

Epistemología de la auscultación de presas

Por **JOSE ANTONIO RODRIGUEZ GONZALEZ**

Prof. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.

GUILLERMO GOMEZ LAA

Prof. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.

y **JOSE LUIS ROMERO HERNANDEZ**

Ingeniero Técnico de O. P.

Se estudia la utilización del concepto de «riesgo» como posible alternativa al de «seguridad» tradicionalmente empleado, en presas y embalses. Para su definición y la minimización del riesgo la auscultación presenta múltiples posibilidades, a cuyo estudio se dedica el artículo.

INTRODUCCION

El contenido de SEGURIDAD, del latín SECURITAS, corresponde a lo que es firme e indudable, lo que no deja de ser un eufemismo para satisfacción espiritual, cuando se aplica a las realizaciones humanas y, más concretamente, a las Presas y los Embalses; eufemismo conducente a tranquilizar a la sociedad frente a las grandes obras de ingeniería.

Veremos hasta qué punto esta idea de seguridad es engañosa; cabría aplicársele la proposición XXXV de la Etica de Spinoza: «La falsedad consiste en una privación de conocimiento que envuelve las ideas inadecuadas, es decir, incompletas y confusas». Es casi evidente que el concepto de seguridad habitual en ingeniería adolece de las condiciones que permiten, al filósofo español del siglo XVII, definir lo que es falso, mal que pese a que, constantemente, se haga referencia en Congresos, Simposium, Coloquios nacionales e internacionales, a la Seguridad de las Presas.

Veamos algunos ejemplos indicativos: Hablamos de coeficiente de seguridad de una presa de fábrica como la relación entre la resistencia a la rotura de una probeta y la carga de trabajo que quedará sometido el hormigón de la Presa: pues bien, el hormigón en probeta y presa es muy diferente, en cuanto al tamaño de ári-

do, dosificación, condiciones de curado, grado de confinamiento, no pudiendo aceptarse que nos colocamos de uno a otro lado de la supuesta seguridad.

Veamos otro ejemplo: Cuando estudiamos una bóveda en modelo reducido y llevamos el ensayo a rotura, determinamos un supuesto coeficiente de seguridad aumentando las cargas hasta que se produce la fisuración del modelo, ante la imposibilidad de reproducir la realidad de prototipo; ella implicaría modificar, a lo largo del ensayo, las características mecánicas de la roca fundamentalmente, pero también del hormigón y, de modo muy especial, el estado de presiones intersticiales en la cimentación.

Pensemos en un último caso, la seguridad frente a la erosión del cuenco en aliviaderos: erosión de los granitos de Ricobayo, en una cazuela de 85 metros de profundidad y 300 metros de longitud, con motivo de cuatro riadas en los años 1934, 1935 y 1936, con caudal punta de 5.300 m³/s. Cazuela en el pie de la presa de Kariba, de 50 metros de profundidad y 150 metros de longitud, por vertido en los años 1962 a 1966, con caudal punta de 9.500 m³/s. Erosión lateral en los estribos de la presa de collado del embalse de Santa Teresa, por avería de los dispositivos de accionamiento de las compuertas del aliviadero, en el año 1963. Compa-

remos con el desastre de Tarbela, o con la reciente rotura de Tous y otros tantos casos, para comprender que se trata de un coeficiente de riesgo y no de seguridad; los casos expuestos, en que no llegó a producirse la rotura, estuvieron sometidos al riesgo de nuevas avenidas sucesivas, caudal punta más elevado o mayor volumen de agua aportado por el fenómeno natural, bien que extraordinario.

Pasemos a analizar el concepto de riesgo, no como inverso de la seguridad, sino conforme lo define el británico R. G. Lane, 13.º ICOLD, Nueva Delhi, 1979 — como producto de tres factores:

- Probabilidad de ocurrencia de un determinado fenómeno.
- Vulnerabilidad del sistema frente al referido fenómeno.
- Valor de los daños que se derivan de la supuesta rotura.

Estos tres factores deben contemplarse en el sentido más amplio, de forma que al hablar de rotura, consideremos la rotura de equilibrio, tanto de la Presa y Vaso, como deterioro del propio embalse, del agua y, en general, del medio físico, social y económico. La rotura catastrófica de una Presa no será sino un caso particular de riesgo a considerar, bien que claramente singular, por sus efectos.

Volvamos, bien que a guisa de intrusos, al sugerente campo de la filología, para comprobar que nuestro vocablo SEGURIDAD procede del latino SECURUS y tiene sospechosas analogías con el también latino SECURIS que significa hacha o segur. Pues bien, la etimología del vocablo RIESGO nos lleva al latín RESGARE que significa cortar, o bien al griego RHIZIKON, peña cortada o lugar peligroso.

Con este divertimento gramatical se plantea la paradoja de que RIESGO y SEGURIDAD no son conceptos contradictorios: RESGARE (cortar), el instrumento SECURIS (hacha o segur) y el ambiente RHIZIKON (paraje peligroso). Paradoja que se resuelve en que el RIESGO es consecuencia de la supuesta SEGURIDAD.

Si, ateniéndonos a la definición de Lane, tratamos de visualizar el riesgo cero, bastará anular cualquiera de los tres factores. Por ejemplo, riesgo sísmico en una Presa; bastará que la sis-

micidad sea cero en la zona, o que la Presa no sea vulnerable por los terremotos, o que en caso de rotura no se produzcan daños, para que el riesgo sea nulo. Esperamos haber patentizado con este ejemplo la imposibilidad de un riesgo cero, dentro del orden natural. Las Presas y Embalses, pues han cometido el pecado de retar a la Naturaleza y enmendarla, están incursos plenamente en este orden natural y, por ende, sujetas a un RIESGO mayor o menor.

Un intento de clasificación de riesgos nos conduciría, en primera aproximación, a tres grandes grupos:

- Riesgos naturales, consecuentes con la imposibilidad de probabilidad cero, en cuanto a la magnitud de un fenómeno; por ejemplo, caudal punta de una avenida.
- Riesgos derivados de la ignorancia o subvaloración de un determinado fenómeno; por ejemplo, cuantía de las presiones intersticiales.
- Riesgos humanos, como consecuencia de diversos posibles errores.

No proseguiremos por estas veredas taxonómicas, por miedo de incurrir en el error antropocéntrico; el hombre, de un modo u otro, no deja de ser un acontecimiento natural.

Ante la imposibilidad de abordar la inmensa magnitud de la matriz de riesgos, analizada en extenso, nos vamos a limitar al segundo de los factores citados, vulnerabilidad del sistema, el cual lo limitamos a la propia Presa frente al fenómeno de rotura o deterioro mecánico.

Según explicó JOSE LUIS FERNANDEZ CASADO al gremio de presistas, una Presa debe satisfacer cuatro imperativos primordiales, con vistas a minimizar el riesgo de rotura o deterioro:

- Ha de disponer de los medios que permitan comprobar si los supuestos de proyecto se cumplen.
- Ha de estar dotada de los dispositivos adecuados para corregir eventuales deficiencias y de forma automática, en la medida de lo posible.
- Ha de estar provista de elementos que

permitan controlar la cota del agua en el embalse.

- Debe disponer de un equipo conspicuo de hombres dedicados a su utilización, interpretación y conservación, y de una documentación gráfica y escrita sobre el estado de la Presa y Embalse, así como acerca de su comportamiento.

En tanto en cuanto estos imperativos se satisfacen con mayor eficiencia, el riesgo de rotura o deterioro es menor. Dado que este informe tiene por tema la Auscultación de Presas, justo es que nos refiramos al imperativo primero y, de pasada, al cuarto; los dispositivos que hacen posible labores de corrección y los órganos de desagüe, incluidos en los imperativos segundo y tercero, bien que íntimamente relacionados con el primero y cuarto, deberían ser objeto de otra meditación paralela. Otro tema importante y digno de consideración detallada, son los medios humanos y materiales precisos para mantener nuestros embalses en un estado de riesgo aceptablemente bajo.

La literatura técnica nos ofrece cumplida documentación sobre la matriz de riesgos de rotura, diferenciando diversas formas de producirse, según cual sea la causa principal: El suizo GRUNER, en el 9.º ICOLD. Estambul, 1967, destaca cómo un tercio de las roturas se deben a desbordamientos y otro tercio a problemas relacionados con la cimentación. G. LAA, ALONSO y ROMERO, en el 13.º ICOLD, Nueva Delhi, 1979, plantean como causas fundamentales de desajustes y roturas, la erosión, el envejecimiento y diversos fenómenos relacionados con la presión del agua intersticial. El francés COMBELLES, en la Conferencia sobre seguridad de Presas, celebrada en Coimbra en 1984, al analizar 124 anomalías registradas en Presas, relaciona la mitad de los casos con problemas de envejecimiento y, un número asimismo importante, con la primera puesta en carga.

Sin pretender hacer una relación completa de publicaciones y artículos significativos, cuyas conclusiones son análogas a las reseñadas, creemos de interés destacar los siguientes:

- Lessons from Dam Incidents. International Commission on Large Dams, 1974.

- Lessons from Dam Incidents USA. ASCE. USCOLD, 1975.
- Dams and Public Safety. R. B. JANSEN. U. S. Department of the Interior, 1980 y, del mismo autor, la ponencia general sobre rotura y deterioro de Presas, 13.º ICOLD, Nueva Delhi, 1979.
- Safety of Dams. Coimbra, 1984, editado por J. Laginha Serafim.

AUSCULTACION

Todos los autores mencionados y muchos más que omitimos con pesar, coinciden en que una Auscultación conspicua es la base de un riesgo mínimo; veamos como ha ido progresando esta necesidad, hoy generalmente aceptada, así como sus futuras posibilidades, con vistas a conocer y controlar el riesgo. No hace aún diez años, el noruego Gröner, que fuera Presidente de la Comisión Internacional de Grandes Presas entre 1973 y 1976, sucediendo al gran Presidente que fue JOSE TORAN — 1970 a 1973 —, menciona con motivo del 12.º ICOLD celebrado en México en 1976, que el primer paso en la comprobación consiste en enviar, de cuando en cuando, un «propio» para que vea e informe sobre si la Presa sigue en el mismo sitio; sería un esfuerzo adicional mínimo que comprobara también qué ha sido del agua del embalse.

Con esquema tan simple, tenemos las bases de la Auscultación Geométrica y de la Auscultación Hidráulica, las cuales, a la hora de interpretar resultados, habrán de completarse con una Auscultación Meteorológica, una Auscultación Térmica y, en casos especiales, completarse con una Auscultación Sísmica. Pero no precipitemos las medidas, no vaya a ser que por salir del error de no ocuparnos de nada, caigamos en el de sembrar la Presa de aparatos y los archivos de impresos garrapateados.

Después de comprobar que la Presa sigue sensiblemente donde estaba y que pierde agua por algunos puntos, pero que ello no parece afectar al agua embalsada, el paso siguiente sería medir deformaciones y desplazamientos, por un lado, y aforar filtraciones, controlando presiones de agua, por el otro. Un aspecto que precisa meditación es fijar los puntos de medición

y aforo, de forma que tengamos unos indicadores precisos para lograr una interpretación adecuada. Es siempre recomendable no multiplicar excesivamente la toma de datos, al menos hasta que tengamos una hipótesis que nos importa comprobar.

La interpretación de datos, con vistas a enjuiciar el comportamiento, se realiza conforme a dos esquemas diferentes: ora un modelo probabilista, en el sentido de seguir la evolución de los indicadores seleccionados y, en función de ella, deducir el grado de mejoría o empeoramiento de las condiciones que se analizan; ora un esquema determinista, en tanto que desarrolla un modelo de comportamiento teórico y analiza las discrepancias de resultados entre la auscultación del prototipo y los valores del modelo.

Uno y otro son de gran utilidad en las fases sucesivas a las primeras puestas en carga parcial o total; respecto a la interpretación del comportamiento en los primeros embalses, parciales o totales, el método determinista permite un mejor conocimiento, con la condición de que el referido modelo esté contrastado en otras realizaciones. En todo caso, la evolución de los indicadores elegidos, sus cambios progresivos o bruscos interpretados mediante modelos simples, vienen constituyendo el índice más claro de un comportamiento normal, o de la presencia de anomalías; el coeficiente de seguridad o la magnitud del riesgo suele enjuiciarse por comparación con las hipótesis de proyecto. Es práctica aconsejable, en las fases de puesta en carga y primeros llenados, proceder lentamente y de forma escalonada, con el doble fin de hacer posibles mecanismos de adaptación plástica que eviten fenómenos de rotura frágil del equilibrio, a la vez que se permite una auscultación e interpretación con ataraxia suficiente.

En lo que resta de esta comunicación, vamos a desarrollar un modelo determinista de Auscultación Hidráulica, modo de actuar habitual en gran número de Presas españolas, especialmente cuando los ingenieros no han renunciado al placer de lo sencillo. Nuestro maestro FERNANDEZ CASADO satirizaba las medidas cuantitativas subjetivas, en la apreciación de filtraciones: «goteo, meada de niño, chorro, como los muslos de una mujer...», inculcando el méto-

do más objetivo del sistema métrico decimal y recurriendo a medidas tradicionales, con preferencia al modelo S. I., por entender que la Auscultación debe de estar al alcance de toda la gente que se acerque a la Presa.

Conforme con esta idea, vamos a esbozar un modelo determinista, de Auscultación Hidráulica, siguiendo una antigua práctica entre colegas españoles, conforme destaca GAZIEV en el párrafo que hemos reproducido al comienzo. Se trata de una investigación en curso en la Universidad de Santander, llevada a cabo por el primero de los autores de esta comunicación y cuyos primeros resultados se expusieron en la Conferencia sobre Seguridad de Presas, en Coimbra, 1984, y han sido objeto de un Informe — R. 49, Q. 56 — al 15.º ICOLD que ha de celebrarse en Lausana este año 1985.

En el momento de salir a la luz estas líneas, el mencionado informe se habrá publicado, por lo que nos vamos a limitar a una somera explicación y a continuar la línea progresiva que intentamos. Obviamente, el modelo que presentamos, no deja de ser uno más entre otros muchos posibles; requiere un conocimiento claro de la Presa y su cimentación, así como datos cuantitativos de la Auscultación. En nuestro caso, referida ésta a la cimentación de una Presa de fábrica, contamos con el aforo de filtraciones en el drenaje, con medidas de subpresión en diversos puntos de la cimentación y con valores de las deformaciones y desplazamientos, verticales y horizontales. Y ha requerido, ante todo, imaginación, condición indispensable para poder abordar la interpretación de una Auscultación.

Los motivos que nos llevan a preferir una AUSCULTACION HIDRAULICA, completada con la meteorológica y térmica, son muy diversos; trataremos de resumirlos:

- Por considerarla más precisa, más ágil y más fértil en resultados.
- Porque al referir los gráficos de filtraciones y subpresiones a desplazamientos y deformaciones, obtenemos una visión más unitaria del comportamiento de la Presa; en nuestro caso de la cimentación.
- Por dejar un campo abierto a futuras investigaciones en el área de la mecánica de las rocas.

EPISTEMOLOGIA DE LA AUSCULTACION DE PRESAS

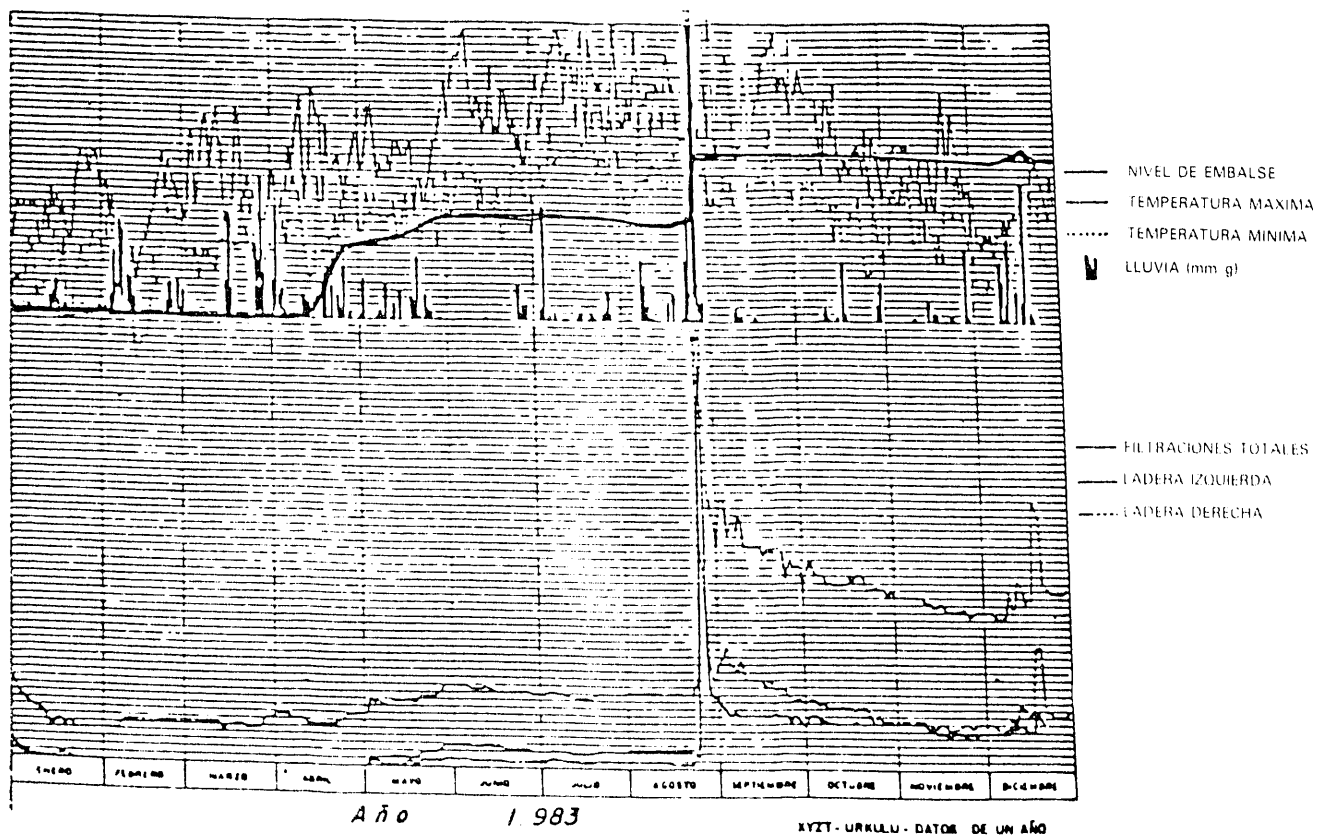
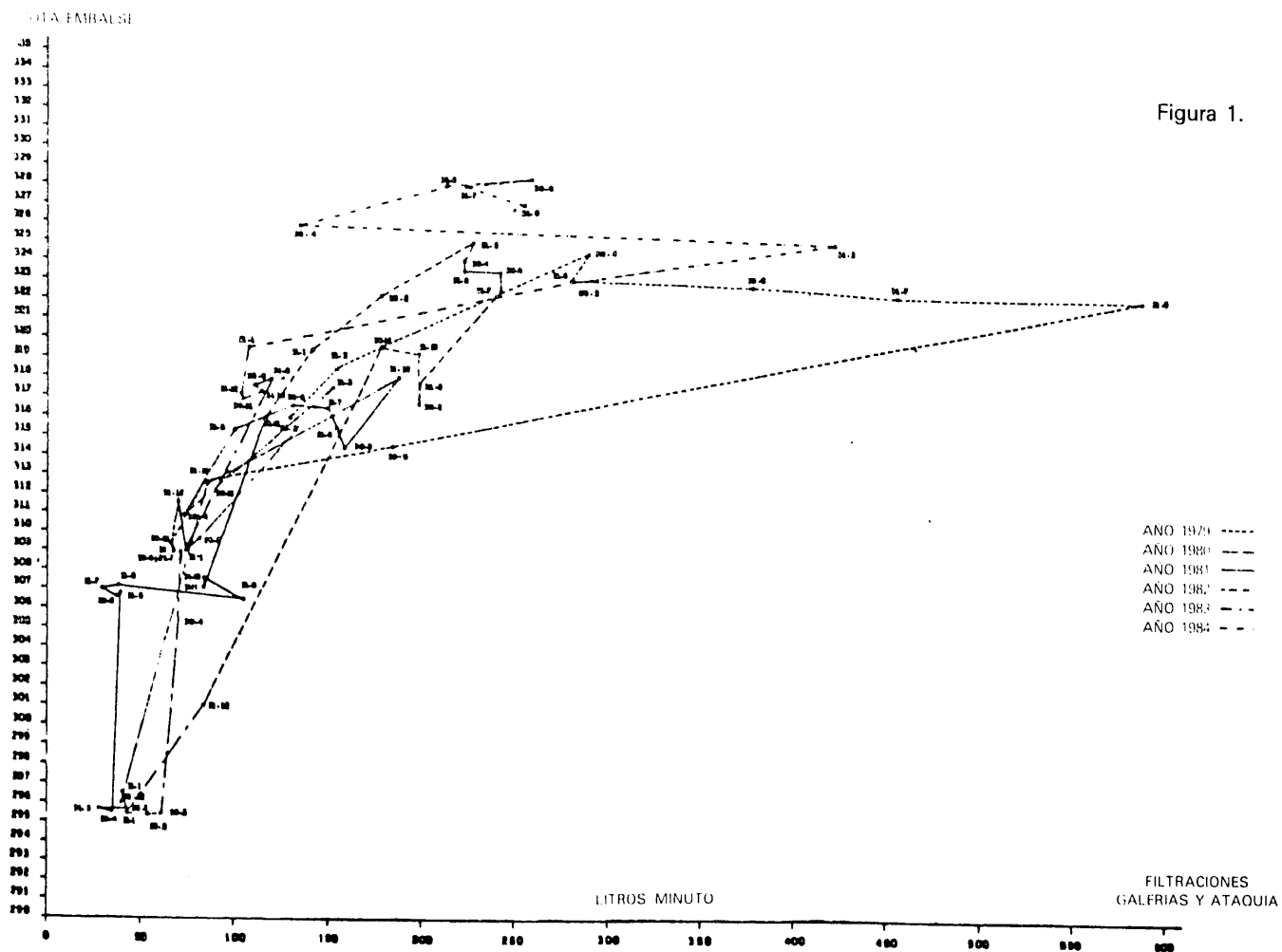


Figura 1.



- Por considerarla base de un esquema novedoso de interpretación de una Auscultación.
- Por romper el tópico, producto de pereza mental, de que la Auscultación Hidráulica, excesivamente simple, permite a lo sumo una estimación del grado de seguridad y es incompatible con la investigación, la cual, como diosa celosa, parece exigir técnicas más alambicadas y precisas.
- Finalmente, para presentar una metodología aplicable, con pequeñas variaciones, a otras interpretaciones de resultados medidos en las Presas.

Una vez cuantificadas las observaciones, lo inmediato es reflejarlas en gráficos cronológicos: en la fig. 1 se representan los gráficos de filtraciones, de alturas de embalse, de pluviometría y de temperaturas exteriores, máxima y mínima, en la Presa de Urkulu, estructura de escollera con pantalla de hormigón, de 54 m de altura, 10 hm³ de embalse y cimentada sobre argilitas pizarrosas del Cretácico de Guipúzcoa.

Sobre el propio gráfico cronológico cabe destacar algunos aspectos obvios, como son la correspondencia de la filtración de la cota de embalse y con la lluvia; la filtraciones representadas están aforadas en el pie de Presa y responden a la filtración total de la pantalla, más el agua de laderas y la caída en la propia escollera.

Se evidencia mejor la relación existente entre la altura de agua en el embalse y el caudal de filtración aforado, recurriendo a los denominados gráficos entrelazados —debido a su forma— en que se representa, sobre un sistema cartesiano de ejes, en ordenadas, las cotas de agua en el embalse y, en abscisas, las filtraciones aforadas; la continuidad se manifiesta uniendo con trazos los puntos correspondientes a mediciones sucesivas y apuntando las fechas más destacables. En la propia fig. 1 se reflejan de esta forma los caudales de filtración aforados en el rastrillo, durante seis años de puesta en carga y explotación.

Los caudales, relativamente importantes, pese a las condiciones de impermeabilidad del cimiento, con consecuentes con los elevados gradientes hidráulicos en los drenes que, en este

caso, no buscan drenar la cimentación, sino constituir una red de auscultación; la arcilla que se dispone aguas arriba, a la vez que colabora a la impermeabilización de la junta perimetral entre pantalla y rastrillo, colabora a rebajar los referidos gradientes.

Vamos a dar un paso más, intentando interpretar los gráficos de filtraciones y subpresiones en la cimentación de una Presa de fábrica, fig. 2. A efecto de fijar las ideas, vamos a referirnos a la bóveda de Almendra, de 200 m de altura, 2 km³ de embalse y cimentada en los granitos de Salamanca. En este caso cabe hacer una serie de simplificaciones que, sin apartarnos sensiblemente de la realidad, nos permitan plantear un modelo sencillo:

- Suponemos entre los puntos P_1 y C , un flujo de agua paralelo al contacto fábrica-cimiento, sin componentes normales a lo que es sensiblemente un plano horizontal; las equipotenciales son consecuentemente verticales, de forma que no interviene la profundidad a que se mida la presión, e incluso cabría medirla en el propio drenaje, momentáneamente obturado en boca.
- Tomamos los datos de la ménsula central, lo que supone un flujo radial, sin componente tangencial.
- La carrera de embalse afecta las presiones de agua y los caudales, en función de la cota de agua y no del perímetro o superficie mojados; es una de las razones de exponer nuestro modelo de auscultación en la ménsula más profunda.
- Admitida una distribución de permeabilidades determinada en la cimentación, las leyes que relacionan los caudales en C y las presiones en P_1 , P_2 y P_3 con la altura de agua serían lineales —véase el referido Informe 56-R. 49— como función de la posición geométrica del punto de medida, de la referida distribución de permeabilidades y de una permeabilidad equivalente.

Con estos supuestos, se trata de interpretar los gráficos obtenidos de la auscultación del prototipo, los cuales, como se representa en la propia fig. 2, presentan un tramo inferior prácticamente lineal, acusando para determinada co-

EPISTEMOLOGIA DE LA AUSCULTACION DE PRESAS

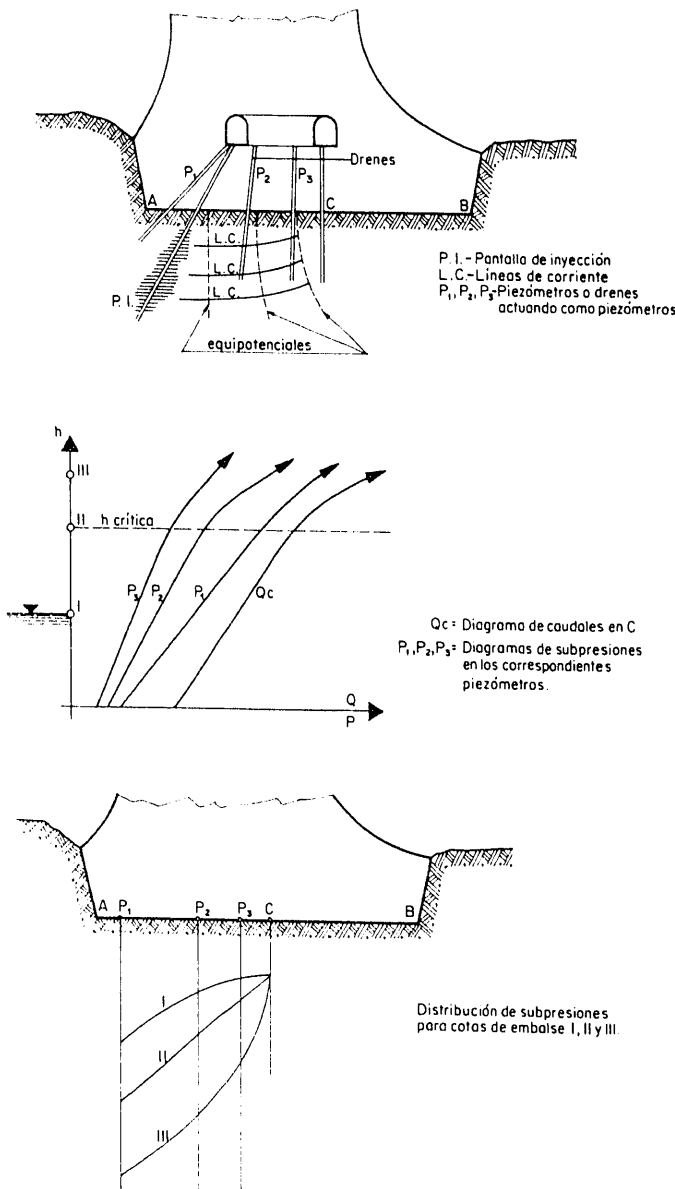


Figura 2.

ta de embalse, un fenómeno de umbral, a partir del cual los referidos gráficos se incurvan ostensiblemente.

Los datos que se reflejan responden, como hemos dicho, a la auscultación de la ménsula central de la Presa de Almendra, en la cual, al disponerse de información durante trece años, ha sido posible eliminar el efecto térmico e interpolar los gráficos en un proceso hipotético de llenado a temperatura exterior constante. El piezómetro P₂ situado aguas arriba de la pantalla de inyección, acusa claramente la cota de agua en el embalse; el punto C de presión nula en boca de taladro, como corresponde a su fun-

ción drenante; los puntos P₂ y P₃, intermedios entre P₁ y C acusan la caída de presión intersticial; en la fig. 2 se representan tres estados, correspondientes a las cotas de embalse con idéntica nomenclatura.

El estado II, denominado crítico — Rodríguez González — corresponde a una distribución homogénea de las permeabilidades, conforme refleja la auscultación del prototipo; por debajo de dicha cota de embalse, es decir, con el embalse más bajo, la permeabilidad de la zona asuso será menor que ayuso, por efecto combinado del peso propio y de la pantalla de impermeabilización del cimiento, con lo que la pérdida de carga será mayor aguas arriba que aguas abajo, conforme lo acusa la concavidad del gráfico de distribución de subpresiones; los gráficos de evolución de presiones y caudales, en función de la carga de agua en el embalse, son prácticamente lineales, como corresponde — véase luego la fig. 3 — a una modificación mínima de la permeabilidad en cada punto, como consecuencia del incremento de la carga de agua. Realmente, se aprecia cierta tendencia a gráficos cóncavos hacia el sentido creciente del eje de ordenadas, sin que la curvatura, muy ligera, modifique sustancialmente nuestro razonamiento, sino que, como veremos inmediatamente, viene a confirmarlo.

Al exceder el embalse esta cota crítica se produce, en los gráficos de evolución de presiones y caudales, una incurvación notoria hacia presiones y caudales mayores. Simultáneamente, en la distribución de subpresiones se acusa una menor caída asuso y un incremento ayuso, fenómeno relacionado con el aumento de permeabilidad aguas arriba — apertura de diaclasas e incluso rotura de la pantalla de inyección — y la relativa disminución de permeabilidad aguas abajo, por cierre de diaclasas.

Queda buscar un modelo geomecánico sencillo que relacione el estado tensional con el de permeabilidad y, puesto que la auscultación nos proporciona datos de deformación y no de tensión, buscar una relación entre estas dos magnitudes. En una primera aproximación, cabe suponer constante el módulo de deformación, considerando el módulo tangente para carga igual a la mitad de la carga de rotura, por compresión.

La fig. 3 representa la relación adoptada entre tensiones efectivas y permeabilidad en el cimientamiento, conforme con las experiencias en el campo de la mecánica de las rocas. Se ha representado hacia la derecha las tensiones efectivas positivas —compresiones— y hacia la izquierda las tracciones, con una asíntota de permeabilidad teóricamente infinita, correspondiente a la fracturación hidráulica del cimientamiento. Conforme anunciábamos al comentar la práctica linealidad en la evolución de los gráficos de caudales y subpresiones, por debajo de la latura crítica, la variación de permeabilidad para tensiones efectivas de compresión acusadas, es mínima, aumentando considerablemente conforme nos acercamos al eje de tensiones efectivas nulas. En la propia fig. 3 se reflejan las tensiones en el cimientamiento, para los estados de embalse I y III.

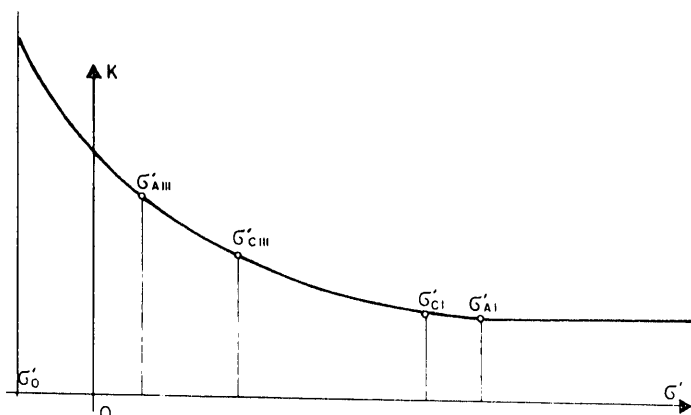


Figura 3.

El riesgo frente a rotura del cimientamiento, en nuestro caso, nos lo da el progresivo acercamiento de las tensiones efectivas, aguas arriba, a la zona de tracción y fracturación hidráulica, con un importante incremento del estado de subpresión. Un recuerdo a la histórica rotura de la Presa de Malpasset terminará de ilustrar esta interpretación; lo dejamos a la imaginación del paciente lector.

Aún habríamos de comparar los estados de tensión versus la deformación en prototipo, con los que deducimos de este modelo, tema que está siendo ultimado en la referida investigación que lleva a cabo, en la Universidad de Santander, el primero de los autores de este trabajo; en el tantas veces citado Informe Q. 56-R. 49 se anticipan algunos resultados que viene a

comprobar la idoneidad del modelo determinista que hemos resumido.

Como ya anunciábamos, al exponer los motivos de desarrollar un modelo de Auscultación Hidráulica, además de tener un índice del grado de seguridad, o de riesgo, frente a un determinado tipo de rotura, esta interpretación ofrece un acervo de temas de investigación adicional. Nos vamos a ceñir al comportamiento de la pantalla de impermeabilización y a su utilidad práctica, en cimentaciones de permeabilidad reducida, del tipo de granitos, neis, esquistos, areniscas e incluso ciertas formaciones calcáreas. Como hemos visto, para cotas de embalse bajas actúa adecuadamente, pero a partir de determinada carga, función del punto considerado de las características de la Presa y de la cimentación, así como de la morfología del cierre, la eficacia de esta supuesta inyección, en cuanto a su efecto impermeabilizador, va reduciéndose hasta anularse.

Si seguimos nuestro esquema de progresiva mayor información y precisión en las interpretaciones, obviamente habremos de complejizar algo el «appareillage» preciso: además de los drenes, de los piezómetros y de los péndulos inversos —nos estamos refiriendo a la auscultación del cimientamiento— precisamos extensómetros de varilla, en los puntos en que queremos comprobar tensiones, amén de termómetros que nos permiten diferenciar los efectos térmicos de los debidos a la cota de embalse.

Una simplificación importante que hemos hecho en esta exposición es suponer un cimientamiento sensiblemente homogéneo, situación más o menos conforme a los resultados de la investigación geológico-geotécnica en fase de proyecto. La realidad suele ser muy diferente y, si deseamos obtener una interpretación fidedigna de los resultados de la auscultación, habremos de conocer y tener en cuenta las características verdaderas de la roca. En la fig. 4 se representa con el solo fin de acotar esta diferencia entre los supuestos del proyecto y la realidad, la situación tectónica de la cimentación de la Presa de Eiras, bóveda de 50 metros de altura y 22 hm³ de agua embalsada, en los granitos del sur de Galicia, obtenida por fotointerpretación a escala 1:33.000 y topográficamente, del fondo de la cimentación, inmediatamente antes de hormigonarse cada bloque.

PRESA DE EIRAS

ESQUEMA GEOTECNICO

A.- Obtenido por fotointerpretación

B.- Obtenido por topografía

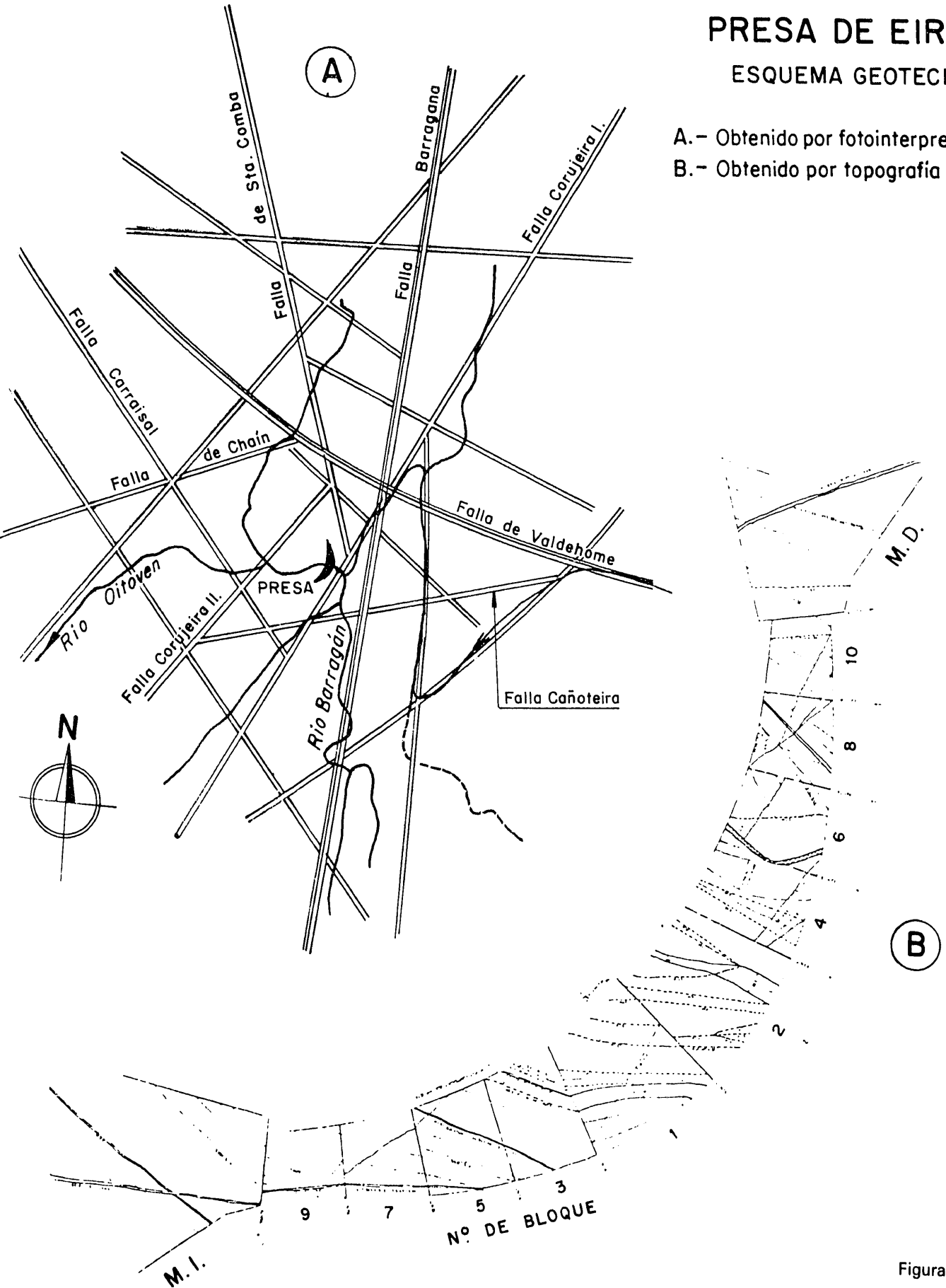


Figura 4.

CONCLUSIONES

Hemos querido destacar, confiemos que con algún acierto, lo ilusorio que resulta hablar de coeficientes de seguridad, cuando estamos refiriéndonos a Presas y Embalses. Contrariamente, el concepto de riesgo resulta más conforme con la realidad, por lo que proponemos su empleo generalizado, pese a su acepción dramática y, fundamentalmente, pues nos lleva de la mano a la conveniencia de estudiar algún tipo de seguro.

Una forma eficaz de minimizar el riesgo es la

AUSCULTACION, con sus múltiples posibilidades; de entre ellas, la AUSCULTACION HIDRAULICA se presenta como la más sencilla, la más ágil y eficaz, a la vez que fértil en posibilidades de investigación y, con el amparo de una imaginación consciente, como una puerta abierta para salir del quietismo científico.

Y en el centro del problema, el hombre que sabe hacer suyo el aforismo de Epicuro: «Muéstrase gratitud a la Naturaleza porque hizo fácil de procurar lo necesario y difícil de obtener lo superfluo».

