

Corte de la filtración de pie de presa en el embalse de Contreras

Por JOSE SANCHO-TELLO BAGUENA
PABLO SAHUN MOLINA
CARLOS DE JAUREGUIZAR GARCIA

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Se describe en este artículo la evolución de la importante filtración que, poco después del comienzo del llenado del embalse, apareció al pie del estribo izquierdo de la presa de Contreras con un caudal en aumento continuo hasta cerca de quinientos litros por segundo, así como todo el proceso que condujo a encontrar su camino y a su corte final.

No ha sido la única filtración. Algunas menos importantes aparecieron y fueron taponadas sin especiales dificultades; otras aún subsisten, especialmente las poco definidas pero muy importantes que al parecer afloran en el cauce del río unos catorce kilómetros aguas abajo de la presa y que están siendo objeto de estudio. Pero la que se describe se considera de especial interés tanto por su importancia como por su situación, el original camino que seguía y la complejidad de las operaciones que fueron necesarias para conseguir su taponamiento.

1. ANTECEDENTES

El embalse de Contreras está situado en el río Cabriel, afluente del Júcar por su margen izquierda y el más importante de todos ellos. Nace en el macizo montañoso situado a caballo entre las provincias de Teruel y Cuenca, en el que también nacen el Tajo, el Júcar, el Guadalaviar (más aguas abajo Turia) y otros ríos de menor importancia.

La presa de cierre se ubica junto al puerto de Contreras de la antigua carretera N-III Madrid-Valencia, en el límite de las provincias de Valencia y Cuenca ya que el río constituye la divisoria entre ambas. La superficie de la cuenca afluente al embalse es de 3.331 Km², con una aportación media anual de 592 Hm³ equivalente a un caudal medio continuo de algo menos de 19 m³/segundo, siendo la capacidad útil del embalse de 874 Hm³; se trata, por tanto, de un embalse de regulación interanual con la finalidad primordial de regular el río Cabriel para el mejor aprovechamiento de sus aguas. Sus usos son múltiples: principalmente el incremento de los riegos de la importante superficie de la huerta de Valencia servida por el Júcar, pero también la producción de energía eléctrica mediante la central de pie de presa —ya en funcionamiento— y el abastecimiento de aguas a Valencia y su zona de influencia a través del canal Júcar-Turia que puede

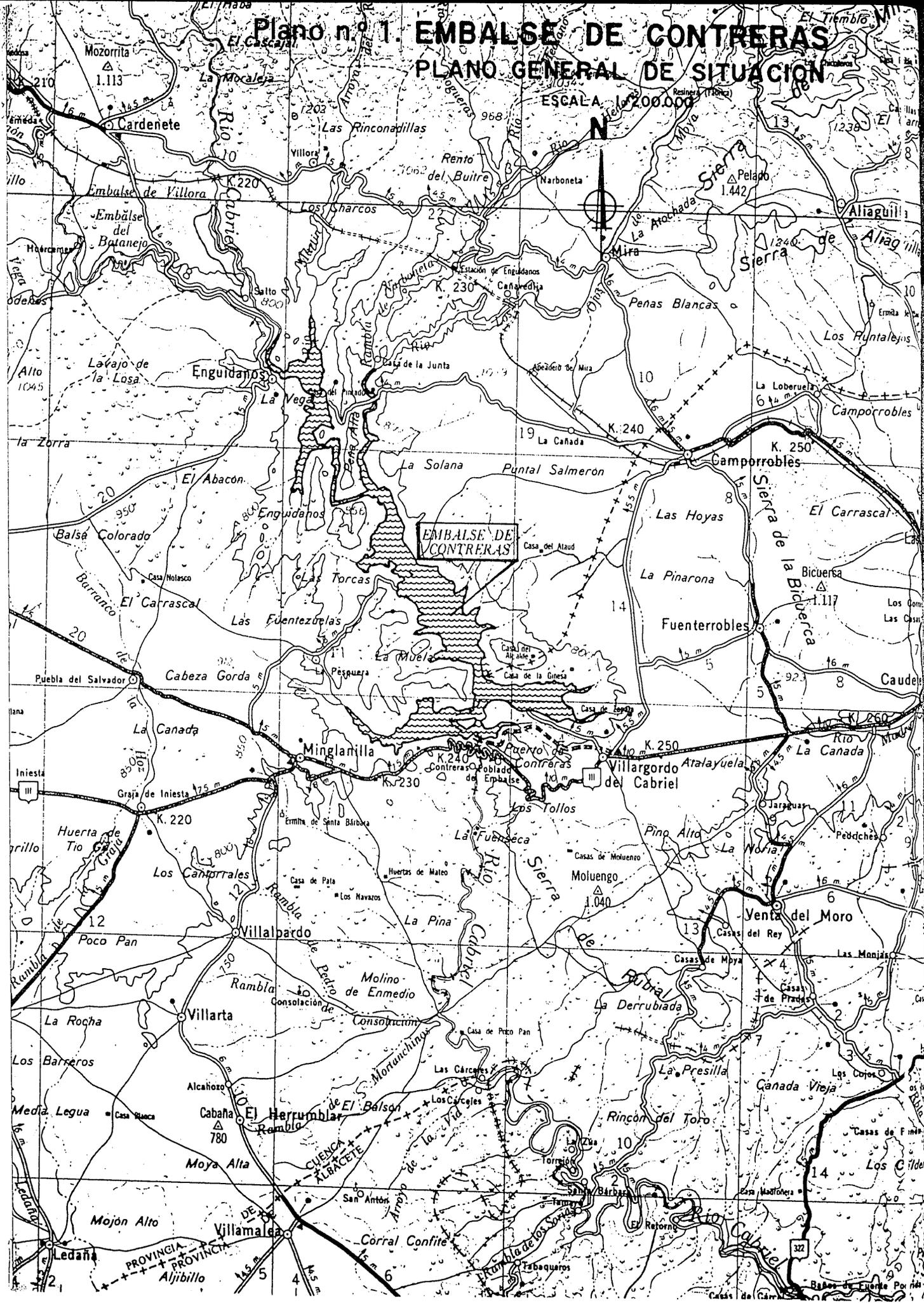
trasvasar las aguas del primer río al segundo, aunque ninguno de estos usos están asignados a Contreras con carácter exclusivo. La cota de máximo embalse normal es la 669, con posibilidad de una sobre-elevación circunstancial máxima hasta la 673 si alguna vez llegara a verter una lámina de 4 m. de altura sobre el aliviadero auxiliar de lámina libre.

Para la formación del embalse ha sido necesario construir dos presas. La principal, sobre el propio río, es de gravedad y planta recta, 241 m. de longitud en coronación, 129 m. de altura sobre cimientos y 114 m. sobre el cauce del río; la auxiliar o complementaria se construyó para el necesario cierre del llamado Collado de la Venta, y es también de gravedad pero con planta curva cóncava del lado del embalse, 43 m. de altura sobre cimientos y perfil sensiblemente isósceles y muy robusto ante la presencia en la cimentación de margas con ligeras incrustaciones de yeso que obligó a adoptar precauciones especiales. Ambas presas se han utilizado además para que el nuevo trazado de la carretera N-III cruce el valle del Cabriel sobre su coronación; la curvatura de la del Collado —hasta cierto punto antinatural— obedece en parte a necesidades del trazado de la carretera y en parte también a la conveniencia de retirar la presa del borde de la escarpada ladera entre el Collado y el río, protegida posteriormente con un manto de arcilla protegido a

Plano n.º 1. EMBALSE DE CONTRERAS

PLANO GENERAL DE SITUACION

ESCALA 1:200.000



EMBALSE DE CONTRERAS

PROVINCIA DE SALAMANCA

PROVINCIA DE ALBACETE

... vez mediante escollera que se extiende hasta la margen opuesta del río.

No es objeto de este artículo la descripción detallada de las presas y sus instalaciones, por lo que solo añadiremos que el embalse dispone de dos aliviaderos de superficie: el principal sobre la coronación de la presa con tres vanos de 10 m. cerrados por otras tantas compuertas Taintor, con labio a la cota 664, y el auxiliar en pozo lateral, labio a la cota 669 y lámina libre; entre ambos y con el embalse a la cota 673 (máximo nivel extraordinario sobre el que todavía queda un resguardo de 6 m. hasta la coronación de las presas) pueden evacuar un caudal de 2.475 m³/segundo, que es la avenida transformada de otra de 3.000 m³/segundo a causa del efecto regulador del embalse. La central de pie de presa —ubicada en el interior de la presa principal, bajo el escarpe del vertedero— consta de dos grupos de eje vertical, con turbinas Francis para caudal máximo de 55 m³/segundo cada una y alternadores con una potencia conjunta de 75.000 Kw., oscilando la altura del salto entre un máximo de 102 m. y un mínimo de 60 m.

La ejecución de las obras comenzó en 1958. Tras diversas vicisitudes originadas por las necesarias modificaciones del proyecto primitivo que requirieron la redacción de tres proyectos reformados y de otros diversos de obras complementarias, en enero de 1973 se procedió al cierre del túnel de desvío y, consolidado adecuadamente dicho cierre, a fines de marzo del mismo año dio comienzo al llenado del embalse.

2. ESQUEMA GEOLOGICO

Se comprende que la gran importancia de esta obra y la enorme complicación geológica que toda la zona presenta dieran lugar a profundos estudios geológicos previos que, naturalmente, no son del caso, ni siquiera un resumen, que por ligero que fuera saldría de los límites de este artículo. De esta complicación geológica da clara idea el plano geológico general que presentamos con el n.º 2.

Ciñéndonos a las inmediaciones de la presa principal, bajo la cual pasaba la filtración que apareció junto al pie de la ladera izquierda, señalaremos que está situada en la rama invertida de un sinclinal volcado cuyo eje es transversal al cauce del río.

En el corte geológico transversal a la presa, tomado de uno de los estudios a que hemos hecho referencia y que presentamos en el plano n.º 5, se aprecia la sucesión normal descendente:

Calizas arenosas	Aptense	Ap
Margas y arcillas ocre y azuiadas o grises	Barreniense Neocomiense	MW
Calizas en bancos delgados	Malm Dogger	DM
Dolomías y calizas dolomíticas	Lías superior	L ₃

Sucesión que en las laderas donde estriba la presa se presenta con toda claridad.

En orden a la permeabilidad, lo es en grado importante el paquete de dolomías y calizas dolomíticas de *Lías superior* L₃. Es prácticamente impermeable el tramo de calizas en bancos delgados del *Dogger Malm*, DM. Finalmente aún son en mayor grado impermeables las margas y arcillas del *Neocomiense Barreniense*, MW.

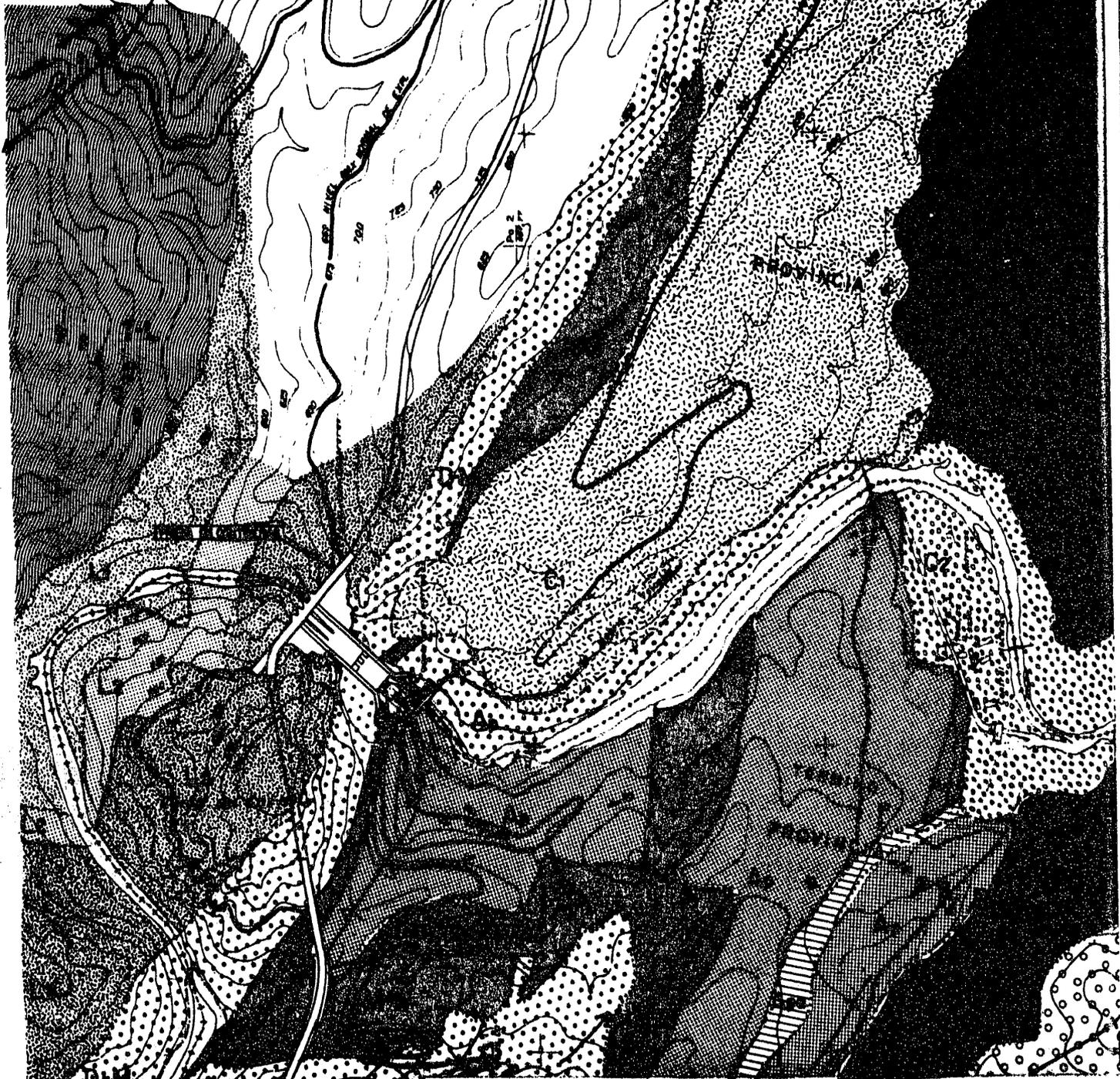
Se aprecia muy claramente en el citado plano n.º 5 como la rodilla de las margas del *Barreniense-Neocomiense* MW presenta una prolongación en cuchillo que, prácticamente, atraviesa el paquete de las calizas del *Dogger Malm* hasta conectar muy probablemente con las dolomías del *Lías superior*, L₃. Esta configuración se detectó con la serie de sondeos de reconocimiento que se perforaron para determinar el camino de la filtración, pues en el plano original no figuraba (lo que por otra parte es bastante lógico).

Entendemos que la anomalía descrita es la causa de la filtración, que encontró en ella la necesaria discontinuidad, en el paquete del *Dogger Malm*, para convertirla en el camino de fuga conectado con las dolomías del *Lías* del fondo del embalse junto a la presa, cuya gran permeabilidad ya hemos señalado antes.

3. PROCESO DE LA FILTRACION

El día 1 de mayo de 1973, con el embalse a la cota 599,50 (31,50 m. sobre el cauce) fue detectada la filtración a que hace referencia este artículo merced al dren colocado a lo largo del canal de desagüe de la central de pie de presa, que afluye a un pozo de bombas en el cual desemboca igualmente la galería perimetral del recinto de la central. La filtración fue observada directamente en la salida de dicho dren, que antes de su aparición daba un caudal prácticamente nulo.

Plano n.º 2. EMBALSE DE CONTRERAS
 PLANO GEOLOGICO GENERAL
 Escala 1:50000



SIGNOS CONVENCIONALES
 LITOLOGIA

	INFRALIASICO ARCILLAS MARRAS Y YESOS		NEOCOMIENSO - BARRIEMENSE MARRAS Y ARCILLAS, YESOS Y LAMAS CON NIVELES ARENOSOS Y LIBRANQUEOS ARCILLAS Y MARRAS ROJAS		PALEOCENO ARCILLAS Y MARRAS ROJAS CON SULFAS ARENAS Y YESOS
	LIÁSICO CALIZAS EN BANDOS DELGADOS CON NIVELES ARRABADOS PORLIFEROS (LAME LIBRANQUEOS)		APTENSE CALIZAS ARENOSAS Y CALIZAS MUY PORLIFERAS (CRISTALINAS, TOUCASIS Y LAME LIBRANQUEOS)		MIOCENO - PLIOCENO CONGLOMERADOS CALIZOS, ARCILLAS MARRAS ROJAS, ARENAS Y GRAVA
	LIÁSICO CALIZAS TABLADAS		APTENSE NIVELES ARENOSOS		CUATERNARIO DETRITICOS DE PIE DE MONTE
	LIÁSICO DOLOMITAS Y CALIZAS DOLOMITICAS		ALBREÑENSE ARENAS Y ARENISCAS BLANCAS Y ARRABRADAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y LIBITOS		CUATERNARIO TERRAZAS Y DEPOSITOS ALUVIALES
	DOÑER - MALM CALIZAS EN BANDOS DELGADOS MUY PORLIFERAS (AMONITITAS, BRAGIOLITAS Y ESPONJAROS)		CRETACICO SUPERIOR CALIZAS Y DOLOMITAS CON INTERCALACIONES MARRAS		
	CONTACTO NORMAL	ESTRUCTURA			EJE ANTICLINAL
	CONTACTO DISCORDANTE				EJE SINCLINAL
	CONTACTO MECANICO				FALLA INVERSA
	FALLA				DIRECCION Y ANGULO DE SUZAMIENTO

El caudal de la filtración —evaluado inicialmente en 15 litros/segundo— fue incrementándose rápidamente de la siguiente forma: 18 de mayo, 53 litros/segundo; 5 de junio, 80 litros/segundo; 7 de julio, 116 litros/segundo; 27 de julio, 140 litros/segundo; 26 de septiembre, 160 litros/segundo; 15 de enero de 1974, 200 litros/segundo; 5 de febrero, 226 litros/segundo; 5 de marzo, 240 litros/segundo; 1 de abril, 245 litros/segundo. Después de unos días casi estabilizado experimenta un aumento brusco alcanzando los siguientes caudales: 7 de mayo de 1974, 365 litros/segundo; 18 de junio, 380 litros/segundo; 23 de julio, 390 litros/segundo; 17 de septiembre, 398 litros/segundo y 22 de octubre, 410 litros/segundo. A partir de esta última fecha la filtración empieza ya a ser manipulada por el comienzo de las operaciones preparatorias de su corte que se describirán en epígrafes sucesivos; así por ejemplo, en 26 de noviembre de 1974 había aumentado a 475 litros/segundo a consecuencia de la ejecución de dos taladros próximos a su entorno que le aportaban un caudal suplementario, reduciéndose de nuevo a 425 litros/segundo en 11 de marzo de 1975. Con posterioridad a esta fecha y a consecuencia de la ejecución de inyecciones preparatorias del corte se redujo el caudal a unos 215 litros/segundo, quedando prácticamente estabilizado alrededor de este valor hasta iniciar en enero de 1977 y sin causa clara un nuevo aumento con los valores siguientes: 20 de enero de 1977, 265 litros/segundo; 10 de marzo, 350 litros/segundo; 5 de mayo, 390 litros/segundo; 6 de octubre, 430 litros/segundo y 3 de febrero de 1978, 480 litros/segundo, manteniéndose posteriormente alrededor de este último valor hasta conseguir su corte.

Una primera medida que hubo que tomar urgentemente fue la ejecución de varios taladros que permitieran desaguar por gravedad la filtración al canal de desagüe de la central y evitar los riesgos de inundación de esta, tanto por posibilidad de avería de bombas como por insuficiencia de las instalaciones fijas de bombeo. También se adoptaron con la rapidez posible medidas y dispositivos para poder controlar el caudal de la filtración, aunque inicialmente fuera con métodos rudimentarios que paulatinamente se fueron perfeccionando.

Inicialmente se pensó como causa más probable de la filtración en la existencia de alguna grieta o fisura en la ladera de aguas arriba en contacto con el embalse que hiciera el efecto de un aliviadero (lo que hubiera sido muy lógico dada la atormentada geología de Contreras); por ello se realizaron varias pruebas a base de isótopos radiactivos, que llevó a cabo el Gabinete de Aplicaciones Nucleares de la

Dirección General de Obras Hidráulicas, con el fin de tratar de establecer una relación directa entre el agua del embalse y la de la filtración. Pero estas pruebas —repetidas en más de una ocasión— dieron reiterados resultados negativos, ante los cuales hubo que pensar en otros procedimientos que al fin permitieron determinar el camino de la filtración como paso previo para conseguir su corte, según se describirá seguidamente con mayor detalle aunque anticipamos que las operaciones culminaron en 18 de septiembre de 1980 con el corte total de la filtración.

Terminamos esta descripción del proceso de la filtración haciendo constar que —si bien el nivel del embalse estuvo aumentando ininterrumpidamente desde el comienzo de la explotación hasta julio de 1975 en que empezó a funcionar la central hidroeléctrica— nunca pudo establecerse una clara relación matemática entre dicho nivel y el caudal de la filtración, y menos todavía una proporcionalidad directa entre ambos.

4. ACTUACIONES PARA EL CORTE DE LA FILTRACION

Vamos ahora a relatar las sucesivas actuaciones que se llevaron a cabo hasta conseguir el corte de la filtración.

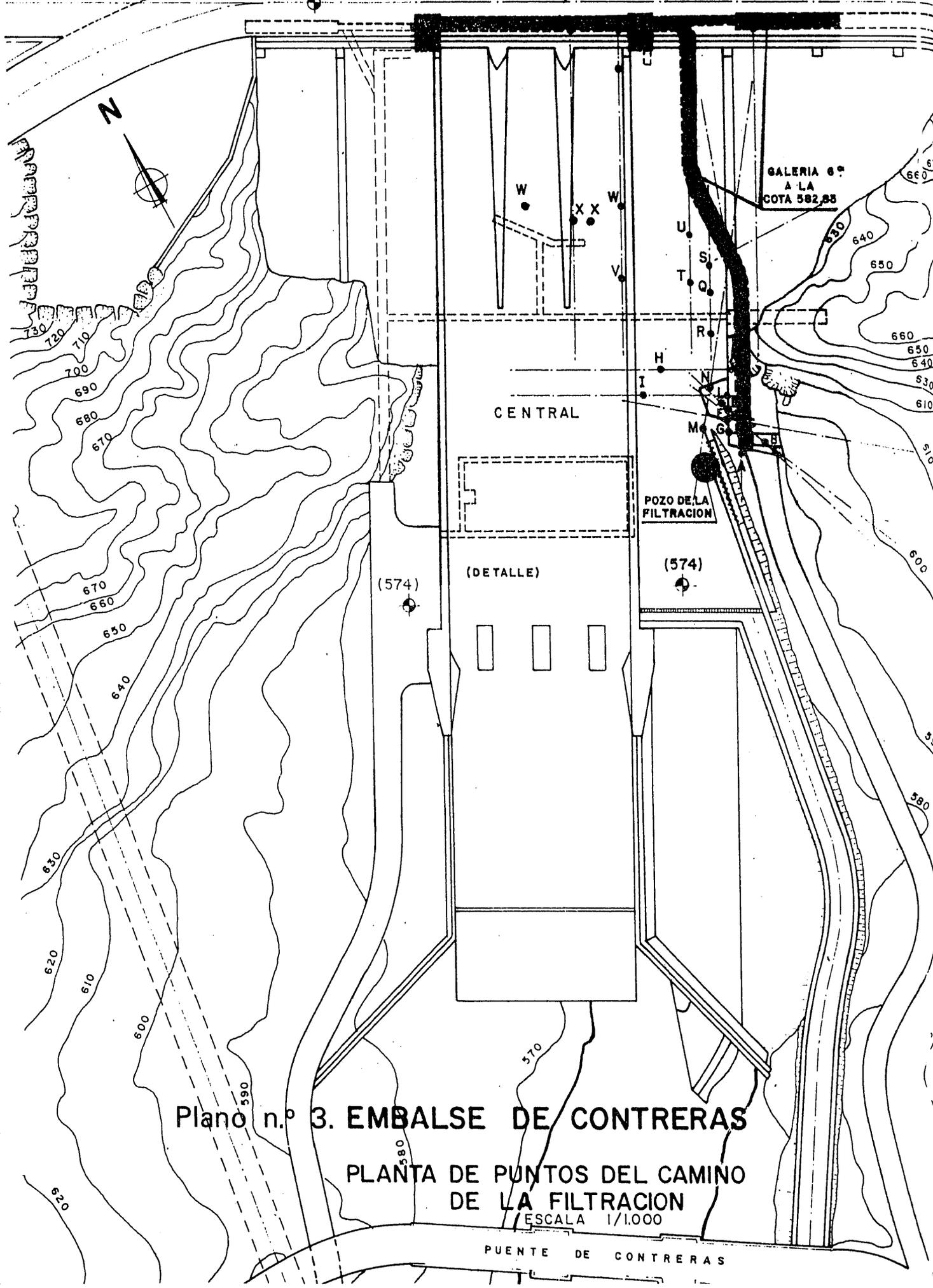
A partir de su aparición y paulatino aumento de caudal, según subía el embalse, se fue persiguiendo, excavando en el relleno que constituye la explanada de acceso a la central de pie de presa. Esta acción terminó con el encuentro de una grieta en el escarpe rocoso calizo de la ladera izquierda a unos 8 m. bajo la rasante del relleno de la explanada (cota de la explanada, 574; cota de la grieta, 566).

Para recoger la filtración en su salida misma del macizo se construyó un pozo adosado a la roca que se profundizó un metro bajo la grieta de la filtración; el diámetro del pozo fue de 5 m. y quedó prácticamente enrasado con la explanada. De este pozo partía un canalillo por el que se evacuaba la filtración hacia el canal de descarga de la central, en el cual se instaló un dispositivo de aforo según ya se ha dicho.

Se pensó que la pantalla de inyecciones que cubría la estribación izquierda de la presa, llevada a alguna mayor profundidad, podría afectar a la filtración, pero no fue así.

En estas condiciones y después de que una primera actuación a base de sembrar profusamente en las inmediaciones agua arriba de la presa con

(679)



Plano n.º 3. EMBALSE DE CONTRERAS

PLANTA DE PUNTOS DEL CAMINO DE LA FILTRACION

ESCALA 1/1.000

PUENTE DE CONTRERAS

razadores radiactivos, no diera resultado, decidimos intentar la localización del camino de la filtración por medios mecánicos a partir de su salida en el pozo.

1. Determinación del camino de la filtración

Inicialmente imaginamos una trayectoria a partir del pozo en dirección normal a la ladera, por lo que se perforó un sondeo vertical en ella desde el camino de acceso a la galería 6.^a (cota 584) que a los 24 m. (cota 560) se conectó con la filtración. Este punto se ha designado con la letra A.

Después, desde la entrada de la galería de acceso se inició la perforación de un abanico de taladros, en un plano vertical, que cortara el camino de la filtración —pozo— A prolongado con lo que uno de dichos taladros conectó con dicho camino. Esta operación —lenta y cuidadosa— se repitió sucesivamente y se fueron obteniendo nuevos puntos del camino de la filtración: B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y. Los puntos obtenidos permitieron dibujar una trayectoria que ganaba profundidad en el terreno, por debajo de la cimentación de la presa, con fuerte pendiente hasta llegar en el W a la cota 430 y quedar a 40 m. del eje de la presa. No constituían un solo itinerario, sino que algunos se interconectaban entre sí.

Todos los taladros se llevaron hasta tocar las margas grises del paquete designado por MW, *Neocomiense-Barreniense*.

En el plano n.º 4-Detalle, se puede ver la situación en planta de los puntos del camino de la filtración respecto a la presa; en él se consignan las orientaciones de los abanicos de taladros y sus vértices de origen.

En el plano n.º 5 se presenta el corte geológico transversal de la presa y los distintos terrenos, como ya se indicó anteriormente, cuyos límites o contactos, tanto los hipotéticos según los datos disponibles hasta entonces como los debidos a estos reconocimientos, ponen de manifiesto la penetración de las margas en cuchillo a través de las calizas del *Dogger Malm* (DM) hasta prácticamente atravesarlas. Por ello al llegar a *Lías superior* (L₃, dolomías y calizas dolomíticas) que es extraordinariamente permeable frente a la práctica impermeabilidad de los otros paquetes citados antes, estimamos se produjo la discontinuidad necesaria para que el agua hiciera de ella su camino de fuga.

Todos los taladros fueron emboquillados con tubos y válvulas de cierre, así como provistos de manómetros. Con ello se podía realizar el juego de ensayos para obtener líneas de presiones y aforo de caudales, de cuyos temas damos una síntesis.

En cuanto a caudales, excepto los A, B, C, D, E y G, cuyos niveles piezométricos quedaban bajo el nivel de galería (584), los demás daban en conjunto 126 litros por segundo, de los cuales 44 litros/segundo correspondían a los taladros W, V, T y S, y 82 litros/segundo al resto; todo ello para un nivel de embalse a la cota 638.

Todos los taladros se perforaron con un diámetro de 60 a 92 mm.

El caudal de la filtración recogida en el pozo era de 460 litros/segundo con todos los taladros abiertos y de 500 litros/segundo con todos cerrados.

Respecto a la línea piezométrica quedaba por encima de la galería 6.^a y su acceso (584), en sentido creciente según se remontaba el camino de la filtración; el taladro W era el último, con un nivel de carga de 4,35 atmósferas sobre galería para una carga estática de 5,4 atmósferas. Su cota de paso del agua W = 430, que frente a la cimentación (569) supone 139 m. bajo ella.

Es interesante señalar que la línea piezométrica a lo largo del camino de la filtración corta la rasante de la galería de acceso a la sexta entre los puntos F y G o entre E y F. Todos ellos están casi en la vertical, especialmente E y F, por lo cual el tramo F-G debe constituir un estrechamiento, circunstancia que después tendremos en cuenta.

En este momento y con los datos obtenidos consideramos que, aun cuando no se había conseguido reproducir el itinerario de la filtración hasta el embalse en su totalidad, sí estábamos seguros de que se podía acometer la inyección en un tramo del camino conocido suficientemente alejado del pozo para no producir ninguna perturbación. Por ello estimamos que dada la profusión de puntos del camino obtenidos sería conveniente una investigación mediante isótopos radiactivos, la cual se llevó a cabo por el Gabinete de Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Sus conclusiones fueron:

Primera. Todos los taladros con agua surgente se encontraban conectados con la filtración.

Segunda. Los puntos F, L y N están alimentados por la misma vía de agua.

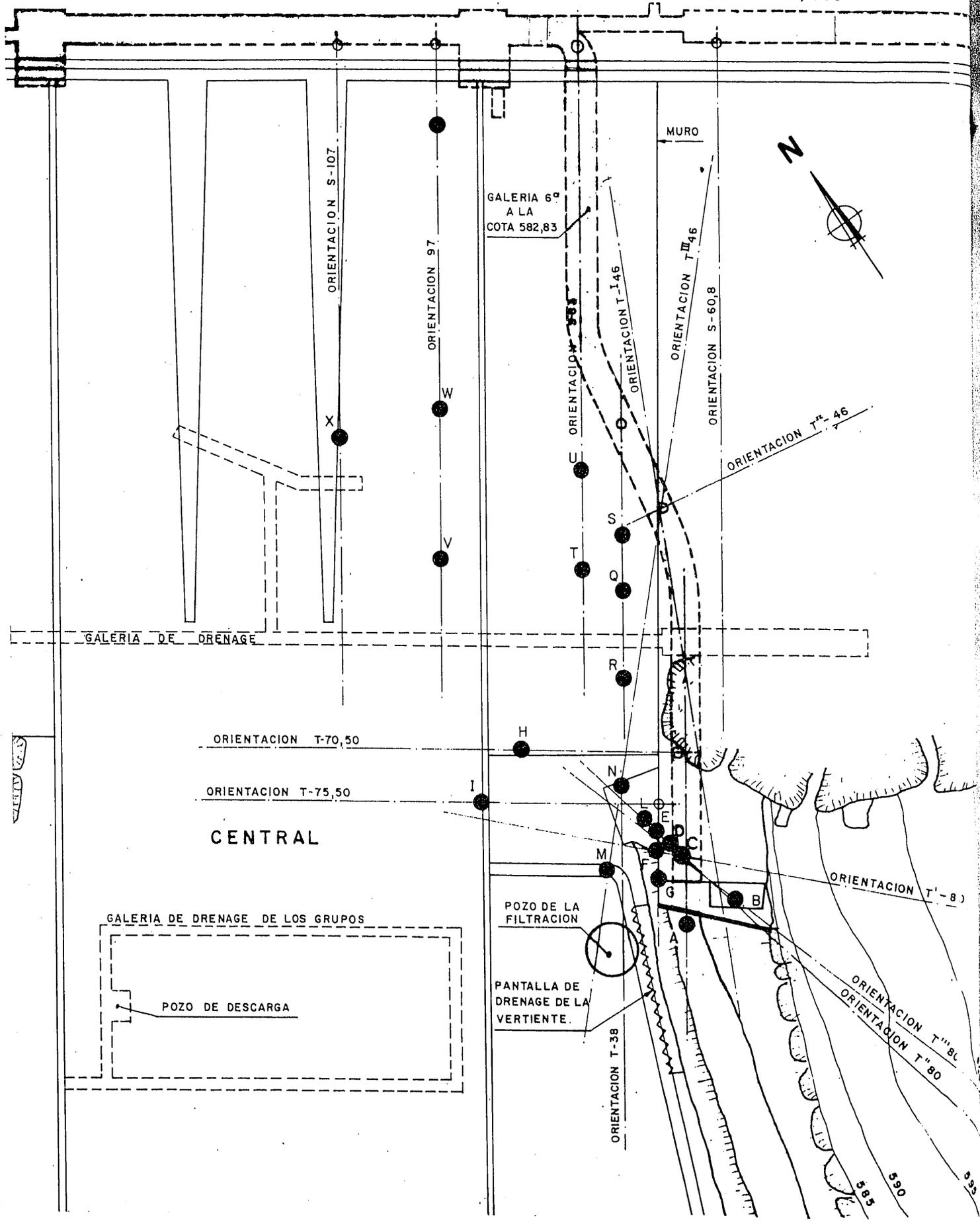
Tercera. Los F, U y V son los más directamente conectados a la circulación del agua.

Cuarta. Los Q, S, T y U parece deban estar en conexión cárstica entre sí.

Quinta. Los I, R y X se encuentran algo más separados del flujo principal.

DETALLE DE PUNTOS DEL CAMINO DE LA FILTRACION
ESCALA 1/500

P R E S A



2. Primera fase de corte de la filtración

Iniciamos, pues, el intento de corte de la filtración en una primera fase.

Se inyectó lechada de cemento con arena y plastificante por los taladros S, T, U, W y X, y cuando el análisis de la filtración en el pozo acusó la salida de arena en cantidad comparable a la inyectada se dio por terminada esta primera fase, cuyo resultado fue el que el caudal de filtración, que estaba alrededor de los 500 litros/segundo antes de la operación, se redujo a 250 litros/segundo.

Pero en este momento se había llegado a una situación crítica entre la velocidad de circulación del agua y el tamaño del grano de la arena, precisándose para continuar o mayor tamaño o menor velocidad. Como el tamaño de la arena no se podía aumentar porque habría producido el atasco de las tuberías de conducción, se decidió disminuir la velocidad de circulación del agua.

4.3. Instalación de tubería y válvula de 500 mm.

Para conseguir disminuir la velocidad se instaló en el pozo una tubería de 500 mm., que se acopló a la grieta por la que salía la filtración en un tramo horizontal y en otro vertical soldado al anterior, hasta alcanzar el brocal del pozo y terminar en curva de aducción, a la que se acopló una válvula compuerta del mismo diámetro y un manómetro. Se terminó la operación rellenando parte del pozo con hormigón. No creemos preciso resaltar la dificultad de esta operación.

Con tal instalación se podría intentar desarrollar una segunda etapa análoga a la primera, previo cierre lento de la válvula para disminuir la velocidad del agua y conseguir que la arena quedara dentro.

4.4. Consolidación y drenado de la ladera

Para asegurar la operación se llevó a cabo una consolidación de la base de la ladera —que en espesor de cierta importancia estaba constituida por derrubios— cuya operación se terminó con una pantalla inclinada de taladros-drenes por encima de la inyectada. El objeto era tratar de conseguir que el terreno de la ladera soportara la presión que el cierre de la válvula produciría y que los drenes recogieran las fugas que pudieran presentarse sin que se afectara la estabilidad de los derrubios.

4.5. Segunda fase de corte de la filtración

Terminados todos los preparativos descritos se inició la segunda fase.

Como en la anterior se inyectó por los mismos taladros y se fue cerrando lentamente la válvula. La presión fue subiendo y con ella empezaron a aparecer humedades en el pie de la ladera que fueron ascendiendo por ella. Los drenes comenzaron a dar agua en mayor cuantía de la prevista y a presión creciente y las humedades se convirtieron en venas de agua. No obstante se continuó hasta que el proceso afectó la estabilidad de los derrubios y hubo desprendimientos que primero fueron pequeños, pero cuando se produjo uno de casi un metro cúbico comprendimos que era temerario continuar y se suspendió el proceso. Se abrió la válvula, que estaba casi cerrada, y con pena tuvimos que ver cómo se restituía prácticamente la situación anterior.

Diremos también que, lentamente, en el tiempo, se fueron recuperando los caudales de filtración anteriores de la operación.

Nuevo período de reflexión y análisis para llegar a nuevas acciones hacia el objetivo de cortar la filtración.

4.6. Limpieza, saneamiento y consolidación de la ladera

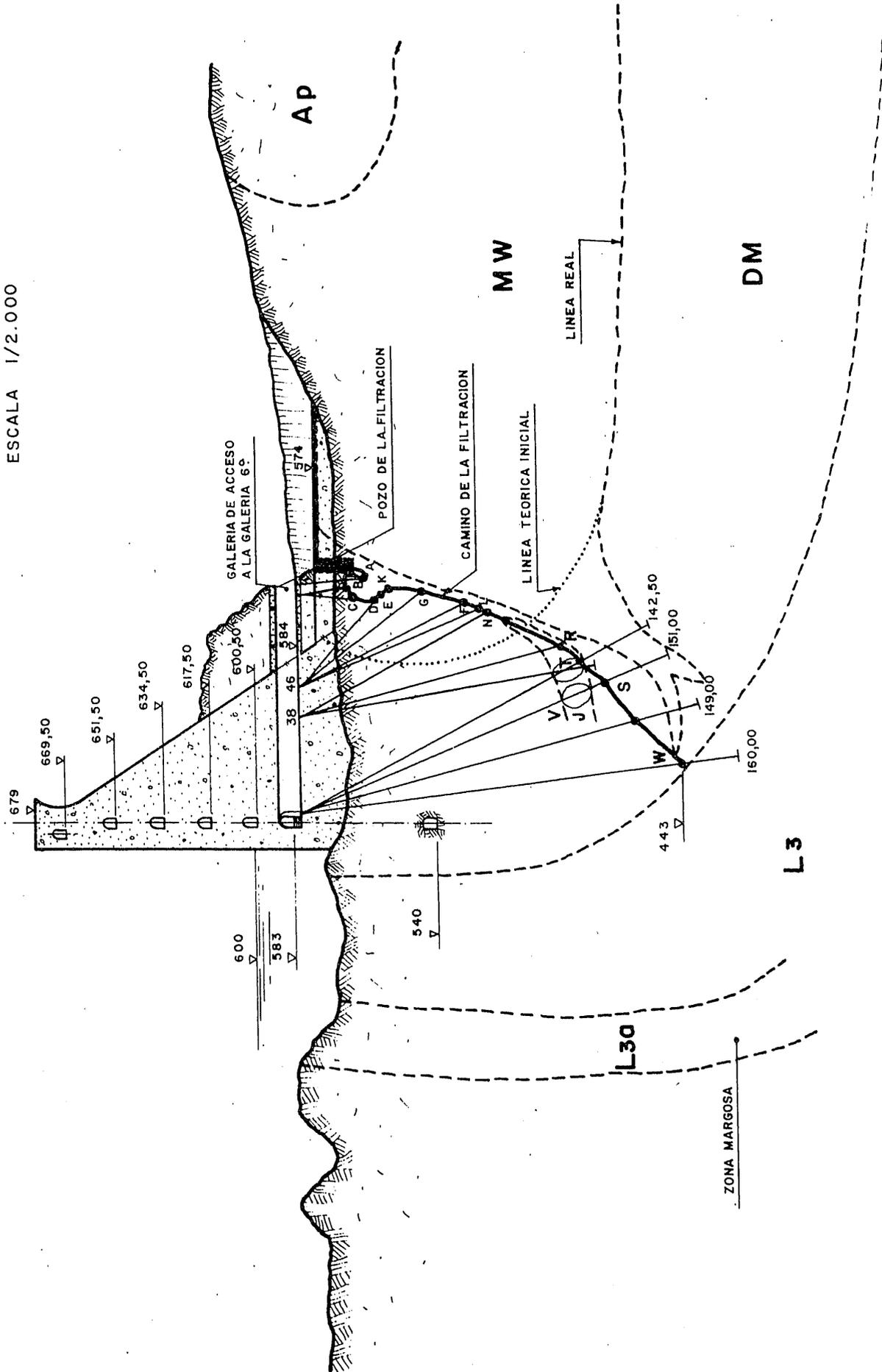
En primer lugar se estudió la constitución de la ladera: derrubios, calizas y margas, cuya inestabilidad a la fluencia del agua fue causa del fracaso del intento anterior. Seguidamente se procedió a excavar y retirar toda la zona de derrubios y roca superficial descompuesta hasta dejar al descubierto un frente de roca de aspecto sano y compacto.

Esta operación permitió detectar una zona con agua al pie del escarpe de la roca —sin duda una derivación de la filtración principal— que debía ser corregida ya que, como es indispensable en operaciones de este tipo, hay que forzar el agua a que siga un camino elegido por nosotros y no por ella. Con esta finalidad se instaló un potente equipo de agotamiento en el pozo de la filtración que permitiera mantener el nivel del agua suficientemente bajo, con lo que efectivamente se comprobó que el agua citada procedía de la filtración; una vez seca la zona encharcada se procedió a sanearla, extraer todos los fangos, limpiarla y finalmente rellenar con hormigón la cueva que con estas operaciones quedó al descubierto.

Terminada la limpieza y saneamiento de las proximidades del pozo de la filtración se procedió por último al tratamiento de la zona mediante inyecciones con mayor densidad que las realizadas anteriormente, como para poder suponer que no se producirían desprendimientos en la nueva fase. Los alrededores del pozo fueron asimismo inyectados.

Plano n.º 5. EMBALSE DE CONTRERAS
CORTE GEOLOGICO TRANSVERSAL A LA PRESA
Y SITUACION DEL CAMINO DE LA FILTRACION

ESCALA 1/2.000



4.7. Ensanche de cuatro taladros

Estimamos que era necesario conseguir la limitación de la presión al cerrar la válvula, causa principal de las incidencias que impidieron el éxito de la operación anterior. Para ello pensamos que si por los taladros de los últimos puntos del camino de la filtración que se localizaron pudiera desaguar un caudal del orden de la fuga o mayor se produciría un efecto aliviadero que evitaría la elevación de la presión al cerrar la válvula.

Llevamos pues a cabo el ensanche de los taladros W a 200 mm. \varnothing , T y S a 180 mm. \varnothing y V a 130 mm. \varnothing , con lo que los caudales que daban pasaron, en conjunto, de 44 litros/segundo a 318 litros/segundo con la válvula del pozo abierta. Esto para un nivel de embalse a la cota 641.

Con la válvula cerrada el conjunto de todos los taladros daban un caudal de 750 litros/segundo. En cuanto a presiones, las 7 atmósferas de carga estática sobre la válvula del pozo se reducían a algo menos de 3 atmósferas.

En estas condiciones y con las pruebas realizadas mediante el cierre de la válvula del pozo sin que se observara ninguna humedad en la ladera decidimos llevar a cabo la fase definitiva.

4.8. Segundo y definitivo intento de corte de la filtración

La operación se inició inyectando por los taladros L, N, H e I, manteniendo los demás abiertos. En esta ocasión, como anteriormente, se inyectó agua arriba del estrangulamiento detectada en el tramo E, F, G.

Se fue cerrando lentamente la válvula del pozo hasta que no se pudo más por obstrucción de arena. En este momento el caudal se redujo a 40 litros por segundo.

Se continuó la inyección y se observó con alegría que el caudal de la fuga se iba reduciendo progresivamente hasta cesar por completo. La presión de la válvula no llegó a tres atmósferas y la ladera permaneció estable aunque con alguna ligera humedad. De acuerdo con nuestras previsiones "funcionó" el estrechamiento antes citado.

Se continúa la inyección y los taladros H, I acusan un aumento de la presión que determinó considerarla terminada en ellos.

Se pasó a inyectar a través del taladro T. Aparece lechada por el taladro Y y en consecuencia se cierra. Igual ocurre con el S que también se cierra. Queda solamente el W como desagüe y también termina por aparecer en él la lechada y como los demás se cierra. Se continúa la inyección por los taladros L, N y T, hasta que van tomando presión de cierre y se da por concluida esta fase.

Se comprobó después, al abrir todos los taladros que no fueron inyectados directamente, que ya no daban fuga ninguna y finalmente se procedió a la perforación de nuevos taladros en toda la zona afectada, que mostraron había quedado inyectada perfectamente. Y terminada esta última fase de prueba con total éxito se dio por terminado el complejo proceso de corte de la filtración.

CONCLUSIONES

Siempre hemos pensado que un aspecto muy importante de un trabajo o de un proceso para conseguir un objetivo es el constituido por las acciones que no dieron resultado satisfactorio o que incluso fueron un fracaso, lo cual nos ha impulsado a relatar aquí «todo» lo que nos ha ocurrido a lo largo de nuestro camino para cortar la filtración.

Creemos que una consecuencia sí podríamos sacar y que, si se analiza, quizá constituya un denominador común, por usar una frase hecha. Nos referimos a la prisa, que unas veces nos viene impuesta y otras, quizá las más, nos la imponemos nosotros mismos y nace de nuestra ansiedad por llegar al final cuanto antes. La consecuencia de ello es el proceder a la acción sin los debidos o aconsejables preparativos previos, pues hay como una voz interior que nos impele a «no perder tiempo».

En nuestro proceso se ven claros los pasos sucesivos que corregían aspectos de los anteriores que no dieron resultado satisfactorio.

Todo tiempo dedicado a pensar y preparar creemos que es el más fructífero. Por supuesto, uno tiene que luchar consigo mismo en este tema. En ocasiones, el consejo a otra persona es claro y preciso y después nosotros no nos lo damos.

Otro aspecto es el de los límites y profundidad en la exposición para contar nuestras cosas. En este último aspecto hemos preferido contar más bien el argumento», aunque los detalles están, naturalmente, a disposición de los que lo deseen.