

INSTALACIONES Y METODO PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE ESCALES

Por MANUEL SANCHEZ DEL CORRAL Y DEL RIO,
Ingeniero de Caminos.

De gran interés consideramos el estudio del comportamiento de una gran obra construida, tal como se describe en el presente trabajo, que por su extensión dividimos en dos artículos. Este primero comprende la descripción detallada de todas las operaciones de medición de deformaciones llevadas a cabo en la Presa de Escalles, y dejamos para el próximo la ordenación e interpretación de los resultados obtenidos.

I. Consideraciones generales.

1. Dado el avanzado estado de construcción de la Presa de Escalles y los recientes cierres del túnel de desviación y de la galería de desagüe provisional (escrito en marzo de 1955), con la consiguiente progresiva puesta en carga de la presa, se hace necesario el proceder con la máxima urgencia a la instalación de los dispositivos precisos para conocer el comportamiento de la misma a lo largo del tiempo.

Las razones más importantes que así lo aconsejan son las siguientes:

a) La conveniencia de estudiar las deformaciones de la presa con vistas a esclarecer a qué causas se deben principalmente. Esta cuestión tiene verdadero interés en Escalles por tratarse de una presa de 125 metros de altura, de planta recta, y cuya esbeltez es superior a la de la mayor parte de las presas de gran edad existentes en el mundo.

b) Porque en caso de producirse algún corrimiento o deslizamiento sobre el cimiento, es necesario conocerlo para tomar a tiempo las precauciones precisas.

c) Por la especial configuración de la presa en la ladera izquierda, que aconseja dedicar especial atención a esta zona.

d) Por la necesidad de conocer si la presa se halla en condiciones de prestar servicio, en el caso de producirse cargas imprevistas (movimientos sísmicos, conmociones violentas, etc.), para las cuales no ha sido calculada. Por todo ello, y con objeto de que puedan adquirirse los aparatos y materiales necesarios, así como dar comienzo a los trabajos para su instalación en la obra, ha sido redactado el presente estudio, que se refiere a lo que consideramos estrictamente indispensable para el conocimiento y la medición de las deformaciones posibles de la Presa de Escalles y para la determinación de sus causas fundamentales.

2. Las deformaciones que tienen lugar en la masa de hormigón de una presa obedecen esencialmente a las causas siguientes:

a) A la presión hidrostática, variable con el nivel de las aguas.

b) A las variaciones de temperatura en el interior de la masa debidas al fraguado y endurecimiento del hormigón y la temperatura exterior.

c) A la retracción del hormigón.

d) A la fluencia o deformación lenta del hormigón sometido a cargas continuadas.

e) A deformaciones del suelo y corrimientos del cimiento.

f) A la subpresión.

La importancia relativa de unas y otras es variable según las presas, aunque en general tienen valor preponderable las tres primeramente citadas.

Los efectos aislados de la presión hidrostática pueden calcularse con una exactitud suficiente para las necesidades de la práctica. Asimismo, las deformaciones debidas a movimientos del suelo pueden también ser aisladas mediante medidas; sin embargo, los efectos debidos a las otras causas o influencias enumeradas, es decir, a la temperatura y retracción del hormigón, a la fluencia y a las subpresiones (junto con algunas otras de menor importancia y que antes no citamos por ello, como son las variaciones del estado higroscópico, el entumecimiento del hormigón y la temperatura del agua), no pueden observarse más que de un modo global sin determinarlos aisladamente (*).

En Escalles consideramos que, dentro del programa sumamente estricto que se trata de llevar a cabo, interesa determinar:

1.º Deformaciones totales de la presa.

2.º Deformaciones relativas.

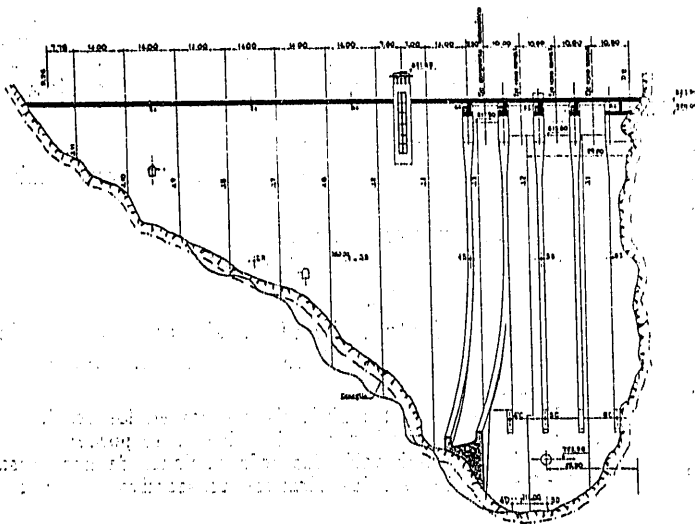
3.º Temperaturas.

El conocimiento ordenado y sistemático de todo ello permitirá tener una idea suficiente del comporta-

(*) Aceptando ciertas hipótesis basadas en los resultados de las medidas y simplificando el problema, se pueden calcular con cierta aproximación las deformaciones de una presa originadas por los estados térmicos consecutivos. (Ver capítulo VII.)



Fig. 1 PRESA DE ESCALES
BASES TOPOGRÁFICAS DE PRECISION



DETALLE PUNTOS REFERENCIA

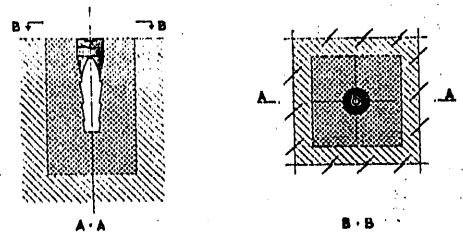


Fig. 2 PRESA DE ESCALES
PUNTOS DE REFERENCIA EN PARAMENTO AGUAS-ABAJO

miento de la presa y sacar las consecuencias más importantes para el estudio y proyecto de obras futuras.

A continuación nos referimos a los medios y trabajos necesarios para llevar a cabo las mediciones aludidas, así como a la forma en que éstas habrán de realizarse.

II. Deformaciones totales de la presa.

Entendemos por deformaciones totales de la presa a las que tienen lugar en la misma, referidas a un sistema coordinado invariable de tres dimensiones.

Para la medición de las deformaciones totales de la presa es indispensable el establecimiento de bases topográficas y de nivelación adecuadas que permitan determinar, con la aproximación debida, los movimientos o desplazamientos en el espacio, de diferentes puntos tomados en el paramento aguas abajo y en el interior de la presa, fundamentalmente en las proximidades del pie de la misma y en la coronación.

a) Bases topográficas de precisión.

Por razones prácticas, es necesario levantar las estaciones de observación en las proximidades del pie de la presa. Como es muy probable que estas estaciones se muevan a causa de las sollicitaciones transmitidas por la propia presa, es indispensable levantar otras estaciones en una zona más alejada, sustraída a toda influencia, desde las cuales puedan medirse los posibles movimientos de las estaciones más próximas.

En la figura 1.^a, "Bases topográficas de precisión", se indican las estaciones que consideramos más a propósito para llevar a cabo las mediciones.

A causa de la gran altura de la presa y para poder medir con la aproximación necesaria las deformaciones de puntos situados en la coronación, a media altura y en cimientos, según la situación que se indica más adelante (II, b), ha sido necesario disponer cuatro estaciones de observación, I-II y III-IV, que corresponden a bases sensiblemente paralelas al eje de la presa situadas a unos 64 y 112 m., respectivamente.

Para la observación de los movimientos de estas cuatro estaciones se han dispuesto tres estaciones más, V, VI y VII, mediante las cuales puede procederse por triangulación a la comprobación de todas ellas.

La red así dispuesta permite observar a lo largo del tiempo, y con la mayor garantía, las deformaciones totales que puedan producirse.

Para el levantamiento de las bases establecidas deberá seguirse el siguiente orden de trabajo:

1.º Determinación de los lugares más apropiados para situar en ellos las estaciones, procurando que no difieran mucho de los que se indican en la referida figura 1.^a.

Para ello deberá tenerse en cuenta, además de la accesibilidad del lugar, la posibilidad de visión de los puntos del paramento aguas abajo de la presa, indicados en la misma figura 1.^a y en la 2.^a, "Puntos de referencia en paramento aguas abajo", teniendo bien presente que cada punto debe poder observarse, al menos, desde dos estaciones.

2.º Establecimiento en el lugar elegido de una pequeña plataforma de unos 2 m.² que permita moverse con cierta holgura al personal encargado de las mediciones. Convendría, asimismo, facilitar el acceso desde la carretera, haciendo algunos escalones en la roca, si fuera preciso.

3.º Construcción de los pilares fijos para la colocación del aparato topográfico de precisión, de acuerdo con la figura 3.^a, "Columna para puesta en estación del teodolito", en la cual se indica también la disposición de las piezas que es necesario prever en la cara superior de los pilares para la exacta puesta en estación del teodolito.

4.º Medición de las bases y levantamiento topográfico de precisión de los puntos mencionados.

Sobre la precisión de dicho levantamiento topográfico de las bases I, II, III y IV deberá tenerse en cuenta que las deformaciones de los puntos dispuestos sobre el paramento de la presa han de apreciarse con error menor de 0,5 mm.

b) Puntos de referencia en el paramento aguas abajo de la presa.

En las figuras 1.^a y 2.^a se indica la situación de los puntos de referencia en el paramento aguas abajo de la presa, cuyas deformaciones totales han de ser medidas desde las bases topográficas correspondientes.

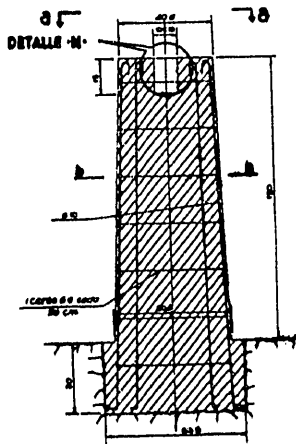
Se han dispuesto seis puntos en la coronación de la presa, cinco a la cota 780 aproximadamente y otros cinco en la zona próxima a cimientos. Los puntos van definidos por un número que indica la vertical a que pertenecen, y una letra para la horizontal.

Para garantizar la fijación y buena visibilidad de los puntos de referencia se proponen unas piezas especiales (WILD) embebidas en el hormigón, cuyas características se indican en la misma figura 2.^a. Sus caras exteriores están dispuestas según coronas circulares a distinto nivel, con objeto de que resulten netos sus bordes al pintarlas. Es recomendable pintar en el paramento círculos concéntricos con los puntos de referencia, para facilitar su localización.

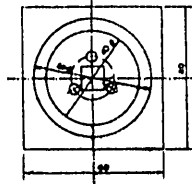
c) Estación para nivelación de precisión.

Para la determinación de las deformaciones totales verticales de la presa, tanto en cimientos como a distintas alturas de la misma, se ha previsto adoptar el sistema de nivelación y prescindir de las medidas clinométricas que, aun siendo de gran interés por la facilidad con que pueden obtenerse y la pre-

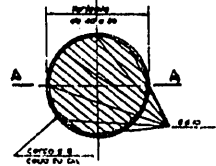
SECCIÓN A-A



B-B



C-C



DETALLE N

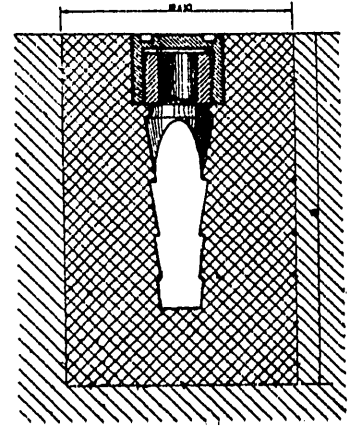


Fig.3 PRESA DE ESCALES
COLUMNAS PARA PUESTA EN ESTACION DEL TEODOLITO

Perfil 0-7

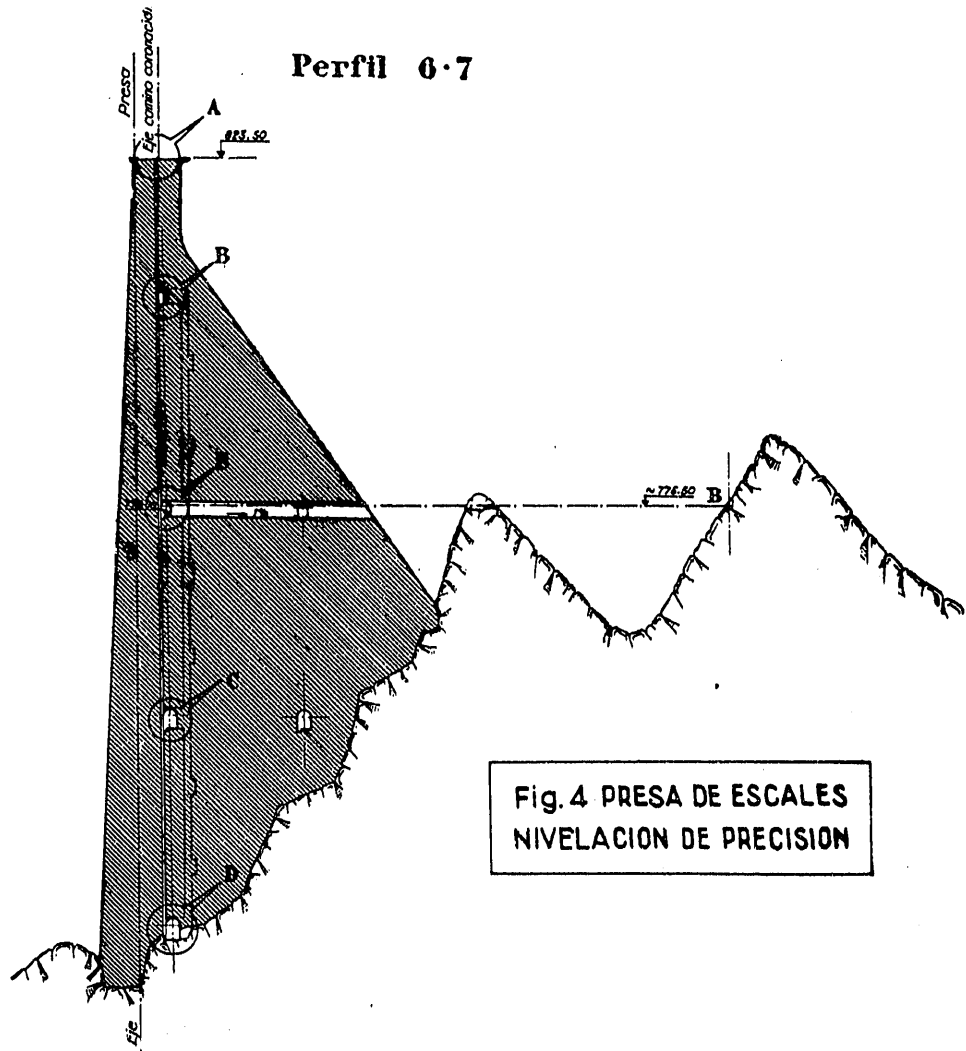


Fig.4 PRESA DE ESCALES
NIVELACION DE PRECISION

cisión de sus apreciaciones, no son imprescindibles en Escales al existir el doble sistema de galerías paralelas. Nivelando en ambos se puede obtener, con suficiente aproximación, las inclinaciones de los bloques a diferentes alturas. Resulta más laborioso que operar con clinómetros, pero supone un considerable ahorro en el presupuesto total de las instalaciones.

Como estación fundamental o de partida, referida al nivel del mar, se ha previsto la denominada *A*, situada a la altura de la coronación de la presa y en lugar bastante apropiado, según puede verse en la figura 1.^a, "Bases topográficas de precisión". Tomándola como base, se realizarán nivelaciones de los puntos de referencia de nivelación situados a diversas alturas de la presa, en la forma que se detalla en el capítulo dedicado a la toma de datos.

Dado que la estación *A* se halla algo próxima a la presa por necesidades de tipo práctico, interesa que de vez en cuando se compruebe su altura con respecto a un punto situado a unos 200 ó 300 m. de la presa, en un lugar que se deja a la elección de la sección topográfica encargada de la ejecución de los trabajos, y que, a efectos de las nivelaciones de la presa, podrá considerarse como punto fijo y definitivo.

Interesa tener en cuenta al efectuar la nivelación de *A*, con respecto a este punto fijo, que no debe admitirse en ella un error mayor de 0.1 mm. Se ha de operar, pues, con miras de precisión adecuadas y disponiendo en las bases intermedias placas de acero de asiento que eliminen la posible acumulación de errores.

Por supuesto, tanto en *A* como en el punto fijo, se colocarán los pernos o las placas de asiento embebidos en macizos de hormigón y protegidos de los golpes mediante cajas análogas a las indicadas en las figuras correspondientes.

d) Estaciones de referencia de nivelación de la presa.

Para facilitar la nivelación con respecto a *A* de los puntos de referencia previstos en la coronación y en las galerías longitudinales de la presa, se han dispuesto cinco estaciones de referencia en el perfil por el centro del bloque 6-7 (entre juntas 6 y 7) denominadas *N*, *N*₁, *N*₂, *N*₃, *N*₄, ligadas entre sí por un hilo de "Invar" colgado de la estación *N*, provisto de índices y reglillas micrométricas en cada una. Mediante este dispositivo se puede efectuar la nivelación simultánea de las cinco estaciones con sólo nivelar la denominada *N*, desde la coronación.

En las figuras 4.^a y 4.^{av}, "Nivelación de precisión", puede verse la disposición general de la instalación.

En esta figura aparece también la estación exterior *B*, que puede nivelarse desde el fondo de la galería transversal correspondiente con respecto a la

*N*₂. De esta forma se tiene también una referencia muy exacta de altimetría para las comprobaciones que se precisan de las bases topográficas.

e) Puntos de nivelación en la presa.

Guardando la mayor concordancia posible con los puntos de referencia del paramento aguas abajo y con los de medida de desplazamientos pendulares, se han dispuesto una serie de puntos de nivelación en la coronación de la presa y en las galerías longitudinales de la misma, que permiten conocer los posibles movimientos en sentido transversal, así como los asientos que se produzcan.

Dichos puntos de nivelación se indican en la figura 5.^a, "Puntos de nivelación en la presa", y corresponden al estribo izquierdo y a los bloques 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 y 9-10, denominándose con letras para definir la vertical a que pertenecen y números para la galería.

Se considera conveniente protegerlos dentro de cajas provistas de su tapa correspondiente.

III. Deformaciones relativas.

Por la precisión y facilidad con que pueden obtenerse, mediante lectura directa, las deformaciones que denominamos relativas o entre puntos determinados de la presa, es conveniente prever algunos dispositivos especiales de medida.

Mediante ellos pueden seguirse con bastante minuciosidad los movimientos de la presa, ya que la toma de datos requiere menos operarios y, sobre todo, menos trabajo que en el sistema trigonométrico.

Por otra parte, siendo el sistema trigonométrico indispensable para determinar los asientos del cimiento y las deformaciones anormales enumeradas anteriormente, el conocer las deformaciones relativas siempre es un poderoso auxiliar de medida que comprueba y afina los resultados trigonométricos.

En Escales, de acuerdo con el criterio de reducir al mínimo la importancia y el número de las instalaciones, se ha previsto la medición de dos tipos de deformaciones relativas:

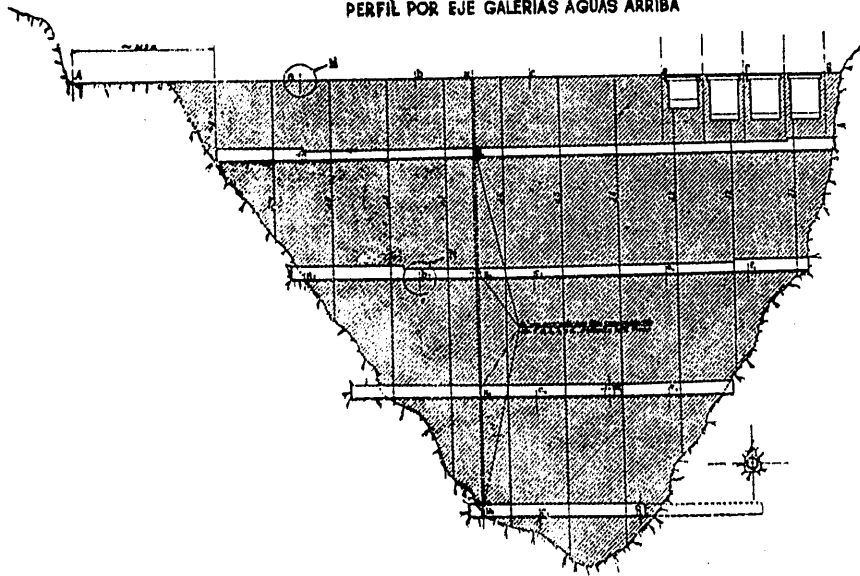
a) Deformaciones horizontales entre puntos de una misma vertical.

b) Variaciones de la anchura de las juntas de dilatación.

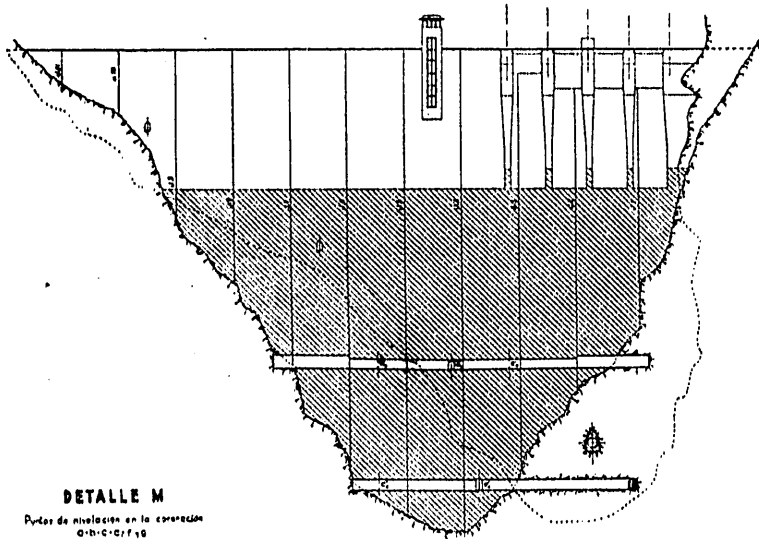
a) Deformaciones horizontales entre puntos de una misma vertical.

Para la medición de este tipo de deformaciones se han previsto tres péndulos situados en los pozos de visita de las juntas 3, 5 y 7, que denominamos *P*₃, *P*₅, *P*₇. Cada péndulo va anclado a la altura del techo de las galerías superiores en los bloques de la derecha de cada junta, vista la presa desde aguas

PERFIL POR EJE GALERIAS AGUAS ARRIBA

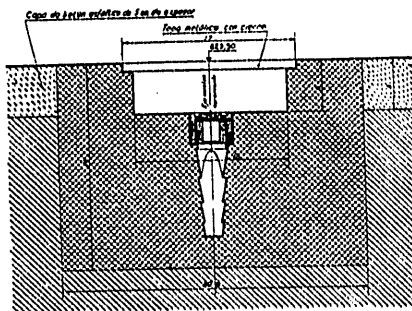


PERFIL POR EJE GALERIAS AGUAS ABAJO



DETALLE M

Puntos de nivelación en la coronación
0+110-0+175



DETALLE N

Puntos de nivelación en las galerías
M+100-M+105-M+110-M+115-M+120-M+125

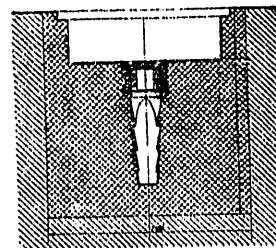
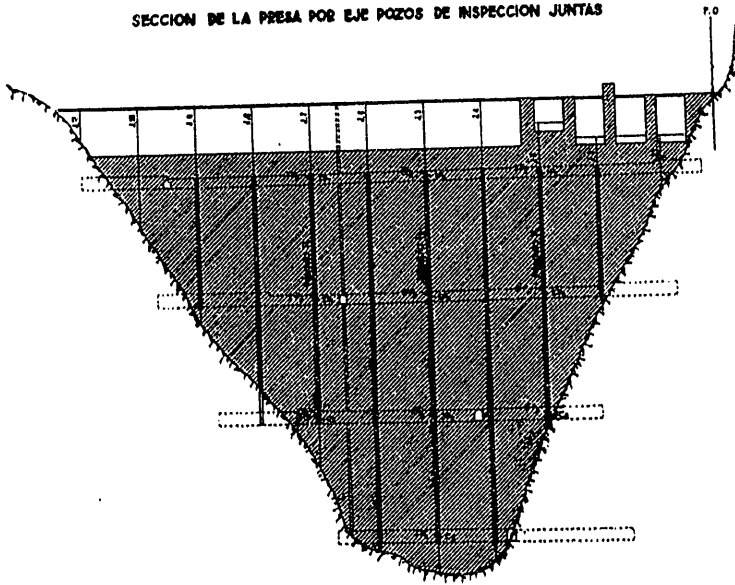


Fig. 5 PRESA DE ESCALES
PUNTOS DE NIVELACION EN LA PRESA

SECCION DE LA PRESA POR EJE POZOS DE INSPECCION JUNTAS



Puntos del dibujo	Punto correspondiente a la junta	Junta 6	Junta 7
1	1'P ₃	1'P ₆	1'P ₇
1'	1P ₃	1P ₆	1P ₇
2	2'P ₃	2'P ₆	2'P ₇
2'	2P ₃	2P ₆	2P ₇
3		3'P ₆	
3'		3P ₆	
4	3'P ₃	4'P ₆	3'P ₇
Coordenadas	C ₃	C ₆	C ₇

DETALLE INSTALACIONES DE LOS PENDULOS

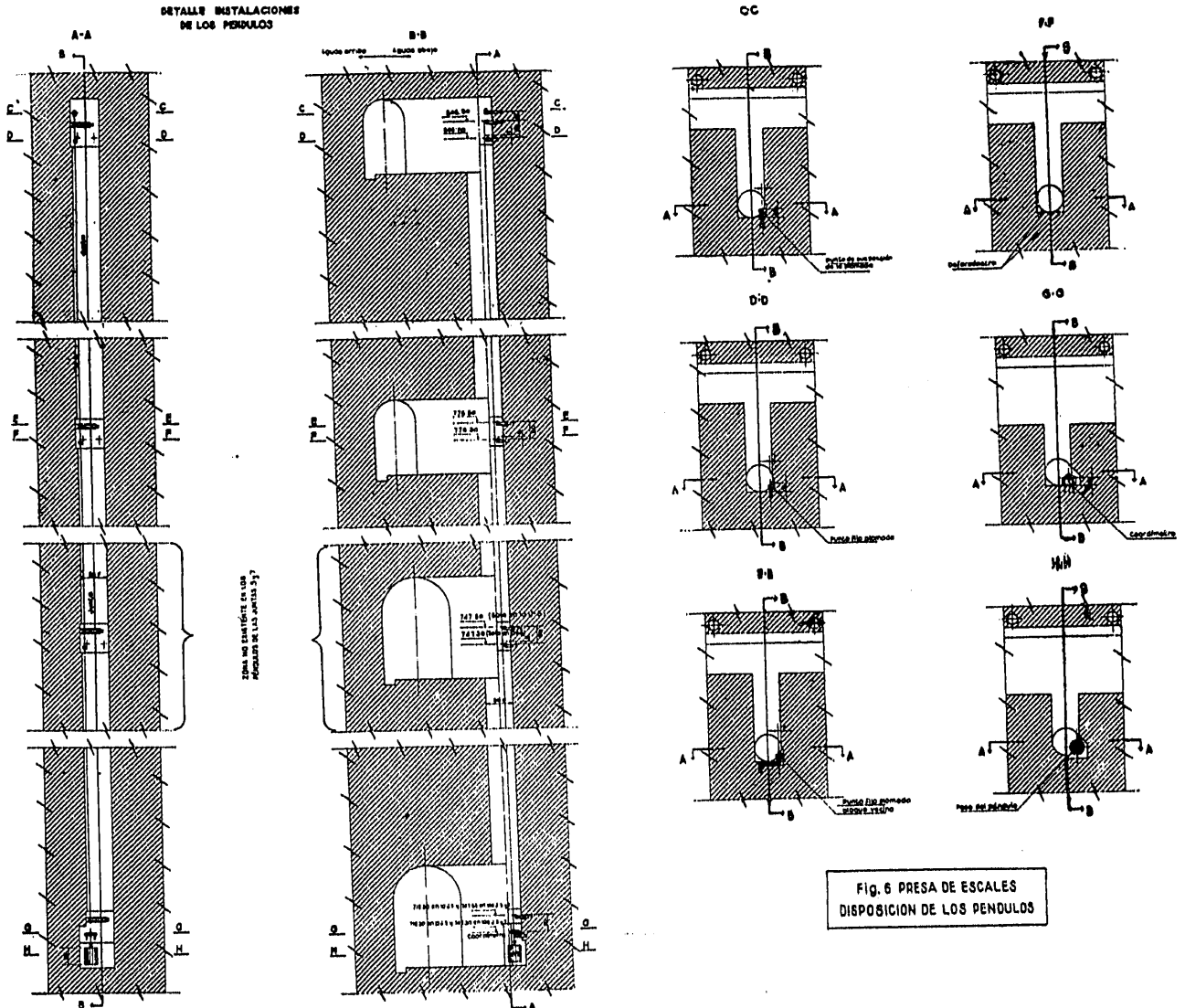


FIG. 6 PRESA DE ESCALES
DISPOSICION DE LOS PENDULOS

abajo; es decir, el péndulo P_3 , en el bloque 2-3; el P_5 , en el bloque 4-5, y el P_7 , en el 6-7.

Los péndulos P_3 y P_7 tienen 60 m. de longitud, y el P_5 , 90 m.; es decir, que tienen sus correspondientes pesas situadas a la altura de las galerías longitudinales a las cotas 746,00 y 717,00.

A la altura de estas galerías, y en las dos caras de cada junta, se han dispuesto índices con reglillas micrométricas para medir los desplazamientos del hilo, y en la zona inferior, coordímetros para las lecturas de precisión de los movimientos pendulares en dos direcciones perpendiculares entre sí, todo ello, claro está, con respecto a la posición inicial fijada en la medición de partida.

Los puntos de medida se han denominado $1P_3$, $1'P_3$, $2P_3$, $2'P_3$, $3P_3$, $3'P_3$; $1P_5$, $1'P_5$, $2P_5$, $2'P_5$, $3P_5$, $3'P_5$, $4P_5$, $4'P_5$; $1P_7$, $1'P_7$, $2P_7$, $2'P_7$, $3P_7$, $3'P_7$, para indicar si pertenecen al bloque del cual va suspendido el péndulo o no, así como al péndulo y a la galería a que pertenecen.

En la figura 6.^a, "Disposición de los péndulos", puede verse el conjunto de las instalaciones previstas.

Las medidas pendulares con el coordímetro permiten una aproximación de 0,05 mm.

b) *Variaciones de la anchura de las juntas de dilatación.*

Para efectuar estas mediciones de forma directa y cómoda se disponen reglas micrométricas o deformímetros en los pozos de inspección de las juntas 3, 5 y 7, a la altura de las distintas galerías longitudinales y según se indica también en la figura 6.^a.

En total se necesitan siete reglas micrométricas o deformímetros.

Se denominan los puntos con M_3 , M_5 , M_7 , para indicar la junta a que pertenecen, y con 1, 3 y 5 para la galería.

Estas mediciones pueden hacerse también mediante los péndulos y los coordímetros al considerar los movimientos de los mismos en el sentido paralelo al eje de la presa, como ya se dirá más adelante. Se refieren únicamente al punto de suspensión del péndulo.

IV. Temperaturas.

El conocimiento de las variaciones de temperaturas que experimenta la masa de hormigón de la presa a lo largo del tiempo a distintas alturas de la misma tiene notable interés porque con su auxilio se puede obtener, con cierta aproximación, su posible influencia en las deformaciones (ver cap. VII). Por otra parte, en Escales se ha empleado un tipo de hormigón denominado "hormigón frío", o de endurecimiento retardado, cuya resistencia a los sesenta días viene a ser el doble de la que admite a los veintiocho,

y cuyo desprendimiento de calor no tiene al principio la intensidad que en los hormigones ordinarios, sino que se produce de una forma más lenta y uniforme durante estos dos meses de endurecimiento paulatino. Tiene, pues, interés especial como experiencia para obras futuras el conocer el comportamiento real de este hormigón en lo que a temperaturas se refiere.

Dado que la disposición de termómetros en el interior de la masa de hormigón, y a medida que éste se va colocando, no puede efectuarse, ya por encontrarse la presa casi construída, es necesario hacer perforaciones, para lograrlo, en los lugares más apropiados y procurando reducir las longitudes de perforación al mínimo.

En la figura 7.^a, "Medida de temperaturas", se indica la situación de los termómetros dispuestos en los bloques entre juntas 1-2, 3-4 y 6-7.

Los termómetros adoptados son del tipo de resistencia L.I.T., resultando en total 23, de los cuales 10 van en los paramentos en pequeños nichos de 15 cm. de profundidad, y 13 en perforaciones de 2 m. de longitud ejecutadas desde las galerías longitudinales.

Se han nombrado los puntos de medida con T_1 , T_2 , ..., T_{23} .

El cuadro para efectuar la lectura de todos los termómetros dispuestos se ha previsto en el hueco para escalera interior y montacargas de la presa, según se indica en la figura 7.^a. Con ello se reduce considerablemente la longitud de los cables respecto a las soluciones, también interesantes, de situarlo en la central o en la misma coronación de la presa.

V. Toma de datos.

En los capítulos anteriores se ha hecho una descripción completa de los dispositivos e instalaciones que se proponen para la medición de las deformaciones de la presa, ordenados según se refieran a deformaciones totales de la presa, a deformaciones relativas o a temperaturas. Se trata ahora de establecer el plan de trabajo que ha de seguirse para el mejor aprovechamiento de los medios propuestos, con vistas a que las operaciones se realicen de una forma ordenada y sistemática.

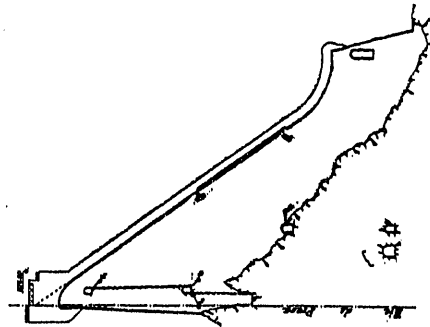
Para mayor claridad en la exposición del referido plan de trabajo, se divide éste en dos partes fundamentales:

- 1.^a Toma de datos.
- 2.^a Ordenación e interpretación de los datos obtenidos.

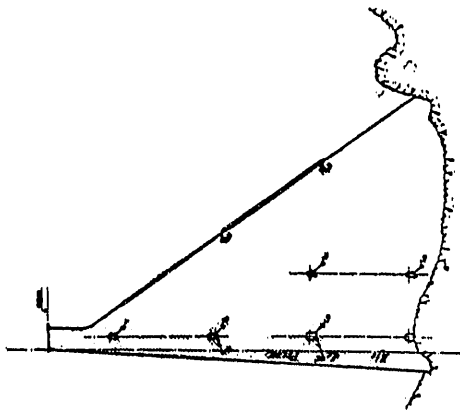
La primera, de la cual nos ocupamos ahora, corresponde a los trabajos que han de realizarse en la propia presa, y la segunda, de los trabajos de gabinete necesarios derivados de los anteriores.

Dado que hasta la fecha no se ha efectuado medición alguna de las deformaciones que la presa de Escales haya podido sufrir durante su construcción,

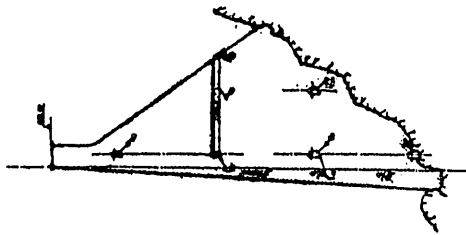
PERFIL 1-2



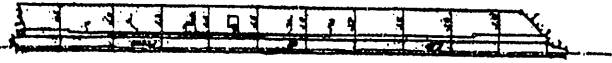
PERFIL 3-4



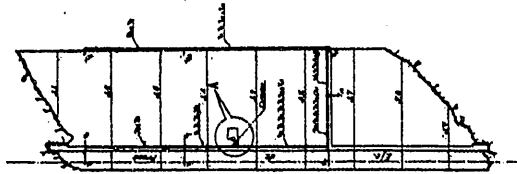
PERFIL 6-7



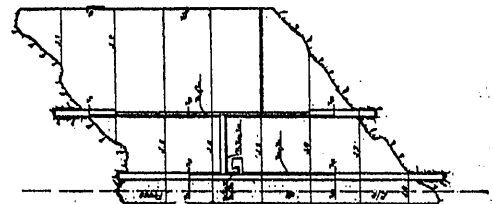
PLANTA - SECCIÓN POR LA COTA 8600



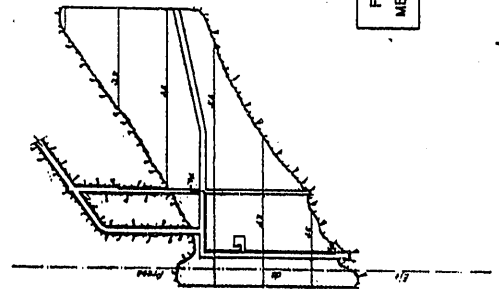
PLANTA - SECCIÓN POR LA COTA 7900



PLANTA - SECCIÓN POR LA COTA 7400



PLANTA - SECCIÓN POR LA COTA 7100



VISTA - SECCIÓN PARAMENTO AGUAS ABAJO

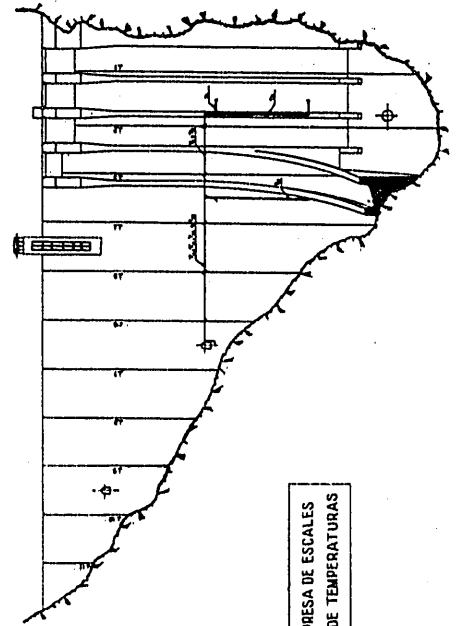
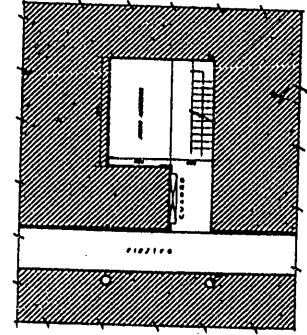


Fig.7 PRESA DE ESCALES MEDIDA DE TEMPERATURAS

DETALLE - A-



es necesario fijar lo antes posible el "estado inicial" de la misma, utilizando para ello las bases topográficas y de nivelación previstas, así como los péndulos y las reglas micrométricas indicados, asimismo, en los capítulos anteriores.

La importancia de no retrasar la toma de estos datos de partida es grande por dos razones fundamentales:

En primer lugar, porque interesa conocer el orden de magnitud de las deformaciones permanentes que se produzcan, y éstas son mucho mayores durante el primer periodo de utilización de la presa que durante todo el resto de su vida.

Además, porque este estado inicial o de partida para la medida de las sucesivas deformaciones de la presa es muy conveniente establecerlo a embalse totalmente vacío, y como esto en Escales ya no va a ser posible, interesa, al menos, que lo sea con la mínima cantidad de agua embalsada por vez primera.

A la fecha de redactar estas líneas (marzo 1955) han sido ya anticipadamente cursados algunos planos del presente estudio, y es de esperar que en el próximo mes de mayo se encuentren ya preparadas las bases y puntos de referencias previstos, e inmediatamente pueda tomarse la posición exacta de la presa, al menos trigonométricamente, que ha de servir de partida para todas las mediciones posteriores. En tal caso esta primera toma de datos podría realizarse con un nivel de embalse cercano al umbral de la toma de agua de la central.

Tiene especial interés para las mediciones esta altura de agua, porque es seguro que a lo largo del tiempo se ha de reproducir aproximadamente y con cierta regularidad por necesidades de la propia explotación del salto, lo cual permitirá, cuando ello ocurra, conocer con gran exactitud las deformaciones permanentes que han tenido lugar en la presa.

a) Niveles fundamentales para efectuar las mediciones.

Prescindiendo, pues, del caso poco probable de que el nivel del embalse se haga descender por debajo de la cota 763,50, correspondiente al umbral de la toma, se pueden considerar fundamentales para la medición de las deformaciones de la presa los niveles a las cotas 765,00 y 821,00, siendo esta última la que corresponde al embalse lleno. La toma de datos en tales estados de carga deberá efectuarse siempre que tengan lugar e independientemente de las que se efectúen periódicamente y según el plan establecido que se expone a continuación.

b) Mediciones normales.

Las mediciones que normalmente han de efectuarse para conocer el comportamiento de la presa deben ser lo suficientemente frecuentes como para se-

guir el proceso de las deformaciones sucesivas, sin lagunas en las leyes correspondientes; es decir, que se pueda interpolar sin demasiado error entre los puntos de estas leyes obtenidos por mediciones.

En muchas de las presas observadas en estos últimos años en Europa y América se toman gran número de datos de diversa índole con intervalos de tiempo extremadamente cortos, para investigar ampliamente sobre el comportamiento del hormigón en masa a lo largo del tiempo, sobre las sollicitaciones reales que se producen en la presa en las diferentes fases, sobre la concordancia entre la realidad y las hipótesis del cálculo estático previamente admitidas y sobre la apreciación del coeficiente de seguridad real.

Tales investigaciones de carácter principalmente científico, aunque, por supuesto, del mayor interés para el estudio teórico y el proyecto de obras futuras, rebasan el plan reducido y más bien práctico que se propone para Escales, en donde las mediciones se refieren solamente a deformaciones y temperaturas. Por ello, también se limita la frecuencia de la toma de datos a lo que se considera indispensable para tener la continuidad necesaria de los mismos, sin perjuicio de que más adelante, si procede, se puedan aprovechar para estudios más minuciosos.

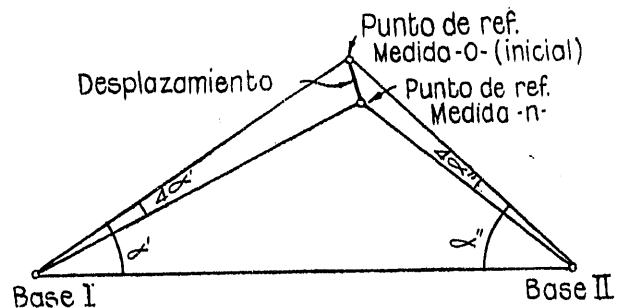
I.º DEFORMACIONES TOTALES.

Las mediciones se tomarán mensualmente a base de observar desde dos de las estaciones I, II, III y IV cada uno de los 15 puntos de referencia dispuestos en el paramento de aguas abajo de la presa.

Periódicamente también, al principio puede ser mensualmente, deberá comprobarse la propia situación de las cuatro estaciones fundamentales respecto a las V, VI y VII, con vistas a efectuar las rectificaciones oportunas de las mediciones anteriores, si se observare algún movimiento en aquéllas.

Estas comprobaciones de las estaciones I, II, III y IV podrán irse distanciando a cada dos o tres meses si no se apreciase movimiento alguno una vez puesta totalmente en carga la presa.

Como esquema para la obtención de los desplazamientos horizontales de los diferentes puntos de referencia incluimos la figura que sigue, en la cual apa-



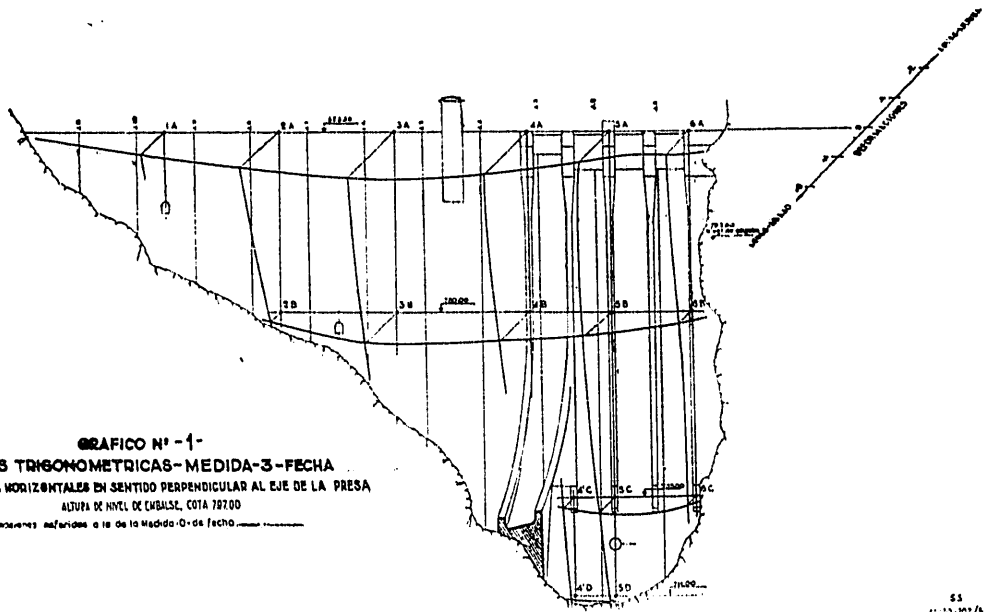
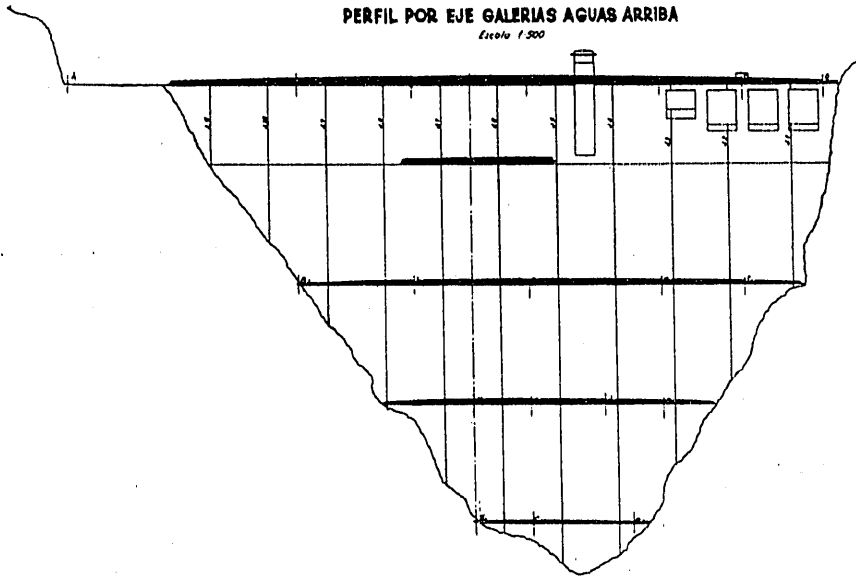


GRAFICO N° 1-
MEDICIONES TRIGONOMETRICAS-MEDIDA-3-FECHA
 DEFORMACIONES HORIZONTALES EN SENTIDO PERPENDICULAR AL EJE DE LA PRESA
 ALTURA DE NIVEL DE CUBALISE, COTA 79700
 Deformaciones medidas a la de la Medida 0 de fecha

55
 4-10-1975

PERFIL POR EJE GALERIAS AGUAS ARRIBA
 Escala 1:500



PERFIL POR EJE GALERIAS AGUAS ABAJO

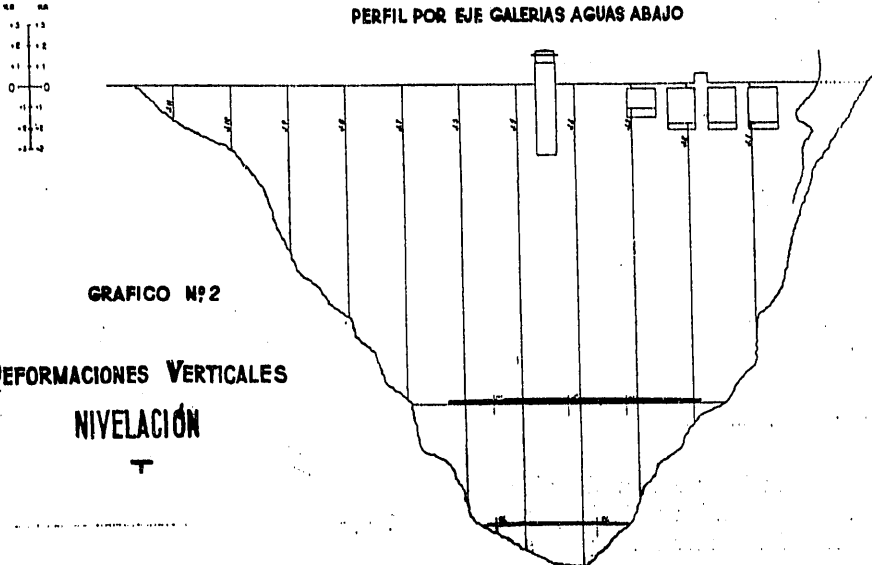


GRAFICO N° 2
DEFORMACIONES VERTICALES
NIVELACION
 T

recen dos mediciones: la inicial o de partida, tomada como base para las restantes, y una cualquiera de las posteriores.

La nivelación de las estaciones N , N_1 , N_2 , N_3 y N_4 , con respecto a la fundamental A , se llevará a cabo mensualmente mediante la nivelación con nivel de precisión del punto N .

Con ello quedan simultáneamente niveladas las restantes estaciones mediante la lectura en las reglas micrométricas de la posición de los puntos señalados en el hilo de "Invar" a la altura de cada una de las galerías longitudinales.

La estación fundamental A deberá comprobarse cada dos o tres meses con respecto al punto fijo, situado a unos 200 ó 300 m. de la presa, del que ya se ha hablado.

Una vez realizada la nivelación de N con respecto a A y por consiguiente la de las estaciones de la misma vertical de la presa N_1 , N_2 , N_3 y N_4 , se procederá a la nivelación con respecto a ellos de los puntos a , b , c , d , e , f , g , a_2 , b_2 , c_2 , e_2 , f_2 , c_3 , d_3 , e_3 , c_4 , e_4 , c'_3 , d'_3 , e'_3 , c'_4 , e'_4 (ver fig. 5.), dispuestos en las diferentes galerías longitudinales de la presa. Así, pues, el orden de trabajo para las nivelaciones puede ser el siguiente:

1.º Nivelación con respecto a A de la estación N y demás puntos de la coronación previstos.

2.º Nivelación de los puntos de cada galería con respecto a los N_2 , N_3 ó N_4 utilizando los índices y reglas micrométricas dispuestas en el hilo de "Invar".

Todos los datos anteriores se tomarán en uno o dos días a ser posible, anotándolos en libretas independientes.

2.º DEFORMACIONES RELATIVAS.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las medidas pendulares se efectúan en cada péndulo con respecto a ambas caras de los bloques que determinan la junta correspondiente.

El bloque en cuya cara se disponen el punto de suspensión del péndulo y el coordímetro inferior, lo denominamos bloque principal, siendo bloque secundario el adyacente.

Por consiguiente, los bloques 2-3, 4-5 y 6-7 son principales, y los 3-4, 5-6 y 7-8, secundarios.

Para completa claridad en la exposición de la toma de datos pendulares, indicaremos de nuevo que los puntos de medida $1P_3$, $2P_3$, C_3 (coordímetro péndulo P_3) corresponden al bloque principal 2-3 y están dispuestos en la cara 3 del mismo. Los $1'P_3$, $2'P_3$, $3'P_3$ corresponden a la cara 3 del bloque secundario 3-4. Los $1P_5$, $2P_5$, $3P_5$, C_4 (coordímetro péndulo P_4) corresponden a la cara 5 del bloque principal 4-5. Los $1'P_5$, $2'P_5$, $3'P_5$, $4'P_5$ corresponden a la cara 5 del blo-

que secundario 5-6. Los $1P_7$, $2P_7$, C_7 (coordímetro péndulo P_7) corresponden a la cara 7 del bloque principal 6-7 y, por último, los $1'P_7$, $2'P_7$, $3'P_7$ a la cara 7 del bloque secundario 7-8.

La toma de mediciones de las reglillas micrométricas y de los coordímetros se efectuará mensualmente anotando los desplazamientos del hilo según la dirección aguas arriba-aguas abajo en las primeras y totales, o sea, también según el eje de la presa, con el coordímetro y ello independientemente para cada péndulo.

Dada la proximidad a la roca de los puntos de medida $3'P_3$, $4'P_5$, $3'P_7$, es casi seguro que no se producirán desplazamientos relativos con respecto a los coordímetros, por lo cual esta medición puede suprimirse una vez puesta en carga total la presa y comprobada la estabilidad del cimientto, tomando únicamente la de los coordímetros que será válida para ambas caras de la junta. Ello equivale a admitir la indeformabilidad o empotramiento teórico de la presa a la cota 746,00 para los péndulos P_3 y P_7 y a la cota 717,00 para el péndulo P_5 .

Las mediciones así obtenidas son, pues, los desplazamientos relativos de los puntos superiores con respecto a los demás en la dirección perpendicular al eje de la presa y la diferencia entre desplazamientos paralelos al eje de la presa medidos con auxilio del coordímetro, el incremento de abertura o cierre de las juntas en el punto de suspensión del péndulo respecto a la abertura inicial tomada como comparativa para las mediciones posteriores.

Asimismo, todos los meses se tomarán las lecturas en las 7 reglas micrométricas o en los deformímetros eléctricos dispuestos en las juntas 3, 5 y 7, que pueden ser totales o referidas a la posición comparativa de la primera medición.

3.º TEMPERATURAS.

El tipo de termómetro adoptado, va provisto del correspondiente cable transmisor que lleva las medidas hasta el cuadro común en el cual se hacen las lecturas de todos. Por consiguiente, esta operación es bastante simple y puede realizarse con frecuencia y sin dificultad.

Interesa al menos durante los ocho o diez primeros meses tomar las lecturas diariamente. Después, y una vez que se conozca la ley que van siguiendo las temperaturas, se pueden ir distanciando más hasta llegar a una lectura semanal como mínimo, sin perjuicio de intercalar las que se precisen en el caso de observarse alguna anomalía con respecto a las leyes de temperaturas aproximadamente previstas.

(Continuará.)