

**LA APLICACIÓN EN ESPAÑA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS A LA
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS.
NOTAS ARTICULADAS ALREDEDOR DE ALGUNAS
PREGUNTAS CRÍTICAS**



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE | 2 |
| PREÁMBULO | 3 |
| 1 INTRODUCCIÓN | 9 |
| 2 ¿DE QUÉ HABLAMOS?..... | 9 |
| 3 ¿CÓMO SE ARTICULA LA EXPOSICIÓN? | 10 |
| 4 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR AR? | 10 |
| 5 ¿ES APLICABLE EL AR EN LA FASE DE PROYECTO?..... | 12 |
| 6 ¿ES APLICABLE EL AR A LA FASE DE EXPLOTACIÓN? | 14 |
| 6.1 ¿ES POSIBLE LA APLICACIÓN DEL AR EN EXPLOTACIÓN Y EN SITUACIONES DE EMERGENCIA? | 14 |
| 6.2 ¿ES APLICABLE EL AR EN EXPLOTACIÓN, FUERA DE SITUACIONES DE EMERGENCIA? | 15 |
| 6.2.1 ¿Es aplicable el AR a las presas correctas, en explotación y fuera de emergencia? | 15 |
| 6.2.2 ¿Es aplicable el AR a las presas deficientes, en explotación y fuera de emergencias? | 16 |
| 6.2.2.1 ¿Pueden graduarse las exigencias de seguridad en función de los daños?..... | 17 |
| 6.2.2.2 El riesgo puede graduarse, pero ¿y relajarse respecto al que se exige en proyecto? | 18 |
| 7 ¿ES VIABLE LA DEFINICIÓN DE LAS COMPONENTES BÁSICOS DEL AR? | 20 |
| 7.1 ¿ES VIABLE UNA ESTIMACIÓN APROXIMADA DEL DAÑO ESPERADO? | 20 |
| 7.2 ¿ES VIABLE ESTABLECER UN CRITERIO OBJETIVO DE VALORACIÓN? | 23 |
| 7.3 ¿PUEDE ESTIMARSE LA PROBABILIDAD DE ROTURA? | 26 |
| 7.3.1 <i>Caso 1. Deslizamiento de bloques</i> | 29 |
| 7.3.2 <i>Caso 2. Erosión interna</i> | 33 |
| 7.3.3 <i>Caso 3. Hidrología y fallo humano</i> | 36 |
| 8 ¿ES LA “OPINIÓN DE EXPERTOS” UNA ALTERNATIVA REAL? | 42 |
| 9 SÍNTESIS FINAL..... | 44 |

Preámbulo

La creación de un embalse constituye una de las obras públicas más singulares y con una incidencia sobre la sociedad mayor que ninguna otra.

La construcción de una presa es un acto de alteración de la naturaleza, y ésta, fiel al principio de acción y reacción -Tercera Ley de Newton-, tenderá inexorablemente a eliminarla. Este fenómeno no es privativo de las presas, pero pocas veces se pone tan de manifiesto.

Los objetivos condicionan todo el proceso de proyecto, construcción y explotación de una presa y un embalse, debiéndose tener presente, hasta donde sea razonable prever, los efectos no deseados que se van a generar.

La importancia y complejidad de las repercusiones, en especial en la población afectada por el riesgo de la presencia de la presa, ha hecho necesaria la intervención de las Administraciones Públicas en las distintas fases de la vida de la misma.

La seguridad de una presa no es un atributo físico objetivo, como lo puede ser su volumen. La seguridad es un concepto artificial y complejo, influido por expectativas psicológicas y por condicionamientos socioculturales, y sujeto a evolución en el tiempo.

Se ha de reconocer que a las metodologías usuales para determinación del grado de seguridad, les falta el requisito esencial de objetividad científica: la reproducibilidad de las evaluaciones efectuadas a partir de los mismos datos por diferentes grupos de expertos igualmente cualificados.

El concepto de probabilidad de rotura para las presas se ha introducido, por analogía, desde otros campos de la ingeniería estructural e industrial, en los cuales fue originalmente desarrollado en y para elementos individuales numerosos y homogéneos, cuyas propiedades y cargas típicas tenían una fiable caracterización en términos estadísticos. Creo no es necesario decir que en las presas la situación es diferente: cada individuo es un único y heterogéneo respecto a los demás.

De forma general, se puede establecer que las presas construidas antes de 1950 tienen un porcentaje de rotura de un 2%; después de esta fecha y hasta 1983 el porcentaje baja al 0,5%, y continúa disminuyendo para las construidas recientemente. El porcentaje de rotura de las construidas desde 1983 hasta nuestros días es del 0,1%.

La seguridad de las infraestructuras civiles se debe articular fundamentalmente sobre los siguientes elementos básicos:

- 1. Conocimiento tan amplio como sea posible de los elementos cuya seguridad se quiere controlar.*
- 2. Existencia de la técnica necesaria para que sea posible alcanzar la seguridad que se demanda.*
- 3. Existencia de una normativa clara, precisa y de cumplimiento posible en la que se establezcan los requisitos de seguridad a observar.*
- 4. Existencia de una organización dependiente de los poderes públicos, e independiente de los propietarios y gestores de las estructuras, cuyo fin sea el controlar eficazmente que se cumpla la normativa y que la seguridad es la requerida. Esta organización debe contar, evidentemente, con los medios precisos y la autoridad suficiente para desarrollar su labor.*

Examinemos estos elementos básicos en el ámbito de la Ingeniería de presas.

En un primer momento de la historia, la base del conocimiento era la experiencia adquirida en la ejecución y resultados de las obras y, sobre todo, en los fallos cosechados. Este periodo ha durado casi 50 siglos, desde el año 3.100 a.d.C., primera referencia escrita a una presa, hasta mediados del siglo XIX.

El primer salto cualitativo en el conocimiento se produce a mediados del siglo XIX, cuando se empezó a aplicar la Mecánica Racional a determinados aspectos de la Ingeniería de Presas.

El segundo gran salto fue consecuencia de la rotura de varias presas, y sobre todo de dos: presa de El Habra (1881) y de Bouzey (1895). Estas roturas pusieron al descubierto la realidad física de la presión intersticial.

El tercer gran salto se produjo en los años 20, como consecuencia de la generalización de los ensayos en modelos reducidos y el inicio de la auscultación de presas y análisis del comportamiento. Los resultados permitieron optimizar estructuralmente las formas y desarrollar nuevas soluciones.

El cuarto gran salto fue consecuencia de la rotura de la presa de Malpasset (1959). Su rotura se produjo como consecuencia de la combinación de una serie de fenómenos desconocidos hasta entonces y relacionados con las características geomecánicas e hidráulicas del macizo rocoso de apoyo de la presa. La Mecánica de Rocas comenzó una nueva era, con avances espectaculares en muy pocos años.

El quinto, y último gran impulso, se produce con la sistematización de la auscultación y análisis del comportamiento de presas y sus cimientos. El desarrollo de la tecnología permitió establecer medios de observación para conocer la respuesta de la presa y su cimiento frente a las acciones que sobre ella actúan, e interpretar los resultados de las mediciones llevadas a cabo.

Cuando se proyecta una presa se establece un modelo teórico basado en una serie de hipótesis que hacen el cálculo asequible a los medios disponibles en cada momento, teniéndose que asumir que en mayor o menor medida los resultados serán diferentes del comportamiento real.

Para conocer el comportamiento real de una presa y su cimiento se hace necesario medir una serie de variables significativas y representativas de los mismos e interpretarlas en función de las acciones que tienen lugar. La medición implica instalar de forma adecuada en la presa instrumentos de auscultación, y la interpretación conlleva establecer un modelo de comportamiento, pudiendo con ello comparar lo imaginado con el comportamiento real observado e investigar sobre las premisas e hipótesis utilizadas en el modelo teórico.

La auscultación permite detectar los puntos débiles y los posibles signos premonitorios de deterioro. Se podría decir que el fin cardinal de la auscultación aplicada a un prototipo es realmente la detección de anomalías y explicar cuál es su causa.

En este momento es necesario hacer referencia a algo que algunos investigadores olvidan, aunque ello es conocido desde la Edad Media: el principio de economía, principio

de parsimonia o principio de simplicidad, también conocido por la navaja de Ockham. Este es un principio metodológico y filosófico, según el cual, «en igualdad de condiciones, la explicación más simple y suficiente es la más probable, mas no necesariamente la verdadera». Esto implica que, cuando dos teorías en igualdad de condiciones tienen las mismas consecuencias, la teoría más simple tiene más probabilidades de ser correcta que la compleja. Quizás la propuesta más adecuada, y simple, del principio sea la que sugirió el mismo Ockham: «pluralitas non est ponenda sine necessitate», es decir que «las cosas esenciales no se deben multiplicar sin necesidad».

En lo que se refiere al diseño, a las formas y modos de construcción y a la explotación de todo tipo de presas, se puede afirmar que constituye lo que se puede denominar una técnica madura desde hace algunas décadas y, como es natural, sometida a un proceso continuo de crítica y mejora.

Abordemos el tema de la Normativa y Organismo Inspector. En España, según uno u otro observador, se dispone o no de una adecuada Normativa y Organismo Inspector. Yo creo que la normativa es manifiestamente mejorable, sigo pensando que es necesaria una Ley de Seguridad de Presas, y en todo caso a la normativa se la espera; el 11 de enero del 2008 se publicó la Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Capítulo VII “De la Seguridad de Presas”) y las Normas Técnicas de Seguridad que la desarrollan y condicionan su aplicación están en trámite de elaboración para su posterior aprobación. Así mismo, pienso que deberíamos disponer de un Organismo Inspector independiente, dotado de la cualificación, atribuciones y capacidades que le permitan desarrollar sus funciones; esta situación fue también una demanda de la histórica Vigilancia de Presas y de SEPREM desde su fundación.

Según lo dicho, en España se dispone en la actualidad del conocimiento y técnica necesarios para el proyecto, construcción y explotación de presas y, según el observador, de una normativa y Organismo Inspector muy mejorables, mejorables o apropiados.

En todo caso, en una sociedad organizada y moderna, y España lo es, la presa se debe entender como un elemento:

- 1. Que esté dotado de elementos suficientes -auscultación e inspecciones- que permitan detectar con antelación si entra en una situación potencialmente insegura y si lo proyectado se cumple (Inspección, Auscultación e Interpretación)*

2. *Que permita la accesibilidad a los lugares desde donde puedan hacerse las correcciones o reparaciones, en el caso de que el supuesto anterior no se verifique y, en consecuencia, sea necesario un refuerzo de la obra (Vigilancia y Mantenimiento)*
3. *Que esté dotado de órganos de desagüe que permitan dominar el embalse y limitar, en determinados períodos, el nivel máximo que puede alcanzar el agua del embalse. En general, en lo que se refiere a la explotación con máximo nivel estacional y, en particular, cuando se detecten anomalías en la presa o en el terreno que aconsejen su reducción (Explotación)*
4. *Que el equipo de personas responsable de la presa esté, en todo momento, en condiciones de exponer a la sociedad los documentos y observaciones que demande en relación con su seguridad (Explotación)*

Llegado este momento, y en relación con este último punto, es de capital importancia señalar que la gestión de la seguridad de las presas es un servicio público, pues reúne todas las características necesarias para ser así considerada:

1. *Continuidad: La prestación no puede interrumpirse.*
2. *Regularidad: En base a normas o condiciones preestablecidas.*
3. *Uniformidad: Igualdad ante la ley.*
4. *Generalidad: Todos los habitantes tienen derecho en base a las normas establecidas.*
5. *Obligatoriedad: Quien preste el servicio está obligado a hacerlo.*

Lo verdaderamente importante es que el grupo personas encargado de la gestión de la seguridad de las presas, entendida ésta en su contexto más amplio, disponga de los conocimientos y medios necesarios y que esté dispuesto a aplicar en ella los avances de la ciencia y la técnica.

La consideración del estado de seguridad de una presa nunca podrá ser el resultado de un número, bien sea obtenido por métodos determinísticos o probabilísticos, sino que lo será fruto de la experiencia, el trabajo, el criterio y de la calidad de un proyecto, de una

La aplicación en España del Análisis de Riesgo a la gestión de la seguridad de las presa

construcción, de una explotación, de un mantenimiento, de una vigilancia y de una auscultación.

Lo tratado en la Jornada Técnica organizada por la Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM) el día 7 de noviembre de 2013 bajo el título “El Análisis de Riesgos en la gestión de la seguridad de las presas. Una visión crítica”, impulsa a SEPREM a proponer y promover el desarrollo de un foro de opinión y análisis al respecto. Para ello SEPREM somete a discusión pública este documento producto de las reflexiones y comentarios realizados en dicha Jornada.

Joaquín Díez-Cascón Sagrado

Presidente de la Sociedad Española de Presa y Embalses (SEPREM)

1 INTRODUCCIÓN

El día 7 de noviembre de 2013 tuvo lugar en Madrid, organizada por la Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM), una Jornada Técnica bajo el título “El Análisis de Riesgos en la gestión de la seguridad de las presas. Una visión crítica”. El interés de lo allí expuesto, no sólo para los asistentes sino también para el conjunto de la comunidad técnica, ha llevado a la misma Sociedad organizadora de la jornada a intentar una mayor divulgación del contenido de la misma y del debate consecuente.

La presente publicación es un instrumento para dicha divulgación. En ella se pretenden recoger las ideas más relevantes expuestas en la citada jornada.

2 ¿DE QUÉ HABLAMOS?

Como se desprende de la presentación anterior, el objeto directo de las reflexiones que siguen es la aplicación que se está haciendo actualmente en España de la técnica de Análisis de Riesgos (AR) en lo referente a la gestión de la seguridad de las presas.

Ello quiere decir que hablamos del AR, sí, pero específicamente aplicado en España y a la gestión de la seguridad de las presas. Y que lo hacemos refiriéndonos a la técnica en su conjunto, no a posibles aspectos parciales, como pudiera ser el planteamiento de los modos de fallo, por ejemplo.

Lo anterior también puede expresarse como que no se pretende agotar el tema de los riesgos en cuanto tales y su consideración en la gestión de la seguridad, que es algo que los técnicos ya vienen haciendo sistemáticamente¹, sino que el objeto del texto es la técnica del AR tal y como se entiende en este campo actualmente en España.

¹ Ya en la Instrucción de Grandes Presas de 1962-67 hay referencias explícitas al riesgo y a la necesidad de su consideración

3 ¿CÓMO SE ARTICULA LA EXPOSICIÓN?

Desde el punto de vista formal, el documento se articula alrededor de una serie de preguntas, cuyo solo planteamiento y, más aun, las respuestas, ya pone de manifiesto el enfoque crítico que inspira el texto.

Las preguntas están ordenadas de manera que en su conjunto permitan avanzar en la definición del (se verá que escaso) campo en que es viable la aplicación práctica de la técnica.

Como elemento previo a la expresión de las preguntas, en el punto que sigue se ponen de manifiesto las características básicas que se engloban bajo la rúbrica de “Análisis de Riesgos”, de forma que sea posible la seriedad necesaria en el tratamiento de la cuestión.

4 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR AR?

Son posibles múltiples definiciones, pero nos interesa resaltar, de cara a permitir una exposición ordenada y rigurosa, los conceptos que siguen (siempre en relación con el AR en presas y el caso español):

- Es una técnica. No es ciencia, por lo que su validez depende sólo de su utilidad. Tampoco es política, por lo que no obliga a la búsqueda de un consenso entre distintas partes.
- Técnica que actúa sobre el conocimiento (de la seguridad de la o de las presas).
- Está enfocada a ayudar a la toma de decisiones ante preguntas tales como ¿es preciso hacer algo para alcanzar la seguridad exigible? ¿qué es ese algo que puede ser preciso hacer?.
- Se apoya en la evaluación del riesgo y de sus componentes (probabilidad de fallo y daño esperado consecuente al fallo).
- Intenta concretar las respuestas a cuestiones tales como ¿es la seguridad suficiente? ¿cómo conseguir que lo sea? ¿con qué programa temporal? ¿cuáles son las tareas más urgentes?.

- Su formulación invierte los términos y habla de riesgo en lugar de seguridad (su opuesto): ¿es el riesgo suficientemente pequeño? ¿cómo conseguir que lo sea? ¿con qué esquema temporal?.
- Incluye, por tanto, tres componentes fundamentales: la probabilidad de rotura, el daño esperado y los criterios de evaluación.
- Quizá, lo más expresivo en cuanto a descripción rápida de la técnica es la **Figura 1**, en la que se refleja uno de los criterios de valoración usados en el método: el conocimiento de la probabilidad anual de rotura y de los daños esperados que se derivan de esta permite situar en el plano cartesiano a la presa analizada. Esta posición permite caracterizar el riesgo y el qué hacer. Si la probabilidad de rotura de una presa concreta y el valor esperado del número de muertes que se asocian a dicha rotura sitúan a la presa en la región “B” la situación sería satisfactoria mientras que si la sitúan en la región “A” sería preciso actuar para mejorar el nivel de seguridad.

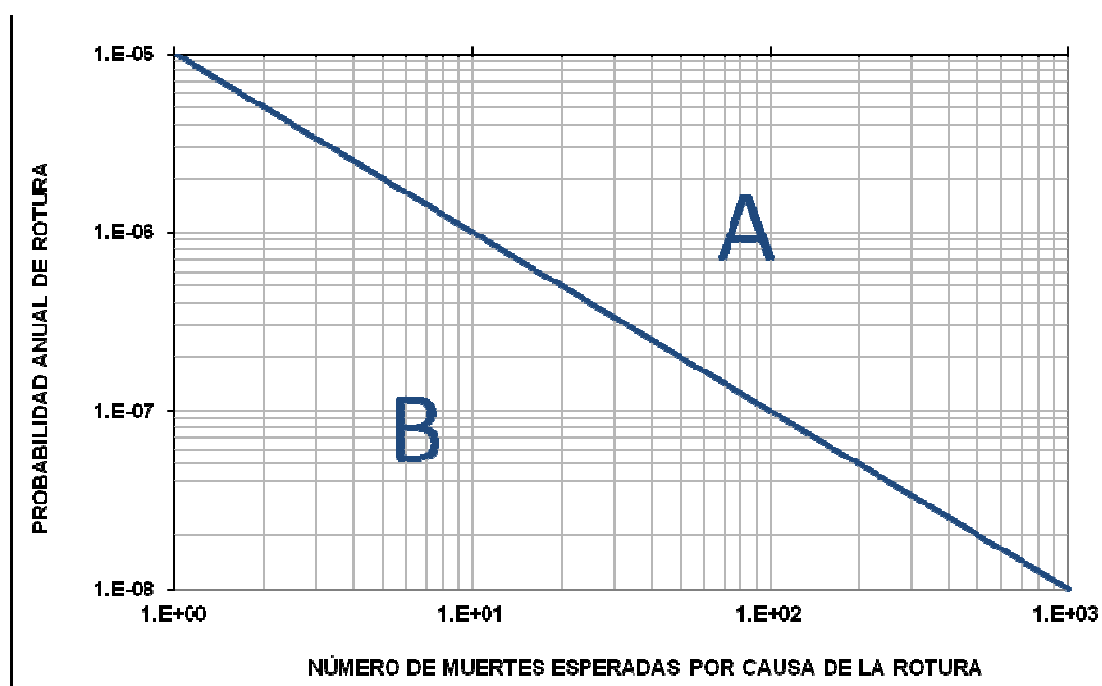


Figura 1. Forma típica de evaluación del riesgo en el AR

- Según sus defensores, en ningún modo intenta reducir el nivel de seguridad a exigir en las presas. Sólo busca una mejor gestión.

Y, a partir de aquí, ya las preguntas y sus respuestas

5 ¿ES APLICABLE EL AR EN LA FASE DE PROYECTO?

Puede resultar hasta cierto punto sorprendente empezar por esta cuestión, por cuanto en España actualmente la problemática de la seguridad de las presas se centra, muy esencialmente, en las presas existentes, en explotación y no en las posibles presas futuras

No obstante, este comienzo ofrece ventajas claras, ya que, como veremos, permite apreciar más claramente algunas circunstancias trascendentes y también centrar opiniones y marcar diferencias esenciales entre el AR y las técnicas tradicionales.

Bien, entrando ya en materia, la respuesta a la pregunta planteada es claramente NO, y lo intentamos justificar mediante un razonamiento casi conceptual, que parte de la premisa básica de que la técnica de presas es una técnica madura, de forma que sabemos proyectar, construir y explotar presas con seguridad suficiente, con seguridad acorde a las exigencias sociales (no se detecta demanda de una mayor seguridad en presas) o, lo que es lo mismo, con un riesgo suficientemente pequeño.

Y ¿qué es lo que otorga validez a la premisa señalada? Hay varias razones, asociadas a distintos puntos de vista:

- Porque si no supiésemos, no debiéramos estar autorizados a proyectar, construir y explotar presas en el tiempo presente. La sociedad no debiera permitirnoslo y no sólo nos lo permite sino que nos da la exclusiva.
- Porque la estadística de fallos es suficientemente reducida, conocemos las causas de todos los fallos habidos que hemos podido estudiar y hemos incorporado el conocimiento anterior a la forma de proyectar, construir y explotar.
- Como consideración marginal, es evidente también que, si no supiéramos, el AR no nos enseñaría. No nos legitimaría para el ejercicio de la profesión.

Ahora bien, lo anterior no quiere decir que lo sepamos “todo” sino que sabemos lo suficiente como para conseguir un riesgo suficientemente pequeño y que lo que sabemos está contrastado con la realidad (que no es un saber puramente teórico).

La aplicación en España del Análisis de Riesgo a la gestión de la seguridad de las presa

Como ejemplo, no sabemos qué sobreevertido soporta una presa de tierras, pero sí sabemos (perdón por la obviedad) que la presa aguanta un sobreevertido nulo.

En consecuencia, si una presa nueva la diseñamos sin sobreevertido, será segura. No parece que tenga sentido hacer experimentos y proyectar en condiciones menos seguras. No tenemos derecho a arriesgar vidas de ajenos sabiendo cómo responder al problema sin hacerlo.

Aplicar aquí el AR sería una utilización del AR para reducir el margen de seguridad, algo que todos los técnicos en AR dicen rechazar frontalmente.

Como consecuencia, lo anterior se traduce en que, en fase proyecto, debe aplicarse el saber hacer que tenemos, sin recurso a valoraciones de riesgos, al menos hasta el momento en que esta técnica tenga apoyo en el mundo real, porque, ¿alguien tiene derecho a proyectar, construir o explotar una presa, con implicaciones en la seguridad de terceros, de la población situada agua abajo, por debajo de los estándares reconocidos?. Antes (o incluso ahora en otras geografías) pudo ser distinto, cuando los riesgos que podrían asociarse a eventuales fallos de las presas eran inferiores a los que los embalses generados por las presas hacían frente (nos referimos a las necesidades de alimentos, por ejemplo), pero ya no lo es.

También cabría el chascarrillo de que en proyecto, mientras la presa se mantenga en el papel, no existe riesgo, pero lo que es llamativo es que no se trata de un juego de palabras sino que es pura realidad. El riesgo se hace (o se puede hacer) patente en el momento en que las cosas evolucionan de una manera distinta a la que es previsible, cuando se escapan de las manos y eso, en proyecto, no ocurre, ya que la realidad todavía no ha comenzado a imponer su ley. En proyecto las cosas se comportan como esperamos, no apareciendo anomalías.

Como consecuencia de lo expuesto, la conclusión de la no aplicabilidad del AR a la fase de proyecto es clara.

6 ¿ES APLICABLE EL AR A LA FASE DE EXPLOTACIÓN?

Como consecuencia de lo anterior, de entre las fases de la vida de la presa tan sólo podría aplicarse el AR a la de explotación (no hablamos de la de puesta fuera de servicio), al menos después del primer llenado.

Para el análisis diferenciamos dos “momentos” o situaciones en la explotación: la que podría denominarse como normal (se hace lo que está previsto, sin sobresaltos) y la que correspondería a una situación extraordinaria, que se presenta súbitamente (una avenida, por ejemplo, pero, esencialmente, la detección de síntomas preocupantes, consecuencia de la inspección o del análisis de la auscultación). Tratamos ambas posibilidades sucesivamente.

6.1 ¿Es posible la aplicación del AR en explotación y en situaciones de emergencia?

Aquí también la respuesta es evidentemente NO. En circunstancias extremas NO se trata de conocer el nivel de riesgo sino de hacer frente a él, de actuar. Nadie entendería que, ante una situación de riesgo, dedicásemos esfuerzos a evaluar si el riesgo es muy alto o sólo alto, retirándolos de las labores de mitigación del riesgo

Pero incluso interesa señalar que tampoco es posible “tener los deberes hechos” cuando se presenta la situación extraordinaria y tener elaborado el AR. Como veremos más adelante, y como no puede ser de otra manera, uno de los elementos fundamentales para la aplicación del AR es el conocimiento concreto de lo que está pasando, de los síntomas que se aprecian, y estos no se conocen a priori.

El tener los deberes hechos, en España, consiste fundamentalmente en tener elaborado e implantado el Plan de Emergencia, en cuya definición no se plantean probabilidades.

Si por ejemplo, en una presa determinada se observa un deslizamiento de la ladera sobre uno de sus estribos con una evolución temporal de velocidad creciente y valores milimétricos por día, nadie entendería no plantearse como labor práctica única la búsqueda de soluciones, considerando eventuales intentos de cuantificación del riesgo como actividades puramente académicas.

Al AR sólo le queda, por tanto, la posibilidad de su aplicación a la fase de explotación y esto, sólo en tanto en cuanto la situación sea “normal”

6.2 ¿Es aplicable el AR en explotación, fuera de situaciones de emergencia?

También en esta pregunta abrimos dos posibilidades e introducimos un concepto, el de “saber hacer” actual. Entendemos como “saber hacer” actual el cómo se hace hoy en día (se proyecta, construye y explota), cuándo se considera que se hace bien o, en otras palabras, el saber técnico colectivo y consolidado, quizá alejado del último grito individual, todavía no integrado en el acervo común.

En lo sucesivo clasificaremos las condiciones en que se encuentra la presa en “correctas” y “deficientes”. Consideramos que la condición de una presa es “correcta” cuando su diseño, construcción y explotación es acorde con el “saber hacer” actual por una parte y, por otra, su comportamiento sigue lo esperado. Cuando se incumple alguna de las dos condiciones anteriores consideraremos que la presa se encuentra en condiciones “deficientes”

Nos referimos en primer lugar a las presas “correctas”, en el bien entendido que se encuentran en explotación y fuera de situaciones de emergencia.

6.2.1 ¿Es aplicable el AR a las presas correctas, en explotación y fuera de emergencia?

Adelantamos que la respuesta es nuevamente negativa.

Sí es claro que si en una presa se detectan síntomas de un comportamiento no esperado (comportamiento no acorde con lo previsto) pudiera ser (insistimos en el “pudiera” como condicional, que será desarrollado más adelante) de aplicación el AR de cara a establecer cómo modifican la cuantificación de la seguridad los síntomas apreciados, también lo es que en ausencia de esos síntomas no tiene sentido la aplicación del AR.

Si la presa (proyectada, construida y explotada de acuerdo con el “saber hacer” actual) está siendo observada (de acuerdo con las buenas prácticas actuales) y su comportamiento responde a lo esperado, la aplicación del AR es, como mínimo, inútil.

Ello es patente sin más que considerar alguno de los aspectos ya señalados y, esencialmente, el axioma de que sabemos gestionar las presas con seguridad en todas sus fases.

Ello quiere decir que, si una presa falla, lo hace en relación con algo que pensábamos, equivocadamente, que sabíamos. Y a lo desconocido y que no se repite regularmente no le podemos, técnicamente, asignar una probabilidad. Podríamos inventar una, pero, en cualquier caso muy pequeña e inferior al límite de seguridad que la sociedad se ha impuesto.

Podemos afirmar, sin necesidad de recurrir al AR, que toda presa gestionada en todas sus fases de acuerdo con el “saber hacer” actual y sin síntomas de comportamiento anómalo tiene un nivel de seguridad suficiente respecto a los estándares impuestos por la sociedad. Si no fuese así, no debiéramos estar autorizados a gestionar la seguridad de las presas.

Como consecuencia, en el caso de las presas correctas, la aplicación del AR no aporta nada. El campo de posible utilidad del AR es cada vez más reducido.

6.2.2 ¿Es aplicable el AR a las presas deficientes, en explotación y fuera de emergencias?

Realmente es esta la única posibilidad que queda, vistas las cuestiones anteriores: la aplicación del AR a la gestión de la seguridad de presas en explotación y en circunstancias normales, no de emergencia, por ejemplo en el curso de las revisiones generales de seguridad que prevé la legislación actual para la toma de decisiones en relación a posibles actuaciones y aplicada a presas que presentan alguna deficiencia o anomalía en relación con el “saber hacer” actual, sea en proyecto, construcción o explotación o sea en su comportamiento (aparición de síntomas no especialmente preocupantes de comportamiento no acorde con lo esperado).

Visto lo expuesto frente a las cuestiones anteriores, la primera impresión es nuevamente el NO. Si el AR no aporta nada aplicado a la fase de proyecto, ¿cómo podría hacerlo en fase de explotación? ¿No sería exigible aquí también la aplicación de la “buena práctica”, del “saber hacer”?

Si se aplicase lo anterior, el tema estaría resuelto: no habría hueco para el AR en la gestión de la seguridad de las presas. Pero, en rigor, debemos plantear que existen algunas circunstancias que obligan a mantener el beneficio de la duda (es curioso señalar cómo se ha dado la vuelta la cuestión y ahora debemos intentar justificar la viabilidad del AR en algunas circunstancias).

Como se viene haciendo en todo el contenido del texto, esta cuestión la abordamos mediante el planteamiento de dos preguntas intermedias, ambas con respuesta positiva:

- ¿Pueden graduarse las exigencias de seguridad en función de los daños?
- ¿Pueden relajarse las exigencias en explotación?

6.2.2.1 ¿Pueden graduarse las exigencias de seguridad en función de los daños?

Es esta una cuestión trascendente, ya que si las exigencias de seguridad no fuesen graduables, no tendría sentido el AR: todas las presas debieran tener una misma probabilidad de rotura máxima. Pero sí es posible la graduación.

En efecto, si imaginamos una presa y una persona y sólo una que vive debajo de ella, esta persona tiene derecho a un nivel de seguridad determinado, se exprese este como se exprese (por ejemplo, a una probabilidad de rotura inferior a...). Esto marca un límite máximo a la probabilidad de rotura.

Ahora bien, si se tratara de dos personas viviendo debajo de la presa, la pareja tiene el mismo derecho, no el doble, de forma que es la sociedad la que decide establecer unas exigencias mayores cuando hay concentración de personas. La graduación del riesgo es una decisión social, no un derecho individual (también otorgado socialmente, por otra parte).

Aun cuando sea marginalmente, parece interesante señalar aquí, y desde este punto de vista, que no hay razón objetiva alguna para que sea el riesgo en sentido estadístico (probabilidad por daño) el criterio de valoración a utilizar en la graduación. Sin embargo, es el que generalmente se adopta. No deja de ser un criterio con una componente de arbitrariedad importante y que contradice lo que parece ser el sentir social general (mayor aversión a una catástrofe de la que se derivan 1.000 muertos que a 1.000 sucesos que conducen a una muerte cada uno).

Aceptando el criterio, en una escala de riesgo (probabilidad por daño) existen habitualmente dos límites que acotan tres zonas (riesgo excesivo, riesgo aceptable y zona de indefinición). En las extremas se sabe qué hacer, faltando por decidir qué hacer en las situaciones de indefinición, en las que parece razonable que entren criterios económicos (de coste) y de beneficios derivados de la existencia de la presa.

Volviendo al esquema inicial, en las situaciones en que el riesgo individual se cumple, es la sociedad la que tiene que responder a la pregunta de si, en los casos dudosos, debe hacerse algo y qué debe de hacerse o, en otras palabras, si el riesgo es aceptable para la sociedad en su conjunto o si es aceptable convivir con una probabilidad “P” de que se produzca un daño “D”, al margen de quiénes sean los “sujetos en riesgo”.

Es por tanto claro que la cuestión no es puramente técnica sino que necesita de un pacto, de un consenso, que dé validez al criterio que se pretenda utilizar, variable en función del país y de la coyuntura. Y el pacto anterior solo puede referirse al criterio como tal, no a cada uno de los casos concretos, en los que, sea cual sea la decisión que se plantee, existirán siempre ganadores y perdedores y la decisión se asemejará mucho a una compraventa.

Se señala que al tratarse del criterio general a aplicar, al que deben estar sometidas todas las presas, y no a un posible caso concreto, una vez aceptado, la población situada agua abajo de cada presa podrá exigir la aplicación correcta de dicho criterio, pero no está legitimada a cuestionar el criterio en sí mismo. Es el conjunto de la sociedad el que debe manifestarse, sin prioridad en la decisión para los radicados agua abajo de la presa.

En el fondo se trata de un pacto global sobre dónde aplicar los recursos disponibles, siempre escasos, pacto que obliga a plantear en el mismo plano no sólo todos los aspectos de la seguridad (en relación con las presas, con los transportes, en el trabajo, etc.) sino también otros aspectos distintos de la seguridad y que requieren del uso de recursos públicos (competencia entre seguridad y educación, sanidad, etc.)

6.2.2.2 El riesgo puede graduarse, pero ¿y relajarse respecto al que se exige en proyecto?

Como acabamos de ver, lo que estamos ahora tratando es la forma del pacto social en la asignación de recursos.

En relación con ello y a partir del momento en que se reduce la incertidumbre (después del primer llenado) y a medida que se avanza en el conocimiento del comportamiento (lo que puede dejar fuera a avenidas y sismos, por ejemplo) parece que la cuestión de la relajación puede plantearse y que la respuesta puede considerarse positiva por varias razones:

- Por el mayor coste que representa corregir lo hecho respecto a hacer algo desde el principio (esto aplica, obviamente, sólo a las cuestiones estructurales, no a la forma de explotación).
- Por reducción de la incertidumbre a la vista de los datos proporcionados por la construcción y la explotación: en explotación sabemos más que en proyecto, teniendo en cuenta que en cargas y elementos probabilísticos de baja probabilidad no se reduce la incertidumbre (avenidas y sismos) mientras que en relación con la respuesta, con el comportamiento, sí se produce el afianzamiento del conocimiento y la comprobación de las hipótesis realizadas, o el desvío de ellas. En explotación no sólo contamos con los datos de proyecto sino que disponemos de los datos del seguimiento de la presa y en presas adecuadamente explotadas se sabe mucho más en explotación que en proyecto o construcción.
- Porque mantener las mismas exigencias en explotación que en proyecto puede implicar la renuncia a algo (el embalse) que ya se tiene (y en lo que se ha invertido) y que sirve para algo. Un corolario de esto se refiere a eventuales presas sin utilidad ninguna. En estas presas los requisitos de seguridad debieran ser tremendamente exigentes, ya que nadie acepta riesgos impuestos e inútiles.
- Porque la pregunta es distinta en un caso y en otro: en proyecto la inversión se plantea para obtener beneficios mientras que en explotación se invierte para reducir el riesgo, directamente, incluso renunciando parcialmente a los beneficios.
- Porque si no se acepta la posibilidad de graduar (relajar) las exigencias, cualquier presa en explotación que no cumpla con el “saber hacer” actual, incluso si está funcionando bien y está controlándose adecuadamente, debiera ser objeto de una gran adecuación o, incluso, ser sustituida por otra adecuada, en un proceso imposible, o eliminada.

Como consideración marginal, es curioso observar cómo todas las escuelas de AR tratan de manera distinta las presas existentes y las en proyecto, con dos órdenes de magnitud más de exigencia en la probabilidad de rotura para las presas nuevas, lo que no deja de ser algo de dudosa lógica ya que, en avenidas por ejemplo, las exigencias parece que debieran ser las mismas en ambos casos, al menos desde el punto del diferente nivel de incertidumbre que se produce en ambos casos.

7 ¿ES VIABLE LA DEFINICIÓN DE LAS COMPONENTES BÁSICOS DEL AR?

En este momento hemos aceptado ya que las exigencias de seguridad pueden ser graduadas en la fase de explotación y que estas, a su vez, pueden ser relajadas respecto a las exigibles en proyecto (hablamos siempre después del primer llenado como mínimo) y que, por tanto, el AR podría tener su aplicación en explotación (aunque sólo fuera de situaciones extraordinarias y en presas con alguna carencia en relación con el “saber hacer” o con síntomas de comportamiento no conforme a lo esperado).

Podemos, por tanto, plantear ya la viabilidad técnica de su aplicación a casos reales. Ello obliga a evaluar la viabilidad de abordar técnicamente, con suficientes precisión y exactitud, las tres componentes de AR: probabilidad de rotura, daños esperados y criterio de valoración. Ello se aborda en los puntos que siguen.

7.1 ¿Es viable una estimación aproximada del daño esperado?

Conocer el riesgo implica, necesariamente, valorar los daños, esencialmente en términos de bienes irreparables (vidas, patrimonio, medio ambiente...), ya que el resto podría, por ejemplo, abordarse mediante seguros y sería más bien un AR en el sentido económico-financiero², muy alejado de lo que estamos tratando aquí.

² Aun cuando el término “AR” se aplica en muchas disciplinas, la realidad es que se trata de técnicas muy distintas entre sí. Un ejemplo extremo lo constituye el Análisis de Riesgos Medioambientales, que no toma en consideración eventuales cuantificaciones de las probabilidades. De hecho, el AR aparece en el campo de los seguros, en el que los sucesos se repiten con gran sistematicidad y en el que no se tratan de sucesos irreversibles.

En España, la muy avanzada elaboración de los Planes de Emergencia de presas ha puesto de manifiesto la viabilidad de una estimación, aunque sí interesa señalar algunas consideraciones:

- En los Planes de Emergencia, el elemento de análisis es el del riesgo potencial, esto es, en relación con la población, la población en riesgo (PAR) y no el valor esperado del número de víctimas, que es el necesario para el AR (LOL).
- Actualmente en España se están aplicando directamente los resultados de los Planes de Emergencia, esto es, la PAR situada agua abajo y considerando sólo la población existente hasta alcanzar la presa inmediata situada agua abajo y clasificada en función de su riesgo potencial en las categorías A o B.
- Ello se justifica estableciendo que dicho valor (PAR) es un “índice” de daños, no propiamente el daño esperado.
- Es cierto que, a nivel mundial, existen medios (expresiones) para establecer una relación de paso entre “población en riesgo” (PAR) y “pérdida esperada de vidas” (LOL), si bien todos ellos están basados en países con estructuras territoriales y sistemas de vivienda muy distintos de los característicos de España.
- En cualquier caso, no hay razón para usar tal índice de daños (la población en riesgo) en sustitución del valor esperado de víctimas, salvo que sea la de ocultar la realidad y utilizar para ello la semántica.
- De hecho, utilizar la PAR olvida parámetros trascendentes, como es el tiempo de preaviso, de forma que no sintetiza información (función de los índices) sino que la oculta y enmascara y hace inviable la asignación de recursos (la toma de decisiones) si se sale del caso concreto de una sola presa, para el que no hace falta ni uno ni otro, porque, ¿cómo se comparan dos presas con la misma PAR, pero situada está a 2 o a 200 km de distancia en un caso y otro?.
- Pero, incluso en el caso de analizar distintas eventuales actuaciones en una misma presa la PAR no es significativa, ya que el paso de PAR a LOL, por ejemplo, es muy distinto en los posibles supuestos de rotura en tiempo seco y rotura en avenida.

Como ilustración de lo dicho, en la **Figura 2** se presenta la aplicación de las técnicas disponibles a la estimación de los daños personales en un caso concreto. En ella se presenta tanto el valor medio como su intervalo de confianza (al tratarse de una sola presa, no se incluye en el análisis la variabilidad que induce la distribución de las distancias a la presa de los distintos núcleos de población).

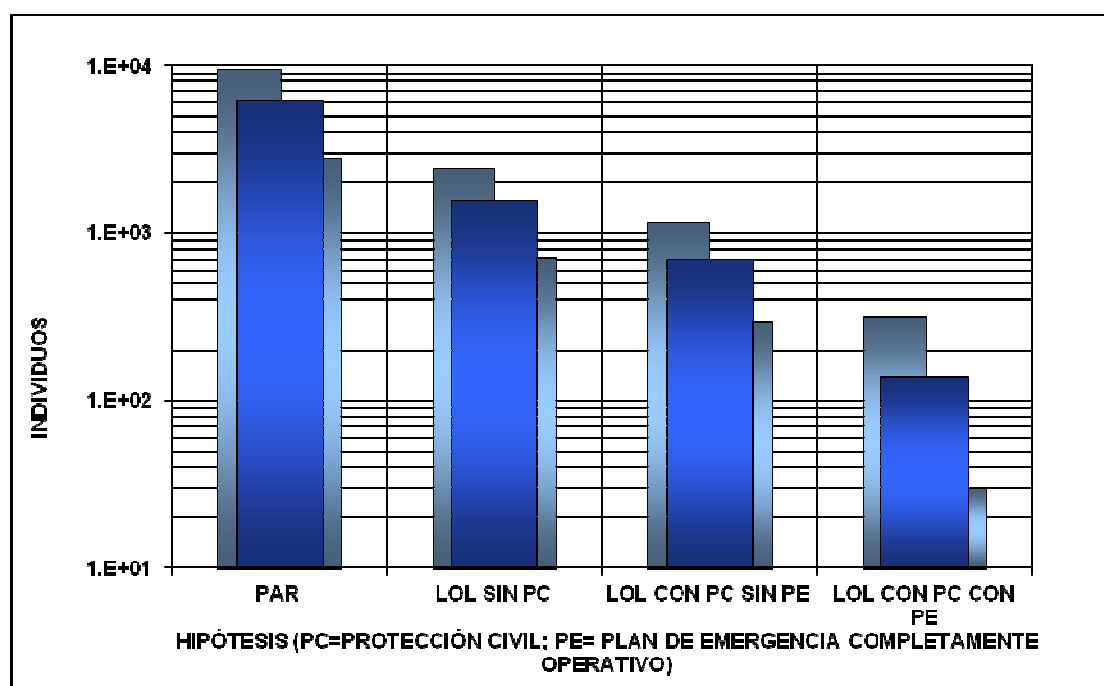


Figura 2. Valoración de los daños personales en un caso concreto

La primera columna corresponde a la estimación de la población en riesgo, tal y como se obtendría directamente del Plan de Emergencia. Ya se aprecia la existencia de medio orden de magnitud entre los valores máximo y mínimo.

Las tres columnas restantes ya corresponden a la estimación del valor esperado del número de víctimas en tres supuestos: ausencia completa de la estructura de Protección civil y preaviso y sistemas de movilización, existencia de Protección civil, pero sin estar operativo el Plan de Emergencia correspondiente a la presa y lo que podría ser situación óptima, con un Plan de Emergencia completamente operativo. Podría, a grandes rasgos, considerarse que estas tres hipótesis corresponderían a lo que pudo ser la situación española en el momento de la rotura de Vega de Tera la primera y de la de Tous la segunda y la que pudiera llegar a alcanzarse en un futuro utópico e ideal. Se aprecia

directamente la gran variabilidad de los resultados y lo impropio que puede resultar el empleo directo de la PAR. Existen casi dos órdenes de magnitud entre las columnas 1ª y 4ª.

Parece lógico concluir, por tanto, que la estimación de daños tiene notables incertidumbres pero parece abordable, siempre que no se pretenda superar la precisión de, al menos, un orden de magnitud.

7.2 ¿Es viable establecer un criterio objetivo de valoración?

Aun cuando es una de las cuestiones que más repelen desde el punto de vista “humano” (parece que equivale a poner precio a la vida), la consideración de que lo que intenta realmente reflejar el criterio de valoración es la inversión que una sociedad está dispuesta a acometer para evitar una muerte “estadística” en su seno hace que sea un tema ya muy tratado en la bibliografía, de modo que ya parece que tiene suficientes avales internacionales. No obstante, como en casos anteriores, interesa poner de relieve las consideraciones que siguen.

El criterio de valoración, típicamente, se establece regionalizando el plano coordenado (abscisas: valor esperado del número de víctimas; ordenadas: probabilidad anual de rotura) en 3 zonas, como por ejemplo en la **Figura 3**, que corresponde al caso de presas ya en explotación.

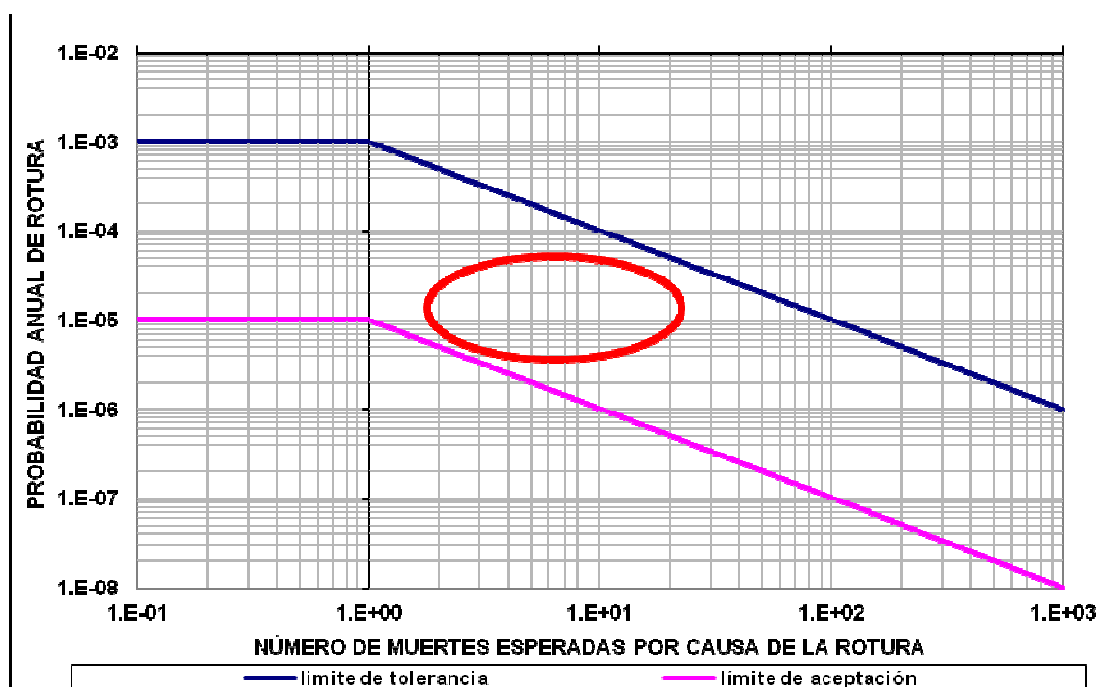


Figura 3. Criterio de valoración del riesgo típicamente utilizado en la práctica

El criterio clasifica el plano coordinado en tres zonas, de forma que por debajo del “límite de aceptación” la presa se considera suficientemente segura, mientras que por encima del “límite de tolerancia” se considera que debe ineludiblemente debe actuarse para reducir el riesgo. En la zona intermedia la decisión se supedita al coste de las medidas a adoptar para la mejora de la seguridad, de forma que si este no es desorbitado las medidas deben ser puestas en práctica.

Interesa recordar que los ejes incluyen valores calculados y concretos, no índices que los sustituyan (en línea con lo ya señalado de la estimación de víctimas, sustituido muy habitualmente por la población en riesgo).

Pero además es bueno tener en cuenta que un riesgo en ningún caso se acepta, como parece sugerir el gráfico. Lo que realmente se acepta es una opción, dentro de la que puede estar implícito un riesgo, pero lo que se acepta es la opción completa, con los beneficios que incluye, por ejemplo.

En otras palabras, el riesgo (en sentido llano, no estadístico) se acepta o tolera a cambio de algo, no gratuitamente. Por ello, el análisis simple de los riesgos (en sentido estadístico) parece algo exageradamente simple. Parece razonable que a mayores

beneficios sociales se acepten socialmente mayores riesgos (siempre inferiores al mínimo que tiene derecho a exigir cada persona). Parece indispensable incluir en el análisis, en la decisión, los beneficios sociales que se derivan de la presa concreta. Si no existiesen beneficios no sería tolerable ningún riesgo.

En cualquier caso, el problema sigue estando en la toma de decisión que el AR, tal y como se está abordando, traslada a un simple gráfico, intentando hacer aparecer lo que realmente es una decisión política como una cuestión técnica y automática.

Adicionalmente interesa resaltar la incidencia que tiene la imprecisión inherente al proceso en la toma de decisión. Como ilustración, en la misma **Figura 3** se ha situado, en lugar del punto que correspondería a una estimación precisa, el área (circular en coordenadas naturales) que refleja la misma estimación incorporando la incertidumbre de la estimación, valorando la amplitud de esta (desde luego no exageradamente) en un orden de magnitud. Es evidente la imprecisión que se asocia a la toma en consideración de la incertidumbre.

Incluso, volviendo al aval que pudieran representar las referencias internacionales, un análisis no excesivamente profundo de estas pone de manifiesto su carácter circular: a partir de una primera referencia, el criterio es aceptado por otra agencia sin comprobación adicional práctica alguna. Esta agencia publica su aceptación y la primera avala su decisión inicial en esta publicación, de forma que el proceso hace que el número de referencias se incremente a lo largo del tiempo sin que realmente se haya profundizado apreciablemente en el análisis de la validez. De hecho, es perfectamente esperable que en un próximo futuro se cite en las referencias la experiencia española. Y esto en un asunto que es absolutamente dependiente de las características concretas del país y del momento histórico que se considere. Baste señalar al respecto que al menos Australia y los USA comparten la característica de una densidad de población baja que les diferenciaría enormemente, por ejemplo, del caso japonés, y esto sin entrar en diferencias de renta per cápita y cuestiones similares (se trata, como se ha indicado, del pacto en la asignación de recursos).

7.3 ¿Puede estimarse la probabilidad de rotura?

En una aproximación general y exclusivamente para centrar las cosas, interesa poner de relieve la obviedad de que ni el técnico más experto puede intuir una probabilidad anual de rotura que se debe mover por debajo de 10^{-4} .

También señalamos que dejamos al margen provisionalmente la opción de recurrir a lo que viene denominándose “opinión de experto”, que se trata específicamente más adelante, por lo que la pregunta que aquí se plantea es si un técnico puede estimar técnicamente la probabilidad de rotura y se resalta lo de “técnicamente”.

También es obvio, pero merece la pena recordarlo, que la posibilidad, que la viabilidad, debe ser función del aspecto del que se trate y del nivel de conocimiento de que de que se disponga. Pero, sea cual sea el aspecto que se estudie, la posibilidad técnica pasa por los siguientes aspectos (recordemos que se está hablando de lo que se ha denominado “presas deficientes”, esto es, de casos en que no se ha proyectado, construido o ejecutado de acuerdo con el “saber hacer” o en los que el comportamiento real de la presa arroja sombras).

1. Conocer el mecanismo que conduce a la rotura y cada una de sus fases

Es claro que el posible mecanismo de rotura es suficientemente conocido en cualquiera de las ramas del árbol de eventos, al menos “en lo que conocemos”, lo que es una obviedad, pero intenta resaltar que la asignación de probabilidades a aspectos desconocidos es un imposible, a menos que esos eventos se repitan con cierta frecuencia.

Lo anterior no descarta que puedan producirse sorpresas, como lo fue la rotura de la compuerta de la presa de Folsom y, desde otro punto de vista, interesa señalar que “conocer” no significa “conocer la probabilidad”. En cualquier caso no es aquí donde radica el problema fundamental, siempre y cuando se impliquen, con dedicación, técnicos en presas.

2. Conocer los síntomas que se asocian al mecanismo

Señalamos que no se trata tanto de conocer o no los síntomas sino de la posibilidad de que estos sean apreciados y del tiempo que permiten para la reacción y la reparación

Con certeza, esta cuestión obliga a diferenciar entre procesos frágiles y procesos continuos, ya que el AR tiene grandes problemas para ser aplicado a los procesos frágiles (un ejemplo pudiera ser el deslizamiento de un bloque en una presa de gravedad), en los que la probabilidad debiera establecerse a ciegas, en ausencia de datos distintos de los de proyecto, que son los que son, al margen del comportamiento.

Esta cuestión descarta un conjunto no despreciable de aspectos, ya que no sólo quedan fuera los asociados a un comportamiento frágil, sino también los que, teniendo un comportamiento continuo, progresivo, son de observación difícil. Un ejemplo de este último caso pudiera ser el de la erosión interna hacia el cimiento, o el deterioro evolutivo de la fábrica de hormigón.

3. Estimar la probabilidad real de cada una de las fases

Es este realmente el nudo gordiano de la cuestión por lo que se profundizará en él más adelante, recurriendo a casos concretos. Ello no obstante, se adelanta aquí que cuanto mayor sea el número de fases en que se divide el proceso menor será la probabilidad conjunta de rotura que se obtiene, consiguiendo a la vez una mayor apariencia de trabajo, pero quizá sólo apariencia.

4. Componer las fases

Esta cuestión no debiera ser un problema, ya que se trata de una simple operativa matemática que da lustre a la técnica, pero que no debe tener especial dificultad, fuera de la puramente numérica.

5. Contrastar el resultado con datos reales

Es este un aspecto muy relacionado con la asignación de probabilidades a cada una de las fases que antes se ha visto.

Adicionalmente interesa poner de relieve que se nos reconoce que sabemos proyectar, construir y explotar presas en condiciones de seguridad no tanto porque podamos demostrarlo científicamente (de hecho los científicos no proyectan, construyen o explotan) sino porque la técnica que venimos aplicando está demostrando en la práctica su validez. Incluso si se llegan a producir avances “científicos” significativos, antes de su eventual incorporación al “saber hacer” técnico debieran haber sido comprobados en la práctica, en la realidad, con un buen número de cautelas. Porque, ¿alguien tiene derecho a proyectar

una presa con un embalse de 100 hm³ simplemente bajo su convencimiento, no comprobado en la realidad, de que su propuesta es segura?.

Ahora bien, el contraste con datos reales solo puede existir en los casos, en los aspectos, en que se ha producido un suficiente número de accidentes e incidentes a lo largo de la historia y hayan sido estudiados y sistematizados con profundidad.

Analizando la historia de accidentes e incidentes documentados de presas sólo se da la situación anterior (número suficiente de sucesos) en relación con las avenidas y, quizá, con la erosión interna. Ni siquiera los terremotos, desde el punto de vista del comportamiento, son susceptibles de ser estudiados probabilísticamente (no nos referimos al establecimiento del sismo de proyecto, que es otra cuestión). Así, causas como pudieran ser la disolución de yesos o similares son difíciles de valorar, por no haber casos suficientes y aún menos casos que pudieran ser parametrizados.

Por fin, señalamos que esta ausencia de referencias históricas suficientes es una de las grandes diferencias que se aprecian entre el mundo de las presas y otros campos (como puede ser el económico-financiero) en los que se aplica un AR. También es lo que da lugar a la diferencia que existe entre aplicar el AR al caso concreto de una presa y aplicarlo a la propia elaboración de la normativa de aplicación al conjunto de las presas.

Como ilustración de lo anterior, en la **Figura 4** se presenta un intento de comparación realizado por el US B.O.R., hace ya 15 años, y que señala una amplia discordancia³

³ “Comparison of failure modes from risk assessment and historical data for Bureau of Reclamation dams” (1998).

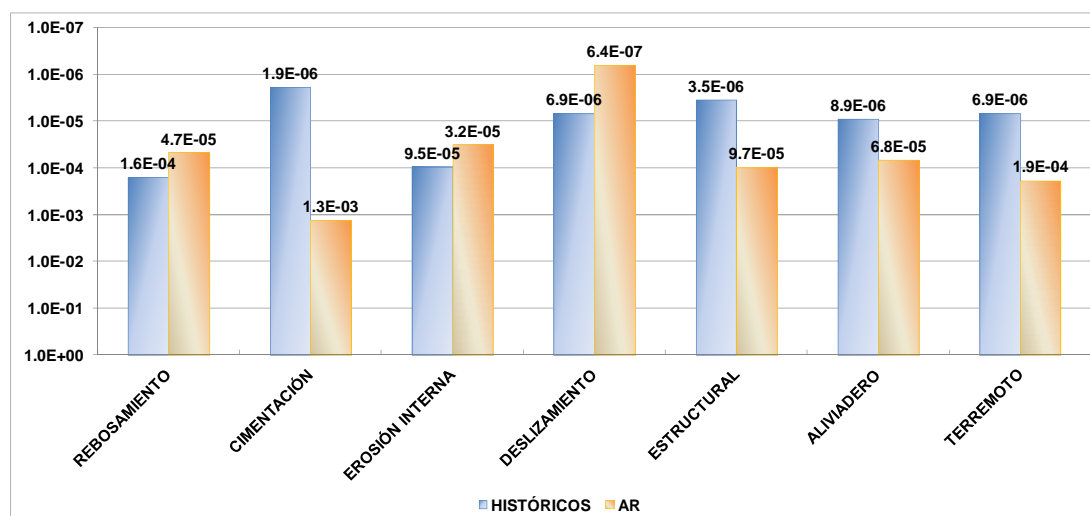


Figura 4. Comparación entre probabilidades de rotura calculadas y referencias históricas

6. Contrastar el resultado con el sentido común

Es difícil señalar algo acerca de esta cuestión. Sólo, si acaso, se puede poner de relieve que, por causa de esta necesidad, la gestión de la seguridad de las presas pudiera prescindir de técnicos en AR pero no, en ningún modo, de técnicos en presas, absoluta y obviamente indispensables.

Una vez recorrido el esquema general volvemos la vista a la cuestión que hemos señalado como fundamental: la de la posibilidad de estimar técnicamente la probabilidad; y lo planteamos mediante el recurso a tres casos concretos desarrollados. Estos casos (deslizamiento de bloques, erosión interna y seguridad hidrológica) se presentan en los apartados que siguen.

7.3.1 Caso 1. Deslizamiento de bloques

Se ha estudiado el caso real de una presa de gravedad actualmente en explotación, aplicando un análisis absolutamente clásico para intentar estimar la probabilidad del deslizamiento de uno de los bloques y la consecuente ruina de la obra.

La única diferencia con la aproximación usual es que en lugar de asignar un valor concreto a los parámetros básicos del análisis se les ha asignado una distribución estadística, a partir de la cual se han establecido las probabilidades de rotura (que se ha supuesto se produce cuando el coeficiente de seguridad baja del valor unidad). La

distribución utilizada ha sido en todo caso la distribución normal, caracterizada por la media y la desviación típica y se han hecho análisis de sensibilidad ante la variación de dichos parámetros⁴.

Como ilustración de los resultados se presenta la **Figura 5**, en la que se refleja la respuesta de la probabilidad de deslizamiento de un bloque a la variación del valor medio de la cohesión (manteniendo el resto de los parámetros, incluyendo la desviación típica de la misma cohesión).

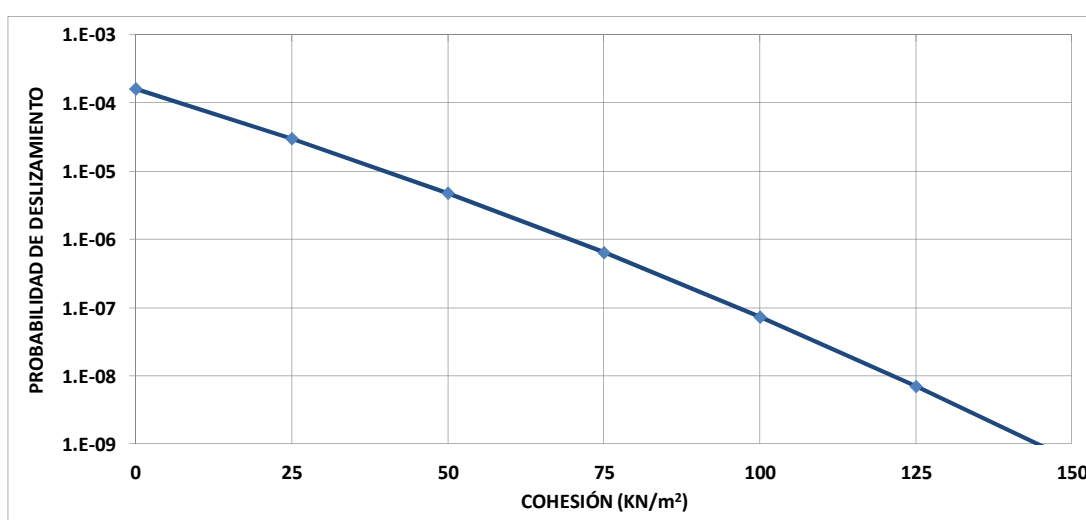


Figura 5. Sensibilidad de la probabilidad de deslizamiento a la variación en el valor medio de la cohesión

Se aprecia cómo variaciones tan reducidas como 25 kN/m² se traducen en el salto de aproximadamente un orden de magnitud en la probabilidad, lo que ya es expresivo del nivel de incertidumbre de la estimación.

Pero si lo anterior ya es claramente indicativo, como complemento se presenta la **Figura 6**, en la que la variable independiente es la desviación típica de la tangente del ángulo de rozamiento.

⁴ Como referencia, los parámetros que caracterizan al caso base estudiado son (media; desviación típica): eficiencia de drenes en tanto por uno (0,7; 0,1), peso específico del hormigón (24,85; 0,15), tangente del ángulo de rozamiento (1; 0,1) y cohesión (100; 10).

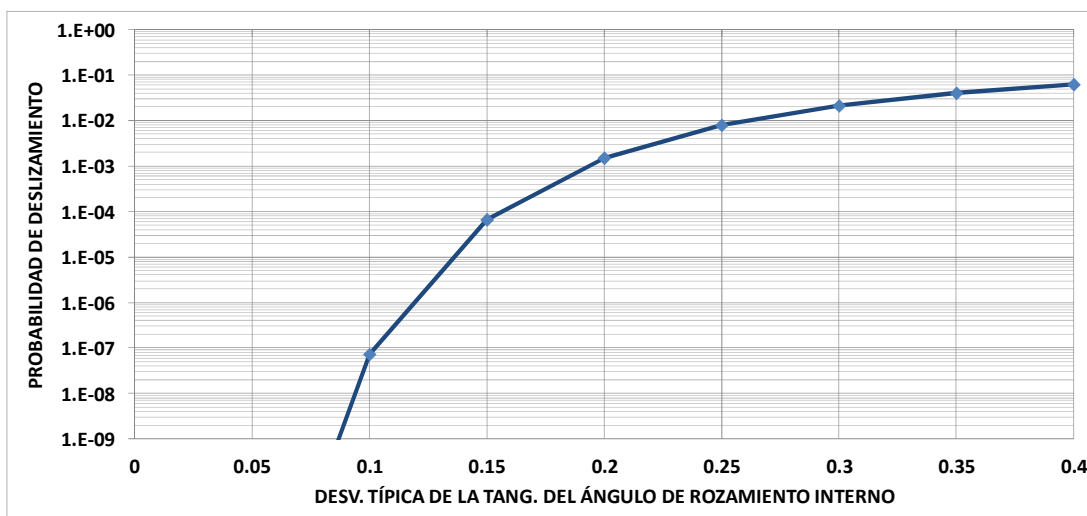


Figura 6. Sensibilidad de la probabilidad del deslizamiento a la variación de la tangente del ángulo de rozamiento interno

Se aprecia cómo, incluso si se considera como valor exacto y preciso el de la media del ángulo de rozamiento, pequeñas variaciones en la forma de la distribución (su apuntamiento caracterizado por la desviación típica) tiene una incidencia importante en la probabilidad estimada de deslizamiento: el paso de 0,10 a 0,20 en la desviación típica se traduce en un salto de más de 4 órdenes de magnitud en la probabilidad. Y, ¿quién es capaz de asignar un número preciso a la desviación típica de nuestra estimación del ángulo de rozamiento?.

Dando todavía un paso más, en la **Figura 7** se reflejan los valores de cohesión y ángulo de rozamiento que producen una misma probabilidad anual de deslizamiento en dos casos (probabilidades de 10^{-3} y 10^{-5}) y para dos posibles eficiencias de los drenes (40 y 60%).

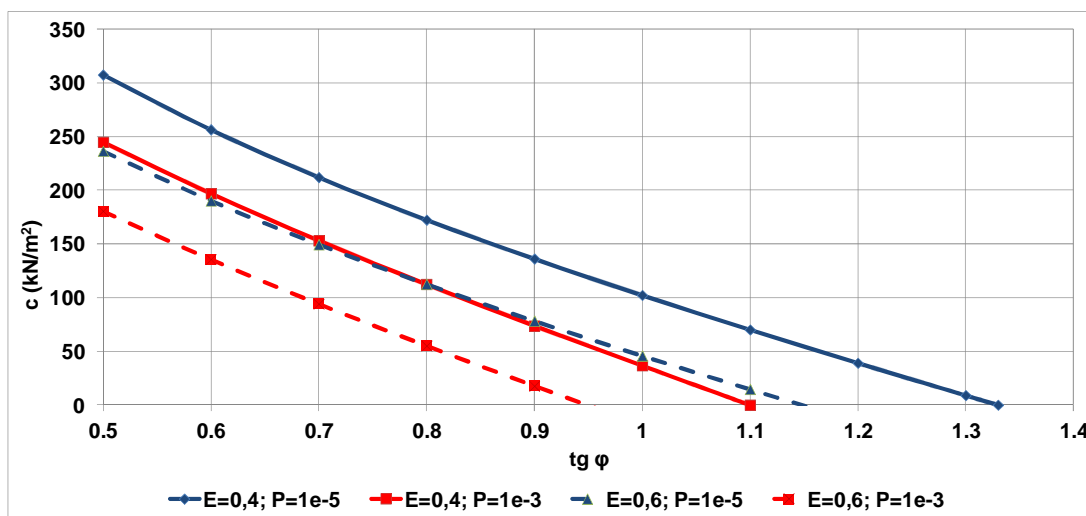


Figura 7. Líneas de equiprobabilidad de deslizamiento para variaciones en las medias del ángulo de rozamiento y de la cohesión

En ella se aprecia la gran coincidencia en el comportamiento general (ya no puntual) entre los supuestos de una eficiencia de drenes del 60% y probabilidad anual de deslizamiento de 10^{-5} y otra de eficiencia de drenes del 40% y probabilidad anual de rotura de 10^{-3} .

La consecuencia de lo anterior es inmediata en el sentido que se pone de relieve que la eficiencia de los drenes es un parámetros muy relevante, hasta el punto de que el paso del 40 al 60% en la eficiencia de los drenes, en el caso estudiado, hace bajar dos órdenes de magnitud la probabilidad de inestabilidad.

Un corolario importante es que incluso el (buen) comportamiento de una presa en relación con el deslizamiento no permite establecer conclusiones fiables en cuanto a la probabilidad de inestabilidad, dada la gran variabilidad existente, ni aun en el caso de disponer de seguimiento en continuo de las presiones intersticiales, siendo necesario disponer, ineludiblemente, de estimaciones fiables de los parámetros resistentes reales actuales. Piénsese que si la probabilidad de deslizamiento es de 10^{-3} , casi con total seguridad, en 20 años de explotación por ejemplo, no se habrán producido diferencias significativas en el comportamiento en relación con el que pudiera haber sido en caso de una probabilidad de 10^{-5} y que se pudieran reflejar en forma de síntomas. Y en estas condiciones, ¿algún técnico se considera capacitado para asignar una probabilidad?. Y

todo ello sin tomar en consideración la inevitable evolución temporal de las características.

7.3.2 Caso 2. Erosión interna

Respecto al caso anterior, la erosión interna se diferencia en la existencia de un número apreciable de fallos, lo que permite una aproximación estadística histórica, y en que esta aproximación estadística se ha abordado y se ha plasmado en el desarrollo de metodologías publicadas para la asignación de probabilidades. El análisis propuesto se apoya en el análisis estadístico de roturas e incidentes acaecidos y en los factores que hacen que en una presa concreta las probabilidades sean mayores o menores que los que podrían considerarse casos medios (neutros).

Recurriendo a lo anterior, el análisis se ha realizado siguiendo (como técnica que se pretende objetiva y desde luego actual) la metodología de “Seepage and Piping Toolbox. 28th Annual USSD Conference (2008)”⁵ y de “Dam Safety Risk Analysis Best Practices Training Manual (2011)”⁶, que se han aplicado complementariamente.

Se ha tomado como base de análisis una presa real, con sus características reales. La presa es de materiales sueltos zonificada. Tiene espaldones de escollera y núcleo de arcilla, contenido por los correspondientes filtros de los cuales el situado agua abajo es doble (filtros fino y grueso). Según comunicaciones de la época de construcción y posteriores, los filtros fueron diseñados de cara a cumplir los criterios entonces vigentes.

Una vez analizada la presa real, desde el punto de vista de la erosión interna, se concluye que responde a los criterios que marca el “saber hacer” actual. Si a lo anterior se añade que no se han detectado síntomas de existencia del fenómeno, la conclusión que se desprende de apartados anteriores debe ser, sin sombra de duda, que la presa es suficientemente segura, sin recurrir para ello al AR.

Sobre la configuración base de partida se ha construido, como configuración alternativa, la que surge de eliminar los filtros en el contacto agua abajo del núcleo, lo que hace que

⁵ Mark Foster, URS Australia Pty Ltd.; Robin Fell, University of New South Wales; Noah Vroman, Corps of Engineers; John Cyganiewicz, Bureau of Reclamation; George Sills, Corps of Engineers; and Richard Davidson, URS Corporation

⁶ US BOR en cooperación con el US Army COE

ya no pueda considerarse como acorde con el “saber hacer”. La ausencia del filtro da lugar a la existencia de un contacto directo entre el núcleo y el espaldón agua abajo que, evidentemente, no es acorde con el “saber hacer” en la cuestión. Sería una presa “deficiente”, en principio susceptible de ser escrutada mediante el AR.

El procedimiento aplicado establece cinco fases en el proceso de rotura y permite asignar la probabilidad a cada una de ellas. Las fases y sus probabilidades se reflejan en la **Tabla 1** que sigue, para los dos casos estudiados.

Tabla 1. Fases y probabilidades de estas en relación con la erosión interna

| Fase | Caso base (con filtro) | Alternativa (sin filtro) |
|----------------------|------------------------|--------------------------|
| Inicio de la erosión | 30-40% | |
| Continuación | ≈ 100% | |
| Progresión | 0% | 100% |
| Detección | 40-60% | |
| Brecha y rotura | 10-40% | |

Analizando cada una de las fases, el inicio de la erosión tiene una probabilidad importante, lo que tiene una lógica clara: dados la gran sección transversal de la cerrada que el núcleo de la presa pretende impermeabilizar y las singularidades que (casi siempre) existen, es difícil pensar que no exista un solo punto débil que pueda ser la causa del inicio del proceso.

La continuación es prácticamente inevitable, dado que el material del núcleo tiene plasticidad suficiente como para permitir que se llegue a establecer un “tubo” como consecuencia de la pérdida de material y no existen razones para pensar que el caudal de agua que proviene del espaldón agua arriba se vea interrumpido o que se produzca un sellado “natural”.

El progreso de la erosión se manifiesta como el aspecto determinante. La probabilidad de que la erosión interna progrese hacia el exterior se asocia a la probabilidad de que exista una vía por la cual se pueda producir la migración del material del núcleo. Esto, en el caso con filtros adecuados, parece altamente improbable pero, por el contrario, en ausencia de filtros, la probabilidad no puede ser sino alta.

La detección, en cualquier caso, no es muy probable, al menos con el nivel de seguimiento del comportamiento que está establecido en la presa y que no incluye un seguimiento específico y continuo de la erosión interna, por otra parte muy difícil. Los resultados atribuyen una probabilidad de que, caso de estar desarrollándose el proceso, este sea detectado a tiempo que es función del proceso concreto de que se trate, pero que oscila entre un 40 y un 60%.

Por fin, la fase final de formación de la brecha y la rotura también es función del proceso concreto pero, en cualquier caso, tiene una probabilidad alta, oscilante entre el 40% para el supuesto de colapso de una tubificación y el 10% para el de fallo causado por la formación de dolinas en coronación⁷.

A la vista de la tabla puede establecerse que (como ya sabíamos, dada la concordancia con el “saber hacer” actual) la presa debe considerarse como suficientemente segura, si bien la conclusión anterior se desprende no de que la erosión no pueda iniciarse (a lo que se asigna una probabilidad significativa) sino de que, caso de iniciarse dicha erosión, es prácticamente imposible su progresión hasta llegar a ser un proceso de riesgo. Por el contrario, en el caso alternativo de ausencia de filtros la probabilidad resulta ser del 12%.

A la vista de lo anterior, la pregunta que surge de inmediato es la de valorar en dónde radica la posible graduación que, en pura teoría, permite el AR. Y la respuesta no puede ser otra que en la cuestión relativa a la progresión de la erosión, ya que el resto de fases tiene probabilidades que se miden en el orden de las decenas por cien, por lo que conservan el orden de magnitud de la probabilidad final. Tan solo la fase de “progresión” de la erosión puede modificar su probabilidad en órdenes de magnitud.

Ello hace que en cualquier sistema de evaluación de la seguridad en relación con la erosión interna deba considerarse como prioritario y determinante la evaluación de las condiciones de filtro en las condiciones reales en que se encuentre la presa (teniendo en cuenta posibles segregaciones en el vertido o fallos en la continuidad del filtro en los

⁷ Al tratarse de caminos no excluyentes, la probabilidad conjunta es superior a cada uno de los individuales

contactos con elementos rígidos, por ejemplo). Si se quiere diagnosticar la seguridad de una presa concreta, esta solo se podrá afirmar en el supuesto que sean identificadas todas las vías de agua (no pueden ignorarse las posibles vías hacia y a través del cimiento, por ejemplo) y que en estas se garantice el cumplimiento de las condiciones de filtro con una muy elevada probabilidad, lo que parece difícil.

Como resumen de todo lo expuesto puede decirse que se trata de un aspecto que podría ser abordado mediante AR, si bien el AR necesita de un apoyo estadístico extraordinario y casi “caja negra” en casos históricos, lo que induce una pérdida de precisión y robustez apreciable. No obstante, puede considerarse que existe una metodología relativamente objetivada y apoyada en las referencias históricas que permite al menos la replicabilidad de las estimaciones que se realicen. La precisión no puede pretender ser de ninguna manera superior al orden de magnitud.

En ausencia de una caracterización fina de las características reales del filtro, parece que el resultado no permite graduación, de forma que la probabilidad de rotura es muy alta en caso de incumplimiento de las condiciones de filtro y muy baja en caso de cumplimiento, sin posibilidad de graduación, por lo que realmente en la generalidad de los casos no aporta gran cosa el AR.

7.3.3 Caso 3. Hidrología y fallo humano

A este respecto y como presentación, una “duda”: ¿cómo un experto, sin un largo y concienzudo trabajo, basándose sólo en una visita a una presa, puede emitir una opinión acerca de la suficiencia o insuficiencia de un aliviadero?.

Ya más en detalle, la seguridad hidrológica parece el campo en que más directamente se puede aplicar el AR en España. El diseño de las presas españolas existentes se ha abordado mediante técnicas estadísticas, por lo que la probabilidad aparece aquí de una forma natural.

Este aspecto y su asociado del fallo en la operación (sea o no humano) ha sido estudiado con detalle y para distintas hipótesis. Se ha partido de una presa real, de gravedad y con compuertas y que no cumple los criterios actuales de diseño. En esta presa, como alternativa, se ha modificado el aliviadero, convirtiéndole en labio fijo y en ambos casos,

respetando el emplazamiento (y por tanto las características hidrológicas) se ha sustituido la presa original (de gravedad) por otra de materiales sueltos.

Los resultados obtenidos se sintetizan en la **Figura 8**, en la que se reflejan en ordenadas las probabilidades anuales que corresponden a los casos de presas de gravedad (PG) y tierras (TE).

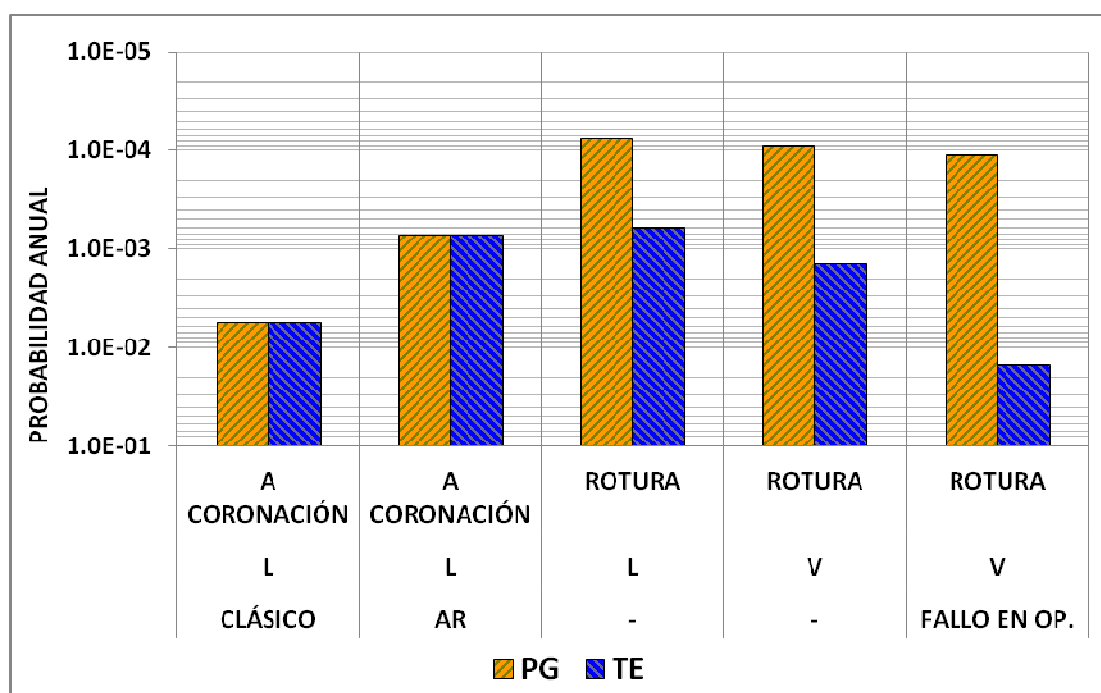


Figura 8. Valoración de la seguridad hidrológica en distintos supuestos

La primera columna se refiere a la probabilidad de alcanzar el nivel de coronación en el caso de aliviadero de labio fijo, aplicando los métodos hidrometeorológicos clásicos. La probabilidad anual se corresponde con el inverso del periodo de retorno y se aprecia, como no puede ser de otra manera, la identidad de resultados en ambos tipos de presa. También se aprecia cómo, incluso aceptando que el nivel pudiera llegar a coronación, el aliviadero estaría infra-dimensionado respecto a los criterios actuales.

La segunda columna corresponde al mismo caso de presa y aliviadero anterior, pero el método de cálculo podría considerarse que es el típico del AR: se aplican criterios probabilísticos a todos los parámetros que se consideran (humedad previa de la cuenca, duración y forma del aguacero, etc.).

Obviamente sigue manteniéndose en este supuesto la identidad entre los dos tipos de presa, pero la comparación con el caso anterior manifiesta la gran diferencia entre el análisis clásico y el AR (un orden de magnitud de diferencia). Se trata de métodos realmente distintos, como se ilustra con más detalle en la **Figura 9**, en la que la probabilidad anual está expresada en términos de periodo de retorno y se ha utilizado en todos los casos el método hidrometeorológico.

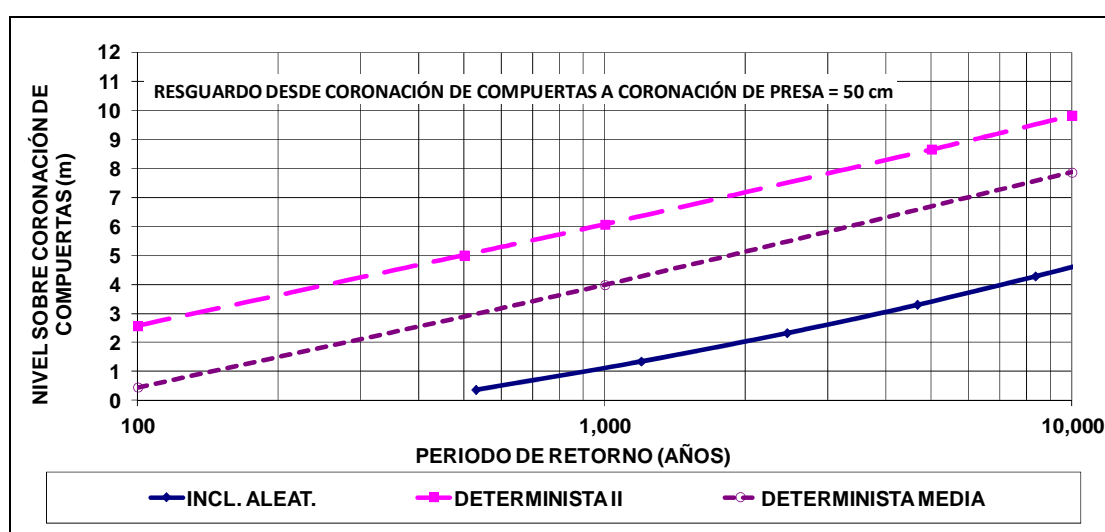


Figura 9. Nivel de embalse a asociado a distintas probabilidades y en distintos supuestos

En ella se reflejan tres curvas de las cuales la inferior (INC. ALEAT.) corresponde al análisis probabilístico en todos sus términos, al modo en que podría tratar el problema el AR. La curva superior (DETERMINISTA II) es la que se obtendría por aplicación de los métodos clásicos actuales, suponiendo, como es habitual en proyecto, que la situación de la cuenca previa al aguacero corresponde a la Condición de Humedad II (según la terminología del US S.C.S). Por fin, la curva intermedia (DETERMINISTA MEDIA) representa lo que podría ser el valor esperado del nivel de embalse teniendo en cuenta la distribución estadística de las condiciones de humedad de la cuenca previas al aguacero.

Se aprecia esencialmente cómo la simple aplicación del AR induce una sobrevaloración muy clara de la seguridad respecto a la que se obtiene mediante los métodos clásicos, hasta el punto que, por ejemplo, al nivel que según el método clásico le corresponde un periodo de retorno de 500 años (5 m) el AR le atribuye otro superior a los 10.000 años.

Incluso si, en el mismo caso se utilizase la media ponderada en función de la probabilidad de los distintos estados de humedad, el periodo de retorno sería de 2.000 años. Se trata, por tanto, de metodologías muy distintas que debieran tratarse como tales en toda su aplicación, no siendo válida, por tanto, una eventual aplicación de la normativa establecida con base en los análisis clásicos a análisis realizados según el AR.

Fundamentalmente la diferencia entre resultados se debe a que los métodos clásicos incorporan factores de seguridad indirectos en todas sus etapas (duración pésima del aguacero entre todas las posibles, distribución conservadora del hietograma, conservadurismo en el estado de humedad de la cuenca, etc.), factores que se anulan en el AR. Y no puede olvidarse que la validez de cualquier metodología que se pretenda utilizar debe estar validada por su contraste con la realidad.

Volviendo a la **Figura 8** y dando un paso más, desde el punto de vista probabilístico no puede considerarse que exista un automatismo entre superación de la coronación (sobrevellido) y la rotura de la presa. Es claro que debe existir una función de probabilidad que relaciona la lámina vertiente con la probabilidad de rotura, al menos.

Evaluando esto se llega a lo expresado en la tercera columna, que sigue correspondiendo al caso aliviadero de labio fijo, abordado mediante la técnica del AR. Ahora la probabilidad anual no es la de alcanzar la coronación sino la de provocar la rotura.

Se aprecia cómo ahora ya aparece una clara diferencia entre la presa de gravedad y la de materiales sueltos (es obvia la mayor capacidad para hacer frente a un vertido por coronación en el caso de presas de fábrica). Mientras que en el caso de presa de tierras la probabilidad se mantiene casi igual a la de llegar a coronación, en el caso de presa de fábrica la probabilidad se reduce en casi un orden de magnitud. Esto, como mínimo, conduce a que sea necesario un tratamiento diferenciado para presas de fábrica y presas de materiales sueltos, pero también pone de manifiesto la incidencia que tiene la expresión que se adopte para establecer la probabilidad de rotura en función de las características del sobrevellido, tema que no está del todo resuelto en la actualidad.

De lo hasta aquí tratado puede derivarse que la seguridad hidrológica, al menos en el caso más simple de presa de tierras y aliviadero de labio fijo, podría ser abordada desde el AR, siendo los resultados obtenidos concordantes con los que se derivan de aplicar los criterios de buena práctica en el diseño, pero siempre que estos criterios sean aplicados

en su integridad, incluyendo los factores adicionales de seguridad que se han venido considerando en tiempos no lejanos. Mantener los criterios de diseño en periodos de retorno reducidos y obviar los factores indirectos de seguridad conduce (al menos en muchos casos) a una sobrevaloración de la seguridad y, por tanto, a considerar aceptables situaciones no suficientemente seguras.

Pero también pueden extraerse, desde otros puntos de vista, pautas interesantes como, por ejemplo, que el periodo de retorno, por sí solo, no es expresivo del nivel de seguridad de la presa, que otros factores tienen una importancia decisiva (tipo de presa, resguardo en volumen, etc.) o que puede considerarse que son casos distintos los que aplican a presas de materiales sueltos y a presas de fábrica⁸.

De vuelta a la **Figura 8**, en la cuarta columna se presentan los resultados correspondientes al caso de aliviadero con compuertas, si bien suponiendo que existe garantía de su funcionamiento correcto (estructural y funcionalmente). Se aprecia cómo en la presa de gravedad la probabilidad de rotura se mantiene prácticamente estable, mientras que en el caso de la presa de tierras esta se incrementa de manera apreciable.

Ahora bien, la diferencia fundamental se produce cuando se considera la posibilidad de fallo en la funcionalidad de la propia compuerta o por factores humanos, lo que se refleja en la última columna de la **Figura 8**.

La consideración del fallo humano en el AR es una cuestión de difícil tratamiento y que, con gran generalidad, se oculta, pretendiendo que su no consideración sólo resta algo de exactitud pero que no es especialmente relevante.

A título de ejemplo se presenta la **Figura 10**, en la que se refleja la probabilidad de rotura que se asocia a un fallo en la operación de las compuertas causado por un retraso en la toma de decisión de actuar.

⁸ Se llama la atención, aunque no es objeto del presente documento, cómo lo señalado puede marcar una posible utilidad del AR que, en el campo de la seguridad de las presas, podría situarse en la elaboración de la normativa, como, por otra parte, lo ha sido en el campo nuclear.

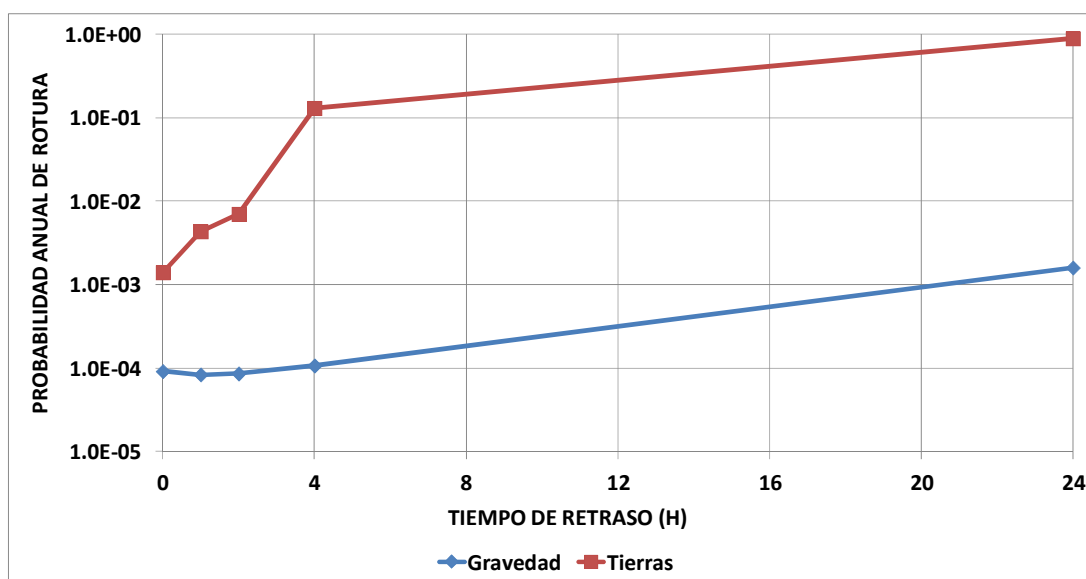


Figura 10. Influencia del retraso en la toma de decisiones en la probabilidad de rotura

En el caso de presa de materiales sueltos se aprecia la gran incidencia que tiene el retraso, con un salto máximo de tres órdenes de magnitud en la probabilidad de rotura. Esto parece exagerado ya que se asocia a un retraso de 24 horas, pero el salto es de dos órdenes de magnitud si el retraso es de tan solo 4 horas. En el caso de presa de fábrica la situación es mucho más estable.

Aplicando tanto el fallo anterior (no actuación siendo todas las circunstancias favorables) como otros en que se puede pensar (fallos por ausencia de energía, por no operatividad de compuertas y por ausencia de personal en la presa, por ejemplo) se pueden llegar establecer, aplicando valores razonables, las probabilidades de rotura finales, reflejadas, como se ha dicho, en la última columna de la **Figura 8**.

En el caso de presa de fábrica, la probabilidad de rotura en el caso de funcionamiento del todo correcto de la gestión en avenidas es muy semejante al que se obtiene si se consideran probabilidades de fallo de compuertas razonables. Ello puede explicarse porque en un estado límite, la presa dispone de un aliviadero de gran capacidad (toda la coronación de la presa) y de labio fijo, por lo que la operación de las compuertas no es en exceso relevante (en la situación límite).

En cuanto a la presa de materiales sueltos el resultado es bien distinto, siendo la probabilidad de rotura en el caso de funcionamiento del todo correcto de la gestión en avenidas un orden de magnitud inferior a la que se obtiene si se consideran probabilidades de fallo de compuertas razonables. Es curioso el resultado indirecto que señala que la mayor contribución a este incremento de probabilidad de rotura se deriva de la posibilidad de que, siendo todo correcto (compuertas manipulables y personal en su puesto), las compuertas no lleguen a ser operadas, lo que constituye un fallo humano meridiano.

Como consecuencia puede establecerse que la existencia de compuertas y la posibilidad de fallo de estas (sea mecánico o humano) podría ser incluida en el análisis, teniendo una incidencia muy importante en algunos casos y casi nula en otros. Su influencia es muy variable pero puede llegar a ser muy alta. De todas las maneras, la inclusión de esta posibilidad es compleja, implica una gran carga de trabajo e incorpora algunas decisiones con sentido, pero relativamente arbitrarias, lo que añade, sin duda, una apreciable imprecisión.

8 ¿ES LA “OPINIÓN DE EXPERTOS” UNA ALTERNATIVA REAL?

El recurso a la “opinión de expertos” es la carta que se guarda el AR para salir de situaciones en las que no sabe qué responder, en las que no es capaz de establecer una probabilidad concreta de desarrollo de alguna de las fases del proceso. Incluso en España se ha dado el paso de convertir lo que a nivel mundial es excepcional en procedimiento ordinario: el AR se basa en la aplicación sistemática de la “opinión de expertos”.

Por “opinión de expertos” se está entendiendo un proceso en el que un panel de profesionales, a partir de la información transmitida por los explotadores como relevante, intentan establecer, en una sesión de trabajo, la probabilidad de cada una de las fases de los posibles modos de rotura, para lo que se han desarrollado técnicas que permiten el paso de expresiones orales y coloquiales a valores numéricos concretos. Posteriormente son comparadas entre sí las opiniones emitidas, reajustadas, tratando de reducir su dispersión, e integradas recurriendo a técnicas estadísticas (asignación del valor medio, por ejemplo).

Para centrar la cuestión, es interesante traer aquí una referencia al proceso judicial que siguió al terremoto de L'Aquila (Italia) de 2.009⁹. En el proceso han resultado imputados siete miembros de la Comisión de Grandes Riesgos (un panel de expertos) no por no haber previsto el terremoto (algo que no parece viable en el estado actual del conocimiento y que la fiscalía no ha exigido) sino por haber comunicado mal lo que podían saber, otorgando certeza a sus propias opiniones, sin fundamento técnico alguno (por haber tranquilizado a la población sin apoyo en trabajo técnico alguno y sustituyendo su carácter de técnicos por el de profetas). Puede concluirse de lo anterior que un informe técnico no puede ser simplemente una opinión sin sustento, emitida por algunos considerados expertos, sino que debe ser, necesariamente, un dictamen motivado técnicamente, lo que exige un trabajo técnico basado en datos técnicos.

Ante lo anterior, la defensa de la técnica de la "opinión de expertos" se repliega, señalando las indudables ventajas que tiene el hecho de una participación colectiva en el proceso, superando las aproximaciones individuales. A este respecto es interesante otra referencia judicial, en este caso la sentencia con la que concluyó el juicio por la rotura de la presa de San Francis (USA)¹⁰, en la que se expresa que "*la construcción y la explotación de una gran presa nunca debe dejarse al exclusivo juicio de un solo hombre, al margen de su categoría técnica*", señalando ya lo desastroso de dejar las decisiones en manos de un solo experto, por muy experto que sea. El trabajo en equipo no se asocia al

⁹ El terremoto se produjo el 6 de abril de 2009 y se contabilizaron más de 300 muertos. El día 31 de marzo anterior, ante las alteraciones que se estaban observando en la región, se produjo una reunión de la Comisión de Grandes Riesgos, que concluyó la no existencia de riesgo sísmico y que, incluso, caso de producirse temblores, estos no afectarían a los edificios. En ese momento las conclusiones fueron orales, no firmándose el correspondiente acta hasta una vez ocurrido el terremoto.

¹⁰ La investigación forense llegó a la conclusión de que el desastre (la rotura de la presa) fue causado principalmente por un mega-paleo deslizamiento existente en el estribo, pero también estableció que habría sido imposible detectar este deslizamiento para los geólogos de la década de 1920. De hecho, dos de los geólogos más prestigiosos del mundo en ese momento, John C. Branner de la Universidad de Stanford y Carl E. Grunsky, no habían encontrado ningún indicio en la cimentación de San Francis. Por lo tanto, el jurado determinó que la responsabilidad del desastre debía recaer en las organizaciones gubernamentales que supervisaron el proyecto y la construcción de la presa y en el ingeniero concreto a cargo de ello, pero absolvieron a este de responsabilidad, ya que ni él ni nadie, en ese momento, podría haber conocido la inestabilidad de las formaciones sobre la que se construyó la presa.

AR, existiendo incluso otras opciones que hacen mejor uso de la pluralidad (la intervención de un órgano inspector especializado, por ejemplo). El equipo amplio no justifica por sí mismo el uso del AR.

Pero incluso si se aceptase la opinión de expertos, ¿qué expertos? ¿cómo se sabe si alguien es un experto y en qué? ¿cuántos expertos hacen falta? ¿no deberían ser más de uno por disciplina, para que no se convierta en la suma de opiniones? ¿y la votación, la media entre las valoraciones individuales?. Si realmente se trata de técnicos (que es algo más que “tertuliano” opinando de todo), debieran ser capaces de comunicarse técnicamente y llegar a conclusiones comunes (que puede ser la de “ignoramos”, como debiera probablemente haber sido la de la Comisión de Grandes Riesgos en el caso del terremoto de L´Aquila). No se trata de creencias sino de justificación técnica y, mucho menos, de votos, por lo que parece necesario concluir en un dictamen, en un juicio con firma y responsabilidad.

Por tanto, como adelantábamos, no deja de ser un recurso puntual para hacer frente a ligeros obstáculos que no puede generalizarse y basar en él el proceso.

Es obvio que los expertos (mejor, los técnicos en la materia) sí deben participar en la gestión de la seguridad, de forma que estudian el caso, lo valoran, hacen los números precisos, proponen las investigaciones necesarias, hacen una puesta en común y emiten un dictamen (no una opinión) y establecen la prioridad de las inversiones. En otras palabras, la participación de expertos parece más útil si, en lugar de discutir acerca del riesgo, dedican el esfuerzo a debatir sobre el qué hacer.

9 SÍNTESIS FINAL

A lo largo del documento creemos haber puesto de relieve algunas consideraciones de interés, que es posible sintetizar en el siguiente modo, refiriéndonos siempre a la generalidad de los casos, sin entrar en casos singulares que puedan existir:

- Carece de sentido la aplicación del AR a la gestión de la seguridad de las presas, aplicándolo a cualquier fase anterior a la puesta en explotación.
- No aporta nada su aplicación en la fase de explotación, cuando en el curso de ésta se está produciendo una emergencia.

- Tampoco aporta nada en la fase de explotación si no se está produciendo una emergencia, en el caso de tratarse de una presa proyectada, construida y explotada de acuerdo con el “saber hacer” actual y sin síntomas de anomalías.
- Tan sólo pudiera ser de interés la aplicación del AR a presas que presentan alguna diferencia significativa en su proyecto, construcción o explotación con el “saber hacer” actual o en las que se ha detectado alguna anomalía en su comportamiento y esto supeditado a la viabilidad de disponer de los elementos fundamentales del AR (estimación del valor esperado del número de víctimas y de la probabilidad anual de rotura y existencia de un criterio objetivo de valoración).
- La estimación del valor esperado del número de víctimas es viable si bien implica un gran trabajo y presenta una notable incertidumbre (superior al orden de magnitud).
- La estimación de la probabilidad anual de rotura tan sólo es viable en relación con un número muy limitado de aspectos (seguridad hidrológica y, quizá, erosión interna).
- La existencia de un criterio objetivo de valoración no es una cuestión técnica sino que implica un pacto social en la asignación de los recursos disponibles, algo que no se ha producido en España ni explícita ni implícitamente. Además los criterios que están en uso, importados de otras organizaciones sociales, presentan una gran imprecisión.
- El recurso a la “opinión de expertos” como sistema de mejorar las condiciones de aplicabilidad del AR no permite, en general, tal mejora, resultando sólo en un modo de vestir un resultado y diluir responsabilidades.