarse:

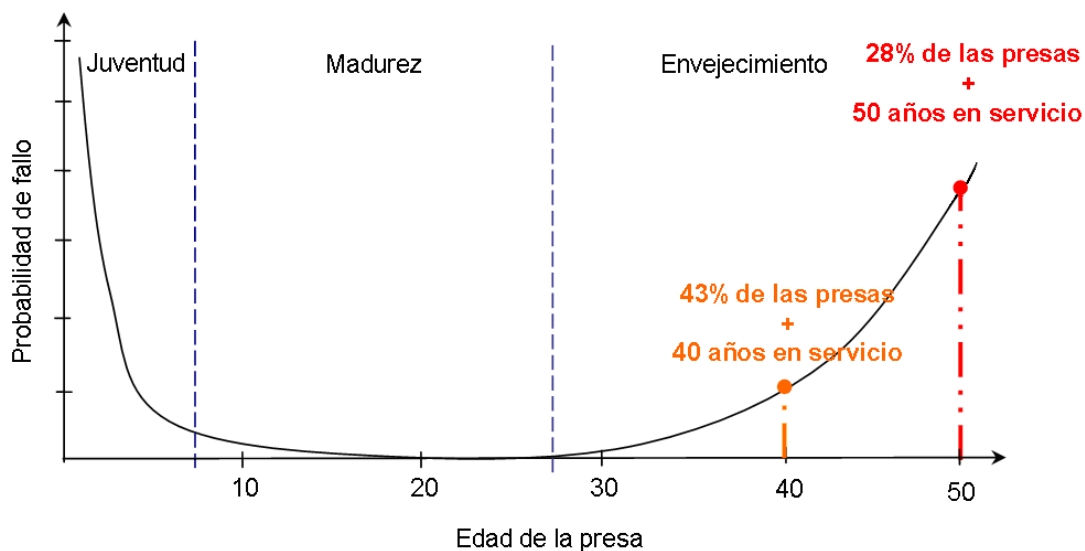
- *Reparación*, en el sentido de una pequeña actuación.
- *Rehabilitación*, como conjunto de reparaciones; como una actuación de cierta entidad, o como un conjunto de acciones tendentes a restablecer las condiciones que presentaba la presa cuando era nueva.
- *Remodelación*, como una adaptación a unos nuevos criterios de seguridad, diseño o normativos, que, además, podría dar lugar a trabajos de rehabilitación.

*Reparaciones, Rehabilitaciones y Remodelaciones* de presas tienen un gran sentido en España si tenemos en cuenta el elevado grado de envejecimiento que presentan las más de 1.200 presas que se encuentran en explotación actualmente. En efecto, la edad media de las presas españolas es de 43,5 años (Figura 2), en relación con las anteriores un 43% de ellas lleva más de 40 años en servicio y, en el año 2006, un 28% del total llevaba más de 50 años en explotación.



**Fig. 2.- Evolución del número de presas frente a sus años de explotación.**

La figura 3 muestra, de manera esquemática, de qué forma evoluciona la probabilidad anual de rotura de una presa a lo largo de su vida, por su natural envejecimiento, y en ella se han situado, además, dos puntos deducibles del estado en que se encuentra el conjunto presístico español. De acuerdo con lo anterior es claro que las presas españolas necesitaban ser tratadas de acuerdo con su edad, es decir debían ser revisadas periódicamente.



**Fig. 3.- Probabilidad anual de rotura de una presa a lo largo de su vida útil.**

Ante ese panorama era lógico que la normativa de seguridad de presas destacara la importancia de esas revisiones periódicas de seguridad como principal elemento de control de ésta. En efecto, tanto la nueva legislación –el RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril- como la anterior –el conocido Reglamento Técnico-, establecen que se efectúen revisiones periódicas de seguridad, también preceptúan que se lleve a cabo la primera una vez la presa se haya clasificado en función del riesgo potencial que pudiera derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto.

Con base a la anterior normativa, que era de aplicación, fundamentalmente, a las presas de titularidad estatal y, en ciertos aspectos, a las de los grandes concesionarios, en las primeras se ha llevado a cabo en los últimos cinco años la primera revisión y análisis general de la seguridad. Para homogeneizar el trabajo de los técnicos encargados de su redacción, y para facilitar el procedimiento de revisión por parte de la oficina de seguridad de Presas del Ministerio de Medio Ambiente, éste elaboró previamente una Guía Técnica en la que se incluían los distintos aspectos a examinar así como la forma de abordar los trabajos.

Uno de los cometidos de Vigilancia e Inspección de presas, tal y como establece en su artículo 6º el Reglamento Técnico es, precisamente, el análisis de esas revisiones periódicas de seguridad y la propuesta de aprobación de los trabajos necesarios para incrementar la seguridad de las presas o para corregir los defectos observados durante las revisiones. Dicho trabajo, actualmente, se está efectuando con gran intensidad por el área de Vigilancia e Inspección de presas y a continuación se comentarán los resultados correspondientes al casi centenar de revisiones de seguridad ya examinadas. A partir de todas ellas es posible concluir ya en qué estado se encuentran nuestras presas, cuáles son sus principales defectos y/o carencias y qué hay que hacer para corregirlos.

Podemos aventurar que en un futuro muy próximo estaremos llevando a cabo, sin duda, numerosas labores de *rehabilitación* en las presas para garantizar las funciones para las que fueron inicialmente diseñadas así como numerosos trabajos de *remodelación*.

## **2. ¿QUÉ AVENIDAS SE DEBEN CONSIDERAR EN LA REVISIÓN?**

Ha sido este, precisamente, el aspecto más polémico de las primeras revisiones de seguridad efectuadas.

Como se observa en la figura 2, más del 50% de las presas españolas fueron construidas antes de 1967, año en el que vio la luz la segunda legislación de presas en España (la primera fue a *Instrucción para la redacción de proyecto de*

*pantanos* de 1905) y en la que se tipificaba cómo dimensionar los órganos de desagüe: éstos debían ser diseñados de forma tal que fueran capaces de desaguar correctamente la avenida de 500 años de período de retorno con un resguardo adecuado.

El Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses aprobado en el año 1996, que es la normativa posterior a la *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas* de 1967 y que todavía se encuentra vigente, estableció unos criterios de diseño dependientes del riesgo potencial asumible, definiendo dos avenidas a considerar para el proyecto de los órganos de desagüe: Proyecto y Extrema.

Como *avenida de proyecto* se considera aquella que debe ser tenida en cuenta para el diseño de los órganos de desagüe de forma que éstos funcionen correctamente.

La *avenida extrema* es un nuevo criterio de diseño, y supone la mayor avenida que la presa puede soportar sin que se produzca su rotura, si bien admitiendo unos márgenes de seguridad más reducidos.

El período de retorno asociado con cada una de ellas no se define en el Reglamento, dejándose libertad a los técnicos para precisarlos. Concretamente se dice que se definan razonadamente. Sin embargo, en la Guía Técnica nº 5 elaborada por el Comité Nacional Español de Grandes Presas, de título *Aliviaderos y Desagües*, y aparentemente sólo para presas nuevas, dependiendo de la categoría en la que hayan sido clasificadas, se proponen los periodos de retorno recogidos en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

CATEGORIA DE LA PRESA	AVENIDA DE PROYECTO	AVENIDA EXTREMA
A	1.000	5.000-10.000
B	500	1.000-5.000
C	100	100-500

Era lógico por lo tanto que surgieran grandes dudas una vez efectuadas las revisiones de seguridad en relación a qué avenida extrema debía ser considerada en el caso de presas diseñadas y construidas en el marco de la Instrucción o anteriormente a ella.

Y surgieron dos alternativas, dos formas de interpretar lo escrito en Reglamento y Guía Técnica a la hora de definir las avenidas extremas a

considerar en las revisiones de seguridad por parte de los técnicos encargados de su redacción:

- N° 1: Las correspondientes a los períodos de retorno recogidos en la tabla anterior o,
- N° 2: La máxima evacuada por el aliviadero de forma que el nivel del agua no superara el de coronación de la presa.

Y cuando la presa, sus órganos de desagüe -especialmente su aliviadero-, no cumplieran la primera de las dos alternativas anteriores, se proponía llevar a cabo alguno de las soluciones siguientes:

- Ensanchar el aliviadero para que esas avenidas pasen
- Combinar la solución anterior con un ligero recrecimiento de la coronación

Por la importante repercusión económica que tienen ambas soluciones era lógico que la Administración Hidráulica clarificara qué hacer, que interpretara lo escrito en la normativa, o, que con base en las conclusiones alcanzadas en relación con este aspecto una vez examinadas todas las revisiones de seguridad estableciera unos nuevos criterios de seguridad particularizados para cada caso en concreto.

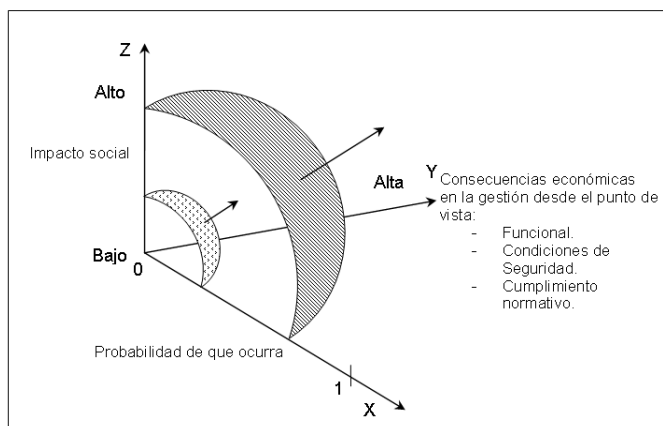
En otro artículo presentado en estas mismas jornadas por uno de los autores de éste se presta una mayor atención a este tema y se concluye cual es la posición de la Administración Hidráulica Estatal en relación con este aspecto.

### **3. PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LAS PRIMERAS REVISIONES**

Se describen a continuación cuales han sido los resultados obtenidos, los principales problemas observados, las principales causas de inseguridad puestas de manifiesto tras inspeccionar del orden de una tercera parte de las primeras revisiones de seguridad efectuadas, conclusiones que aunque, posiblemente, puedan verse algo matizadas en el futuro cuando se examinen las restantes, no obstante, se han extraído de una muestra bastante representativa del parque presístico estatal español.

Si bien es posible establecer ya cuales son los principales problemas que presentan las presas, en el futuro se ha previsto utilizar la técnica del análisis de riesgos (más concretamente la técnica conocida como screening) para poder priorizar las importantes actuaciones que habrá que efectuar en materia de seguridad, bien en forma de reparaciones, rehabilitaciones o remodelaciones.

Cualquiera de las conclusiones que se van a comentar a continuación tienen unas importantes repercusiones económicas (figura 4) que, en función de su probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias producidas aguas abajo, proporcionaría un dato objetivo por presa, o para un grupo de presas, a través del cual sería posible conocer el volumen de inversión total necesario para mejorar la seguridad y/o para el cumplimiento de la nueva legislación, e incluso su priorización por presa, grupo de presas, y distribución a lo largo del tiempo.



**Fig. 4.- Valoración objetiva ante la toma de decisiones en inversiones**

### 3.1. Aliviaderos

En un 20% aproximadamente de las revisiones examinadas el primer aspecto reseñable relacionado con la seguridad, como se ha indicado en el apartado anterior, es la insuficiente capacidad de evacuación de los aliviaderos. En efecto, como se ha indicado anteriormente, un número elevado de presas no cumplen las recomendaciones recogidas en la Guía Técnica nº5 con relación a la evacuación de la Avenida Extrema. Esta situación está a fecha de hoy pendiente de resolución por parte del área de Vigilancia e Inspección de Presas perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, como ya se ha indicado.

En los aliviaderos con compuertas -un 43% del total de aliviaderos examinados-, y como segundo aspecto destacable, en un 86,3% de ellos hay problemas relacionados con sus instalaciones eléctricas y/o con los sistemas óleo-hidráulicos de accionamiento.

El tercer lugar lo ocupa el mal estado de la superficie, situación que se observa en un 20% del total de aliviaderos revisados (Foto 1).





**Foto 1.- Mal estado de la superficie del aliviadero**



**Foto 2.- Falta de mantenimiento de los desagües de fondo**

### 3.2. Desagües de Fondo

El 56,8% de las presas revisadas tendrá que llevar a cabo en el futuro reparaciones y/o rehabilitaciones de importancia de los desagües de fondo debido a:

- El envejecimiento de elementos constituyentes, incluidos elementos electro-mecánicos
- Un inadecuado programa de mantenimiento y conservación (Foto 2) de los elementos electro-mecánicos (20% de las presas revisadas)
- Falta de seguridad en la maniobra de apertura y cierre (Foto 3) de los mismos (53% de las presas revisadas).
- 



**Foto 3.- Desagüe de fondo**



**Foto 4.- Ciclos hielo-deshielo**

### 3.3. Cuerpo de presa

En el caso de las presas de fábrica (52% del total revisadas), su principal patología es, sin duda, el envejecimiento de los paramentos por diferentes causas: reacciones químicas, disoluciones producidas por aguas puras, cambios bruscos de temperatura, variaciones de carga y de la temperatura asociada, ciclos hielo-deshielo (Foto 4).

En las presas de materiales sueltos, las filtraciones excesivas y la ausencia del conocimiento de los niveles piezométricos en su interior son los aspectos más relevantes desde el punto de vista de la seguridad.

### 3.4. Cimentación

En un 70% de las revisiones examinadas se desconocen sus propiedades geotécnicas y su evolución a lo largo del tiempo.

El segundo lugar lo ocupa la pérdida de efectividad de las pantallas de impermeabilización (un 24% de las presas revisadas) por la presencia de filtraciones excesivas y de subpresiones elevadas.

### 3.5. Auscultación

Se observa casi de forma generalizada la ausencia de elementos de auscultación de presa y cimiento. En los casos en que existen, en un 53% de las presas hay una clara falta de medios para poder hacer un buen tratamiento, depuración e interpretación de los datos obtenidos.

### 3.6. Otros aspectos

Dentro de este apartado ocupa la primera posición la ausencia de archivo técnico, y si existe, se encuentra incompleto (el 90 % de presas examinadas). Ello impide una adecuada valoración de la seguridad de la presa en la mayor parte de los casos.

En un 59% de las presas revisadas no se comprueba su estabilidad con las propiedades geotécnicas actuales del terreno ni se calibra aquella con la auscultación, cuando ésta existe.

Si bien las Normas de Explotación de la presa necesitan de unos medios humanos, de un personal mínimo para poder ser cumplidas, la realidad es que en un 40% de las presas muestreadas ese personal es muy inferior al previsto en aquellas.

Con respecto a la *Security*, se detecta, en al menos el 35% de los casos, la necesidad de instalar y/o implementar elementos y/o medidas que garanticen la ausencia de intrusiones o sabotajes de las instalaciones.

Hay otros aspectos remarcables, menores, pero no menos importantes: La ausencia de protecciones con escollera a la salida de los cuencos amortiguadores, problemas de accesos a presa, galerías o instalaciones, ausencia de electrificaciones adecuadas en las galerías, etc.

## **4. CONCLUSIONES**

Del centenar de revisiones de seguridad examinadas por parte de Vigilancia e Inspección de Presas cabe destacar que, actualmente, un porcentaje muy alto de las presas (80 %) tiene asignado un adecuado programa de conservación y mantenimiento.

Sin embargo, el hecho anterior contrasta con el hecho de que en presas de materiales sueltos el desconocimiento de las propiedades geotécnicas del cimientó, del propio cuerpo de presa, la ausencia de cálculos de estabilidad fiables, la ausencia de un adecuado conocimiento del comportamiento estructural, la carencia de elementos de auscultación, el análisis y tratamiento de los datos obtenidos de ésta y la ausencia de un adecuado archivo técnico, son aspectos de inseguridad claramente reseñables.

En el caso de las presas de fábrica son el inadecuado estado de los desagües de fondo y la falta de instalaciones eléctricas de garantía, las que desde el punto de vista funcional tienen mayor importancia. Pero también son destacables la ausencia de archivo técnico de las presas y la ausencia en numerosísimos casos de cálculos de estabilidad o de modelos de comportamiento que permitan concluir algo acerca de la seguridad.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- Guías Técnicas del Comité Nacional Español de Grandes Presas
- *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas* (1967)
- Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (1996).
- RD de Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.