

CONCIERTO DE INYECCIONES Y DRENES PARA AMINORAR LA SUBPRESION EN LAS PRESAS DE GRAVEDAD

Por MANUEL VIDAL PARDAL

Ingeniero de Caminos.

Lejos de nuestro ánimo pretender que el concierto de inyecciones y drenes que venimos proponiendo se componga exclusivamente de notas agudas, nos conformamos con que contenga el menor número posible de notas graves.

Antecedentes.

Es problema ingenieril aminorar, cuanto se pueda, los efectos de la subpresión en las presas con la conjunción armónica de los diversos dispositivos de todos conocidos, para proyectar sus dimensiones estrictas.

Los trabajos realizados por la Jefatura de Sondeos han proporcionado gran experiencia a este respecto, habiendo conseguido mejorar el conjunto del sistema encaminado a aminorar los efectos de la subpresión y a cortar filtraciones en el terreno o en la obra, en presas ya construídas o en construcción, así como han contribuído al conocimiento de la situación de la obra en cuanto a los complejos efectos a que está sometida.

Con la acertada y hábil dirección del Ingeniero Jefe del Servicio, orientándonos y estimulándonos unas veces, fomentando la competencia entre los Ingenieros encargados, otras, se ha conseguido profundizar en el problema, lo que ha plasmado en el perfeccionamiento de los dispositivos. Es obvio afirmar que a ello han contribuído, eficazmente, cuantos compañeros han tenido trabajos relacionados con las presas, entre los cuales se cuentan los de las Confederaciones y Servicios Hidráulicos, todos los de la citada Jefatura de Sondeos y los de las Sociedades dedicadas a esta especialidad.

Merece destacar la gran influencia ejercida sobre nosotros por un eminente Ingeniero, que hoy ocupa un alto cargo, el cual, con sus inquietudes sobre el problema, avivó las nuestras.

En el Apéndice que se acompaña figura una sucinta historia de los estudios de síntesis realizados por el Ingeniero D. José Luis Fernández Casado y por el autor de estas notas, donde puede observarse la coincidencia de criterio en unas cosas y la disparidad del mismo en punto que nos parece importante, y por lo cual insistimos, máxime que por algunos se ha considerado el procedimiento expuesto en su *Sinfonía de la Inyección*, como perfecto y definitivo (con cierto carácter oficial, por haber aparecido en publicación de la Jefatura de Sondeos), siendo así que hasta su

mismo autor lo considera, modestamente, "como un conjunto de sugerencias o puntos de partida" (página 15).

Se refiere la discrepancia a la cuestión de si deben emplearse los mismos conductos como drenes y como vehículos de la inyección, o bien si deben diferenciarse, asignando a cada cual su cometido.

Conductos de inyección y drenes en los lugares adecuados.

Nuestro criterio es que deben independizarse uno y otro dispositivo — inyecciones y drenes —, colocando éstos fuera de la zona inyectada o a inyectar.

Ello no significa derrocar el sistema clásico: *drenes y pantalla impermeable entre aquéllos y el paramento mojado*, sino adaptarle al eficaz procedimiento de impermeabilización de la pantalla y rastrillo mediante inyecciones.

En el sistema clásico la pantalla impermeable se conseguía disponiendo una parte más rica y más cuidadosamente tratada en la zona de la fábrica comprendida entre el paramento y los drenes.

Al consagrarse como práctica constructiva eficiente el uso de las inyecciones para conseguir la impermeabilidad de la pantalla, o corregir la conseguida con los procedimientos corrientes, exige el aumentar el ancho de la misma para que aquéllas sean eficaces. El disponer los drenes fuera de esta zona, equivale a acoplar el sistema clásico a la modalidad del empleo de las inyecciones.

El sistema de dejar los conductos de inyección limpios es conveniente, por razones de control de niveles, pero equivale a suprimir, prácticamente, los drenes, pues en zona inyectada la eficacia de los conductos como tales drenes resulta muy dudosa.

Si hay que sanear un terreno por el sistema de drenaje, no se nos ocurriría colocar el dren en la parte impermeable de arcillas, sino en la permeable de arenas (fig. 1.^a).

Situación eficaz de los drenes en la presa: separados de la zona reservada a la pantalla de inyecciones.

Utilicemos el símil, ya empleado, del campo magnético. En el campo, nacido como consecuencia de las subpresiones que origina el agua que se infiltra procedente del embalse, podemos decir que el efecto de la disposición del dren en las presas es análogo al que produce la introducción de una barra de hierro en el

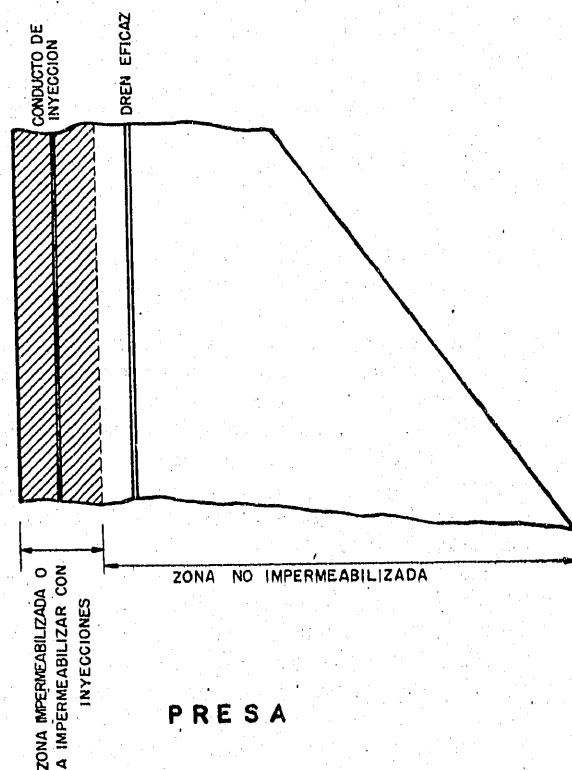
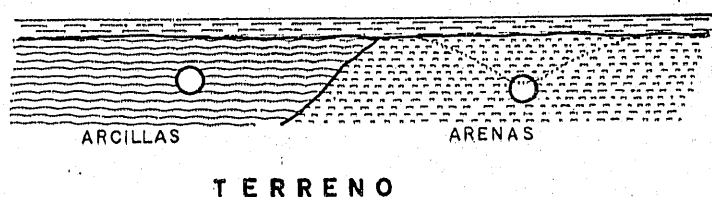


Figura 1.ª

referido campo magnético (fig. 2.ª): se origina una succión en el mismo concentrando las líneas de inducción, atrayéndolas hacia aquélla.

Con las inyecciones también se modifica dicho campo, en el sentido de disminuir la densidad de las líneas de corriente, es decir, que con sus efectos se consigue dejar pasar con menor facilidad el "flujo", como consecuencia de haber disminuído el "coeficiente de conductibilidad", nunca mejor llamado de "permeabilidad".

Si utilizamos los conductos de inyección como drenes, aun con el sistema de terminar las inyecciones con agua en su etapa final, para dejar limpio el tala-

dro e incluso parte de sus alrededores, no cabe duda — pues ese es el objetivo perseguido al inyectar — que se ha conseguido dejar una zona (teóricamente la rayada en la figura 3.ª) en la cual la impermeabilidad conseguida ha tenido como consecuencia disminuir — prácticamente anular — las líneas de corrien-

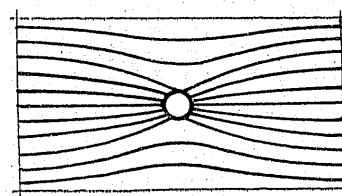


Figura 2.ª

te, y, por tanto, la eficacia del dren es también prácticamente nula si lo colocamos en esa zona (figs. 4.ª y 5.ª).

Los caminos que puede seguir el agua que se infiltre del embalse no son siempre fisuras con extensión superficial suficiente para cortar los conductos de inyección. Por ello, no pueden utilizarse como drenes ni como nuevos conductos de inyección para corregir las filtraciones que se acusaran. En la realidad,

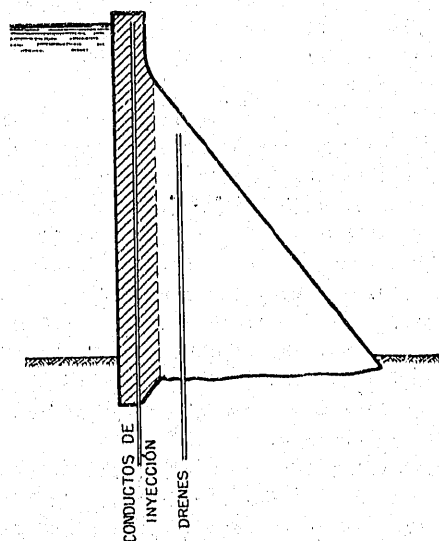


Figura 3.ª

los caminos que puede seguir el agua sortearán, en muchos casos, por su forma y dimensiones caprichosas, el paso por los conductos (fig. 6.ª). Por este motivo podemos tener campo importante en la zona de aguas abajo a la inyectada, y los conductos de inyección pueden no servir de aviso ni de nuevos conductos de inyección eficaz, pues, para esto es preciso que los laberintos por los cuales pasa el agua del embalse hayan atravesado la zona próxima a los taladros,

cosa poco probable, porque normalmente esta zona es la mejor impermeabilizada por la inyección preliminar.

Todo el que ha practicado labores de impermeabilización de presas conoce la serie de taladros intermedios a los planeados y ejecutados, a veces en dos y más filas, que es preciso realizar, con sus correspon-



Figura 4.^a

dientes inyecciones, para cortar filtraciones y que no siempre se consigue totalmente.

Aun cuando con la pantalla inyectada hemos anulado o aminorado sensiblemente el efecto de la subpresión en la zona más peligrosa de aguas arriba, por la disminución de la superficie actuante, no tenemos la seguridad de haber eliminado completamente el peligro de las subpresiones, que pueden tener lugar en la zona más permeable, inmediata a la de la pantalla,

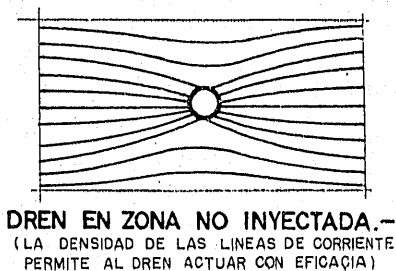


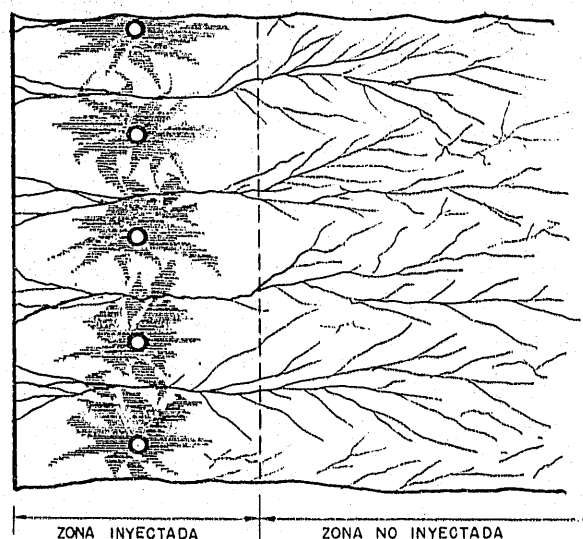
Figura 5.^a

como consecuencia de las filtraciones que escapan al control de los taladros de inyección.

Curvas índice de máximas subpresiones.

La medida de las subpresiones es difícil de conseguir. Nosotros lo intentamos hacer mediante una serie de taladros dispuestos en el perfil transversal de la presa, que nos permitió controlar los niveles del agua en el interior de los mismos, habiendo deducido la forma de la curva que, sin poder llamarla propiamente línea de subpresiones, creemos que da una idea aproximada de su disposición. En las figuras 7.^a, 8.^a y 9.^a reproducimos esas curvas para distintos perfiles examinados.

La subpresión alcanza su máximo fuera de la zo-



SECCIÓN HORIZONTAL POR LA PRESA

Figura 6.^a

na impermeabilizada, pareciendo indicar que hay pasos de agua desde el embalse, no acusados por los taladros colocados en la zona más impermeable, a pesar de su separación de 2,50 m. que es la normal para efectuar inyecciones, y no obstante haber efectuado triple fila de conductos de inyección.

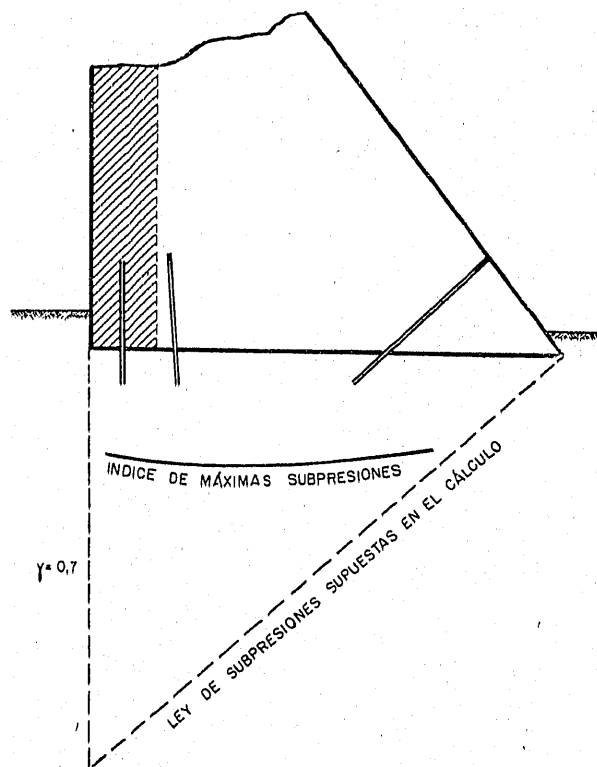


Figura 7.^a

Consecuencias prácticas del presente estudio.

La forma de estas curvas confirma, de un modo experimental, los razonamientos hechos a favor de situar los drenes fuera de la zona impermeabilizada o a impermeabilizar, mejor que pretender utilizar como tales los conductos que sirvieron para inyectar.

Conviene dejar los conductos de inyección limpios para medir los niveles en su interior, pero interesa además disponer una fila, al menos, de drenes, desembocando superiormente en galería baja en la zona inmediata aguas abajo a la impermeabilizada, coincidiendo con el máximo de la curva antes citada (figura 10).

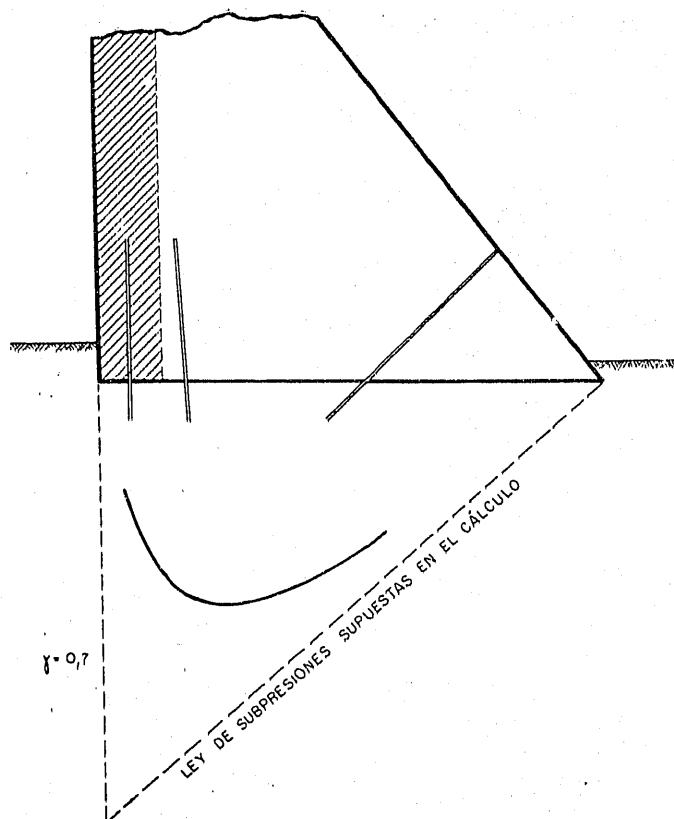


Figura 8.ª

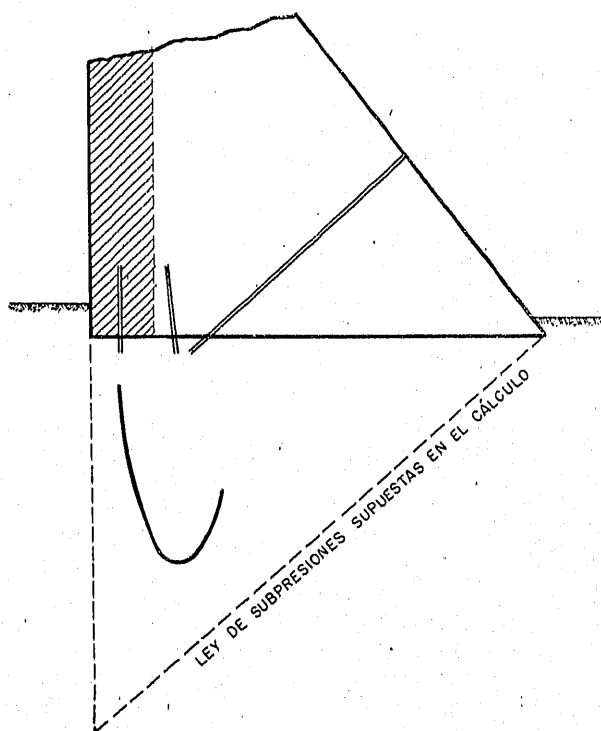


Figura 9.ª

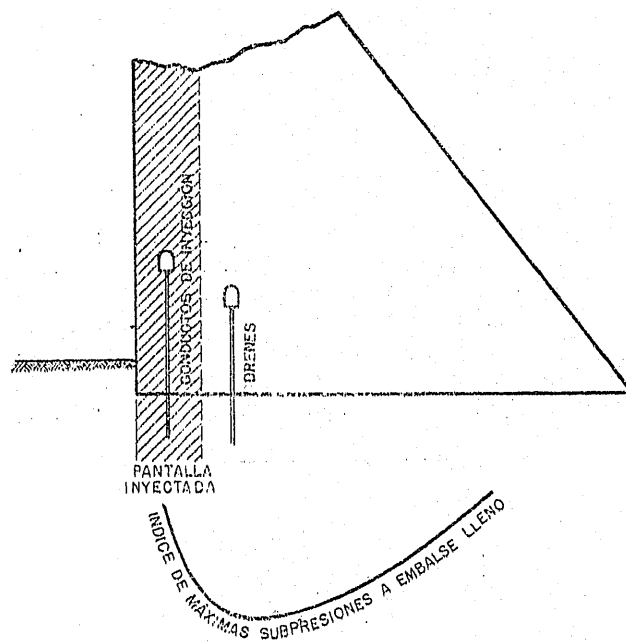


Figura 10.

Los conductos de inyección pueden ser de pequeño diámetro, el conveniente para efectuar la inyección y posterior medida del nivel del agua en su interior, digamos de unos 60 mm. de diámetro, pero los drenes de la zona fuera de la pantalla interesa sean de diámetro que permita el paso de las coronas para prolongarles a través del terreno. Como por otra parte opinamos que los citados drenes en la zona baja de la presa, si se ponen en carga, conviene sean del mayor diámetro posible con arreglo a las coronas corrientes de las sondas, digamos 90 a 120 mm. de diámetro.

Propuestas que hacemos como consecuencia de los estudios de síntesis realizados.

Primera. — En las presas de gravedad deben disponerse galerías en la zona próxima al paramento de

aguas arriba, coincidiendo sus ejes en un mismo plano vertical para disponer o practicar entre ellas los conductos de control de la permeabilidad y de posibles inyecciones.

Desde la galería inferior los conductos se prolongarán a través del terreno para efectuar las imprescindibles inyecciones de cosido y de rastrillo o pantalla, con la importancia que la geología del terreno y el reconocimiento con sondeos aconsejen.

Segunda. — Fuera de la zona reservada a las inyecciones, se dispondrá otra galería o galerías con conductos, cuya misión es drenar y controlar las posibles filtraciones remanentes, a pesar de las inyecciones que se hayan efectuado, contribuyendo a aminorar los efectos de las subpresiones.

Desde la galería inferior deberán, asimismo, prolongarse a través del terreno los citados drenes.

Tercera. — Respecto a la forma constructiva de disponer los conductos y los drenes, interesa hacerlo de modo que sirvan de control de la permeabilidad de la fábrica durante el período constructivo, para lo

cual deben efectuarse pruebas de permeabilidad a lo largo de los mismos que aconsejen las modificaciones precisas en la dosificación o puesta en obra, e incluso la práctica de inyecciones en la zona de pantalla a través de los conductos de inyección.

Cuarta. — Deben efectuarse continuas observaciones y estudios de los niveles de agua en el interior de los conductos y drenes, así como sistemáticos aforos de las filtraciones desde que comienza a embalsarse, para conocer en todo momento la situación de la obra con vistas al perfeccionamiento de la misma y de las que se proyecten en el futuro.

Quinta. — El mejor conocimiento de las leyes de subpresión y la adopción de los dispositivos más convenientes de inyecciones y drenes que permitan acoplar la realidad a lo proyectado, autorizará a adoptar unos ponderados coeficientes de subpresión con la consiguiente economía en el volumen de las presas, tanto más interesante cuanto las cerradas posibles en los ríos van reuniendo cada vez peores condiciones topográficas, como consecuencia de elegir primero, como es lógico, las más favorables.

APENDICE

En la función musical nuestra actuación
ha sido como partiquino, pero ha existido.

Historia.

En nuestro estudio "Influencia de las inyecciones en el estado elástico de la Presa" (REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, mayo de 1953) quedó analizada la influencia de las inyecciones, pasando revista a los diversos esfuerzos a que la presa está sometida y viendo en qué sentido quedaban modificados con las inyecciones.

Para control de los efectos conseguidos por éstas, proponíamos la reperforación de los drenes obturados con los productos de aquéllas o la perforación de nuevos taladros.

Dábamos cuenta del ensayo que realizábamos acerca de la colocación de unos tapones de madera en las extremidades de los drenes que desembocaban en las galerías y que, atravesados por unos tubos, permitía inyectar por ellos arcilla, para proceder después a la inyección y que el dren pudiera ser de nuevo fácilmente destaponado y vaciado.

En la última de las conclusiones de este estudio proponíamos que en las presas se proyectasen los drenes pensando en la conveniencia o necesidad de efectuar inyecciones en el cuerpo de las mismas para corre-

gir filtraciones futuras, disponiéndoles en forma de poder ser rellenados fácilmente con arcilla, previamente a las inyecciones, y poder ser también fácilmente vaciados una vez terminadas éstas para que sirvieran de control de su resultado.

En el artículo publicado por José Luis Fernández Casado, en el núm. 52 de la revista *Informes de la Construcción del Instituto Técnico de la Construcción y del cemento* (junio-julio de 1953), "Nuevas posibilidades sobre el sistema de drenes", proponía utilizar los drenes como conductores de inyección y entubarlos a su paso por las galerías, disponiendo unas llaves que permitiesen anular su acción de drenaje cuando la altura de agua embalsada no fuese peligrosa para los efectos de subpresión.

Describía el procedimiento para inyectar de forma que el conducto quedase limpio al terminar la inyección y que sirviese de dren.

En la monografía núm. 117, publicada en junio de 1954 por el Instituto de la Construcción y del Cemento, hacíamos un estudio titulado "La subpresión en las presas de gravedad-Inyecciones y drenes", y proponíamos situar los drenes lo bastante alejados del

paramento de aguas arriba de la presa para reservar esa zona a la pantalla de inyecciones, cuyos efectos, combinados con los de aquéllos, permiten adoptar unas leyes de subpresión moderadas con el consiguiente ahorro de volumen de obra.

Elegidos convenientemente la situación del plano de drenes y el valor del coeficiente de subpresión, en la práctica y una vez construída la presa, podremos y deberemos estudiar los niveles de agua en los drenes y en los sondeos de control para formarnos idea de la magnitud del coeficiente de subpresión real conseguido y corregir la permeabilidad, mediante las inyecciones que se precisen, en la zona a ellas reservada hasta conseguir ajustar aquél al adoptado en las hipótesis de cálculo. Todo esto puede hacerse mucho más rápidamente que cuando los drenes están próximos a la pantalla, y, por consiguiente, la presa estará en condiciones de ser sometida antes a los embalses altos.

Se rebatía el procedimiento propuesto por Fernández Casado de utilizar los drenes como conductos de inyección y viceversa, pues su situación próxima al paramento dificulta las inyecciones con embalse alto y fuertes filtraciones. En el trabajo que antecede exponemos motivos, a nuestro parecer, de más valor para rechazar tal propuesta.

En la monografía núm. 163, publicada en noviembre de 1954 por J. L. Fernández Casado con el título "Sobre la necesidad de un cambio de criterio en el proyecto de los dispositivos para aminorar los efectos de la subpresión en las presas", se propone la sustitución del sistema de drenaje del paramento

de agua arriba por una serie de conductos dispuestos análogamente, de diámetro más reducido y en condiciones de poder inyectarse conservando sus dimensiones. Estos conductos tienen una situación definida con relación a las galérías de inspección, deben atravesarlas y prolongarse en la roca de cimentación mediante perforaciones efectuadas con sonda desde la galería inferior.

Mediante el entubado de estos conductos a su paso por las galerías de inspección, puede regularse a voluntad la puesta en servicio del dispositivo y mantener una inspección casi automática del estado de la impermeabilidad en el paramento de agua arriba.

Cree el autor que con el sistema propuesto no se introduce cambio alguno en las cualidades positivas del sistema clásico, y que, sin embargo, se suprimen prácticamente todos sus inconvenientes, permitiendo detectar inmediatamente cualquier anomalía en la permeabilidad de la fábrica y corregirla rápidamente.

El mismo ingeniero escribe, en enero de 1955, en una de las publicaciones de la Jefatura de Sandeos, su artículo "Sinfonía de la Inyección", donde sintetiza y amplía los métodos propuestos en los estudios anteriores y aconseja la adopción de dispositivos (drenes y galerías) en otros planos más alejados de la zona de pantalla.

Aunque en este estudio se admite ya nuestra proposición de situar los drenes en lugar alejado de la zona propiamente de inyección (primer párrafo del capítulo de la página 10), se hace como cierta concesión sin importancia, pues se mantiene la preponderancia de la eficacia de los conductos de inyección.