que se desprendan porciones de obra si posteriormente se producen nuevas averías, construyendo además como coronación de la pila una losa de hormigón armado que reparte las presiones y sirve de asiento a los tramos metálicos. Tanto el forrado o recubrimiento de la pila, como la losa de repartición, son de hormigón armado de cemento aluminoso fundido marca "Electroland".

Con objeto de que la reparación sea eficaz, se ha calculado este forrado con la condición de que ni en la base superior de la pila ni en la sección inferior que limita el recubrimiento se produzca tensión alguna en los momentos de flexión, debido a los efectos de frenado. El tren que se ha considerado para el cálculo, es el formado por una locomotora de la serie 1 700 remolcando ocho coches de la serie AW.^{tv} números 3 al 16, que son los que tienen mayor número de ejes frenados, y que, por consiguiente, es el tren que produce los mayores esfuerzos de frenado, no habiendo adoptado para el cálculo el tren de la Instrucción Oficial vigente porque el estado de los tramos metálicos que son de la época de la construcción de la línea, aunque no deja de ser satisfactorio, no permite el paso de locomotoras de mayor peso que las de la serie 1 700.

Sometida la pila al esfuerzo de frenado debido a dicho tren y a los esfuerzos verticales que actúan sobre la pila en las dos secciones que se consideran, resulta que no hay tensión en ninguna de ellas y, por consiguiente, la pila se halla en buenas condiciones de seguridad para resistir perfectamente a los efectos de vuelco producidos por el frenado, y esto aun en el caso más desfavorable de suponer que los esfuerzos del frenado tuvieran que ser resistidos por una sola pila del puente.

Todavía, para que las condiciones del cálculo fueran las más desfavorables, se ha supuesto que la obra de fábrica de la parte superior de la pila que se refuerza, se halla completamente descompuesta y disgregada, asimilándola para el cálculo a una masa de tierra que empuja hacia el exterior contra las paredes del revestimiento. El cálculo de este revestimiento se hizo considerándolo como un marco sometido a una presión interior uniforme, teniendo en cuenta, además del peso propio de la obra, la sobrecarga debida al peso del tramo y la del tren de cálculo.

Tiene el revestimiento un espesor de 0,20 metros, y se halla constituído por hormigón de 300 kilogramos de cemento aluminoso fundido, marca "Electroland", armado con barras principales de redondo de 18 milímetros y de repartición de 5 milímetros.

La losa de repartición que se dispone en la coronación de cada pila se halla también constituída por hormigón de 300 kilogramos de cemento fundido, fuertemente armada con 13 viguetas del perfil normal número 32 de Altos Hornos de Vizcaya, dispuestas en el sentido de la mayor longitud.

La alta resistencia de esta losa, puesta de manifiesto en el ensayo de las probetas que al efecto se realizaron, permitió suprimir los sillares de apoyo, disponiendo los aparatos de apoyo de los tramos sobre la misma losa de repartición, cuya resistencia superaba a la del granito que habría de constituir dichos sillares.

Las fotografías 1 y 2 representan vistas de las pilas una vez reparadas, y como se puede observar en ellas, el aspecto del revestimiento es bastante aceptable dado el emplazamiento de la obra, contribuyendo a ello el aparejo simulado, que es idéntico al del resto de la pila.

Los trabajos de reparación así descritos permitieron dejar la obra en las debidas condiciones de solidez, levantándose, una vez terminada, la precaución que se estableció en la obra para la circulación de trenes y máquinas a raíz de la rotura producida en la cuarta pila.

Francisco MONEVA,
Ingeniero de Caminos.

Los auscultadores de temperatura en el Pantano de la Requejada

El más completo conocimiento sobre la seguridad de las presas, debe darlo la observación detallada y continua de sus deformaciones, producidas éstas por la carga de agua, variaciones de temperatura, subpresiones y modificaciones con el tiempo del hormigón o del terreno de la fundación. Por esta razón los métodos e instrumentos de medida para observar las deformaciones en estas estructuras, han sido uno de los principales temas del Primer Congreso de grandes presas, celebrado en Estocolmo en el año 1933.

Con el fin de cooperar, en la medida de lo posible, a este conocimiento, solicité de la Casa Icon presupuesto para la instalación de auscultadores en el pantano de La Requeja; el plan a desarrollar no podía ser perfecto por el estado de avance de las obras, ya que solamente podía disponer de los macizos 1 y 5, a los que por tanto habíamos de circunscribirlos esbozando más bien un plan de experimentación de los aparatos, sin que los resultados puedan considerarse como verdaderamente definitivos más que cuando se refieren a la medida de numerosas observaciones y en suficiente número de puntos para alcanzar todas las homogeneidades o alteraciones del fenómeno.

En líneas generales se han colocado dos series de aparatos en cada macizo, llamadas series inferior y superior, compuestas de aparatos llamados gráficamente auscultadores de deformación, de temperatura y de subpresión, éstos últimos únicamente en junta de cimientos o de hormigones de épocas bastantes diferentes; dado las alteraciones y variaciones que siempre presenta el material de una presa y más en el caso de hormigón ciclópeo, es muy conveniente colocar el número de aparatos suficientes, dentro de una racional economía, para poder establecer medidas concordantes, ya que como decimos, de unos puntos a otros en la presa siempre se encuentran diferencias debidas al conjunto de variaciones que influyen indudablemente en el comportamiento físico y mecánico de un macizo de estas dimensiones.

El auscultador es un aparato que transmite a distancia las deformaciones internas de un macizo; la transmisión es eléctrica, la percepción auditiva, de ahí

su nombre; lleva dentro de una coraza cerrada un vibrotensor especial de alto coeficiente de elasticidad cuyo período de vibración varía con el estado de tensión del mismo y, por consiguiente, con las deformaciones longitudinales de los testigos, consecuencia de las variaciones que tengan lugar en el interior del macizo donde quedan instalados. Por ser acorazados deben resistir bien la acción del tiempo, y el no llevar palancas, engranajes, etc., debe hacerlos seguros. El aparato central o telmicrodefórmetro, permite leer directamente en la escala del aparato tarada en micras las deformaciones, sin necesidad de operación ni corrección ninguna. Resulta un poco pesado, sobre todo cuando el terreno es quebrado y no puede tenerse una sola central de fácil acceso, que se encarece por la cantidad de cable que se necesita; los cables que unen los auscultadores al aparato llevan coraza metálica elástica, siendo preciso no darles golpes, ni que atraviesen sitios de gran humedad permanente, como pozos, cunetas, etc., pues entonces podrían llegar a deteriorarse, aunque estos cables se están perfeccionando constantemente como es lógico, dada su importancia.

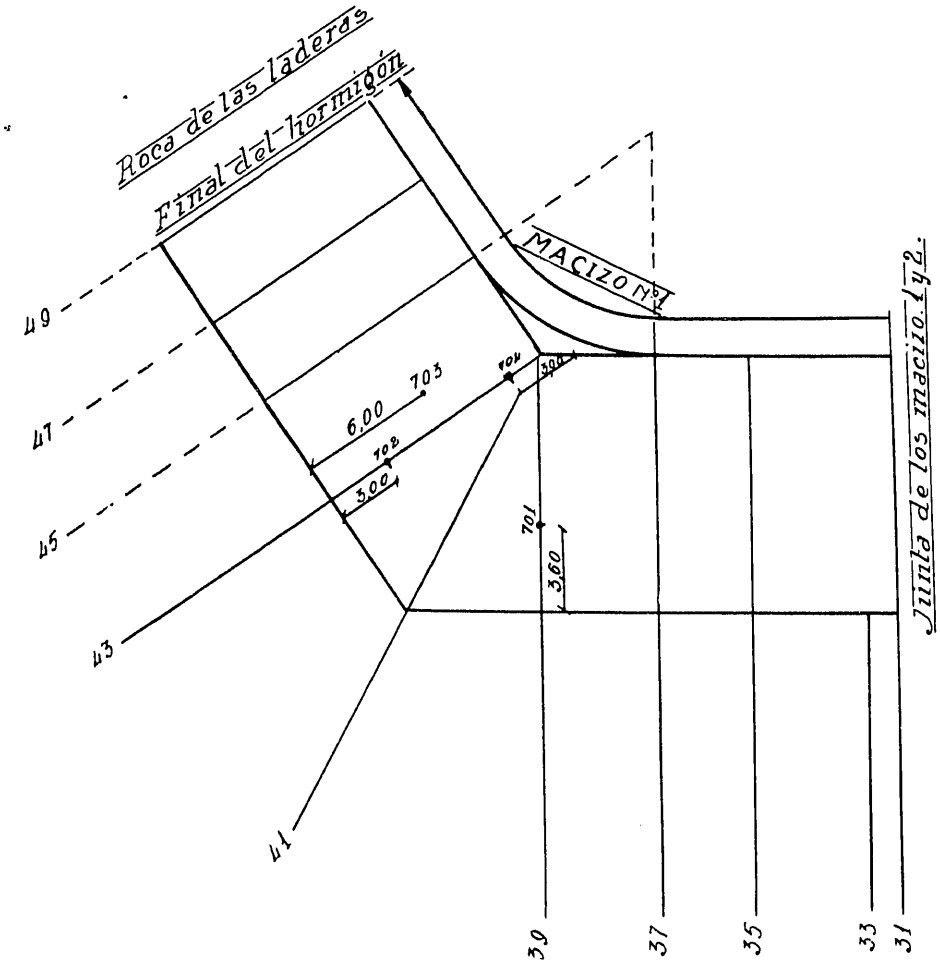

Fig. 1.ª — Pantano de la Requejada. Aparatos de temperatura colocados el 2 y 3 de julio de 1934 en el macizo número 1, a la cota (1 069,50).

Se han instalado en Requejada las tres clases de auscultadores: los de temperatura, los de deformación y los de subpresión. No habiéndose aún cargado el pantano, nos limitaremos únicamente a dar alguna noticia sobre los auscultadores de temperatura, dejando los otros para más adelante.

La instalación de estos auscultadores térmicos, ha venido a demostrar la utilidad de estas medidas, puesto que ha permitido obtener datos concretos sobre las variaciones de temperatura efectivas en nuestro clima y con las marchas de obra que podemos suponer casi normales en nuestro país.

Con ellas se ha comprobado que las elevaciones de temperatura no son tan fuertes como muchas veces se ha temido por comparación con las elevaciones obtenidas en laboratorio o con las obtenidas por mediación directa en las grandes presas extranjeras, y particularmente americanas, cuyas velocidades de hormigonado impiden el enfriamiento de la masa y provocan, por consiguiente, un aumento de temperatura mayor; debemos tener en cuenta, además, que el hormigón de Requejada es ciclópeo, con un 10 por 100 de bloques, mayores de 800 kg.

Los aparatos se instalaron en número de catorce, de los cuales se colocaron cuatro en el macizo número 1 y diez en el macizo número 5. La posición de los macizos en el conjunto de la presa es la siguiente: el macizo número 1 es uno de los estribos, apoyando por tanto directamente en las rocas de los lados; el macizo número 5 en el centro de la obra, entre los macizos números 4 y 6.

La distribución de los aparatos dentro de cada macizo se indica en las figuras primera, tercera, cuarta y quinta.

La marcha de hormigonado fué la siguiente:

En el macizo número 1. — Se colocaron los aparatos de temperatura entre los días 2 y 3 de julio y cota media 1 069,50. Se siguió hormigonando sin interrupción hasta el día 27 de julio, que se llegó a la cota 1 082,50.

Hormigón próximo no se echó nada, salvo en la coronación del macizo número 2, de la cota 1 075,80 a la 1 082,50 en los días 28 de julio al 6 de agosto.

En el macizo número 5. — Se colocaron los números 706 y 709 el 29 de agosto a la cota 1 051,50; los números 705 y 707 el 5 de septiembre a la cota 1 055,40; el número 715 el 12 de septiembre a la cota 1 058,50; los números 713, 714 y 716 el 13 de septiembre a la cota 1 058,50 y los números 711 y 712 el 15 septiembre a la cota 1 058,50. Se siguió hormigonando sin interrupción hasta el día 6 de octubre; el 13 del mismo mes se reanuda el trabajo en el mismo macizo hasta el 25 de octubre, que se para en la cota 1 079,88.

Como en los del macizo número 1 se siguieron para colocación de los aparatos las instrucciones de la Casa Icon, procurando que los auscultadores extremos quedaran distanciados de 3 a 4 m. de los paramentos y de la junta que queda sin hormigonar, y a

unos 6 m. entre sí. Igualmente no se echó hormigón próximo más que en coronación del macizo 6, que fué del 26 de octubre al 21 de noviembre, comprendiendo este hormigón las cotas 1 075,80 a 1 082,50.

Los aparatos son los auscultadores térmicos Icon, fundados en los mismos principios que los auscultadores de deformación de la misma casa, y cuya exac-

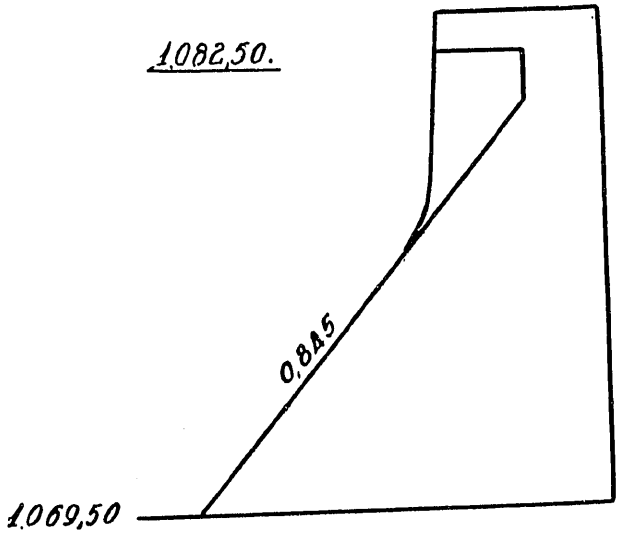

Fig. 2.ª — Sección tranversal de la presa.

titud o sensibilidad es del quinto de grado centesimal, pues aun cuando la casa los fabrica también para sensibilidades mayores, no se consideró necesario para este caso por preverse variaciones relativamente fuertes e interesar por tanto más la amplitud de escala que el exceso de sensibilidad; la práctica ha venido a ratificar este criterio, puesto que se han observado variaciones del orden de un grado de un punto a otro del macizo, aun entre puntos al parecer en condiciones térmicas análogas, debido esto seguramente al gran número de condiciones y circunstancias que pueden influir en la temperatura, tales como variaciones de la temperatura inicial de los áridos, según que hayan estado expuestos más o menos directamente al sol o a la radiación nocturna, hora de hormigonado, dosificación y proporción de agua, facilidad de radiación durante las primeras horas por efecto de la posición distinta de las masas de hormigón alrededor del auscultador, alteraciones del poder conductivo en las juntas de hormigonado, etc., etc.

Las primeras lecturas de los auscultadores no pueden, en general, considerarse válidas e interesantes, porque estando dispuesto el verdadro termómetro o aparato sensible a la temperatura en el interior de una armazón herméticamente cerrada, es necesario un cierto tiempo para establecer el equilibrio térmico entre el ambiente o la masa exterior y el interior sensible del aparato; la capacidad térmica de la envolvente está calculada, según garantiza la casa suministradora, para que una vez hormigonado el aparato siga ya sin retraso perjudicial las lentas variaciones térmicas del hormigón, pero ya advierte que en un ambiente variable o alternativo y en el que el aparato pueda absorber calor por radiación sobre la envolvente metálica las lecturas no son válidas, pudiendo llegar a acusar errores importantes y siendo necesario entonces utilizar aparatos de armazón abierta y escaso calor específico, con características opuestas a las de los aparatos fabricados especialmente para la absorción de calor por contacto en el interior del hormigón, como son los empleados en Requejada.

Los aparatos que quedan embebidos en el interior del hormigón se comunican por medio de un cable eléctrico especial acorazado con el aparato central de lectura o telemicrodefórmetro de la misma casa Icon, con el que se hacen cuantas lecturas u observaciones se deseen de cada uno de los auscultadores, con la ventaja de no precisar personal especializado, pues con una sencilla explicación y práctica de unas lecturas puede hacerlo diariamente, si se quiere, el guarda, vigilante o encargado del Pantano.

Fácilmente se comprende la importancia del cable de unión auscultador-telemicrodefórmetro, pues si esta unión llegara a faltar no podríamos continuar leyendo, perdiéndose por completo el auscultador en el interior de la presa. Por esta razón el cable se está mejorando casi continuamente, y ya en Requejada el último cable suministrado era superior al primero.

La unión del cable con el auscultador es también delicada, sobre todo en ciertas posiciones de los auscultadores de deformación, debiéndose evitar ángulos bruscos.

Para la colocación se echaba una primera cama de hormigón, sobre ella se colocaba el auscultador, tapándolo con una pequeña masa de hormigón colocada a mano cuidadosamente, y el cable se extendía sobre el macizo, cubriéndolo también con hormigón lo más pronto posible para evitarle golpes y erosiones, sobre todo cuando como en Requejada se embeben en el hormigón grandes bloques de piedra.

Como se ve en las figuras 1.ª a la 5.ª, se colocarán siempre los auscultadores a bastante distancia de los paramentos para que las lecturas pudieran ser concordantes, y como se ve en los diagramas térmicos la influencia de la radiación de estos paramentos no se hace notar especialmente sobre ninguno de los auscultadores, demostrando esto, a nuestro juicio, que la separación de tres a cuatro metros de los paramentos es suficiente para alcanzar una zona de temperaturas ya relativamente uniforme dentro de macizos del tamaño de los de Requejada.

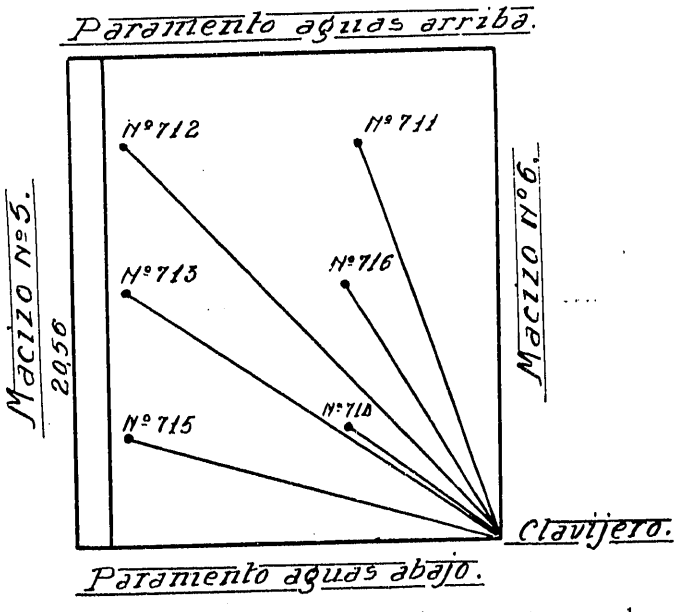

Fig. 3.ª — Aparatos auscultadores de temperatura en el macizo número 5. Serie superior; cota (1 058,50).

En la figura 6.ª se indican las temperaturas acusadas durante el período de ocho semanas por término medio después del hormigonado, por cada uno de los auscultadores térmicos.

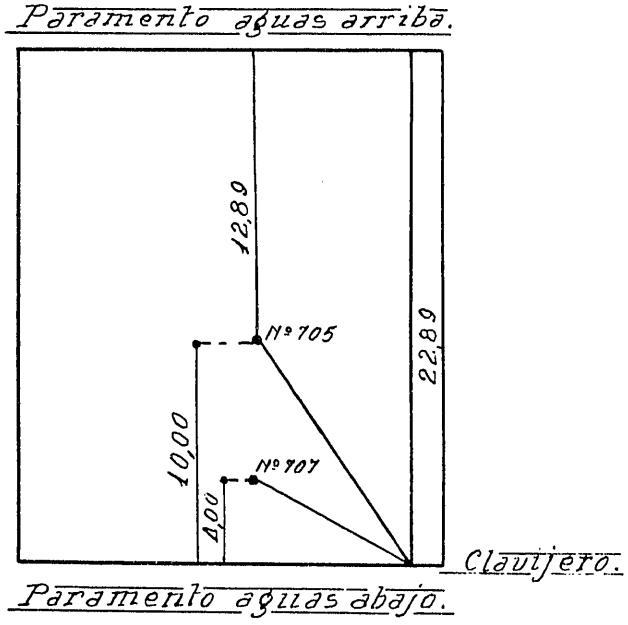

Fig. 4.ª — Aparatos auscultadores de temperatura en el macizo número 5. Serie intermedia; cota (1 055,40).

Un golpe sufrido por el aparato, que produjo una avería en el regulador, ha hecho necesario establecer una corrección en las lecturas posteriores a 1.º de octubre, corrección hecha con arreglo a la nueva tara del aparato por la casa después de producirse la avería. Aun cuando esto podía producir una cierta desconfianza en estas últimas lecturas, la continuidad general de las curvas obtenidas parece garantizar suficientemente su exactitud.

Se observan, como decíamos antes, diferencias del orden de un grado de unos puntos a otros, diferencias que no pueden achacarse a los aparatos, dada la forma en que se producen, sino a diferencias reales en la marcha térmica del macizo; pero en el conjunto de las lecturas sorprende por una parte la uniformidad general de las mismas y el hecho de agruparse todas ellas alrededor de dos curvas medias (1) y (2), totalmente diferentes, formando, por así decir, dos familias de curvas que señalan dos tipos diferentes en la marcha o desarrollo térmico de las respectivas masas.

En la (1) la elevación de temperatura se produce mucho más de prisa y el enfriamiento empieza antes, o lo que es igual, la reacción exotérmica del hormigón termina antes.

En la (2) la elevación, por el contrario, es más lenta y más segura.

Muy interesante sería, repitiendo estudios análogos en otras presas, observar si se producen en ellas fenómenos análogos a los observados y aclarar si son debidos a alguna causa exterior circunstancial que aquí no se adivina, o si por el contrario son producidos por pequeñas alteraciones en la composición del cemento, pues es bien sabido que la mayor proporción de silicato tricálcico sobre el bicálcico, por ejemplo, tiene como consecuencia inmediata provocar una mayor rapidez de endurecimiento, con la consiguiente elevación más rápida de la temperatura; razón por la cual se preconizan en América y se van introduciendo en Europa los cementos fríos de endurecimiento lento, especiales para presas, con la singular ventaja de disminuir o reducir las alteraciones térmicas, con su requisito de contracciones y fisuraciones internas peligrosas.

Los fabricantes de cemento dirigen en general sus esfuerzos hacia la obtención de un material que presente una gran resistencia después de su fraguado, sin preocuparse de conocer cuál será en definitiva tal resistencia, cuando el cemento haya sufrido un fuerte aumento de temperatura durante un tiempo bastante largo. Para las presas parece más conveniente un cemento cuya máxima resistencia no se alcance sino al cabo de dos o tres años y que no produzca un fuerte aumento de temperatura, que un cemento que se caliente mucho y presente rápidamente una gran resistencia.

Se ve, pues, la importancia de proseguir estos estudios experimentales sobre las presas, pero acompañándolos de medidas simultáneas en laboratorio con las mismas sacadas de cemento empleadas en las masas contiguas a cada auscultador, para determinar el calor del fraguado y endurecimiento del mismo, y poder así sacar conclusiones importantes sobre este tema de los cementos, tan abandonado hoy al amparo del pliego oficial establecido, en cuyos ensayos no entra la determinación del calor de fraguado y endurecimiento, índice importante de la calidad del cemento, particularmente en lo que a presas se refiere.

Proyectado un plan de conjunto, antes de empezar las obras, y no como en este caso de Requejada, creemos puede y debe obtenerse alguna economía, tanto en auscultadores como en el aparato central, y que el gasto ocasionado está justificado por las consecuencias y enseñanzas que de una lectura metódica y continua pueden deducirse. Nada digamos sobre su utilidad como avisador de deformaciones peligrosas de las presas, con las que se pueden poner en guardia a los poblados de aguas abajo, que podrían ser afectados por una rotura del macizo.

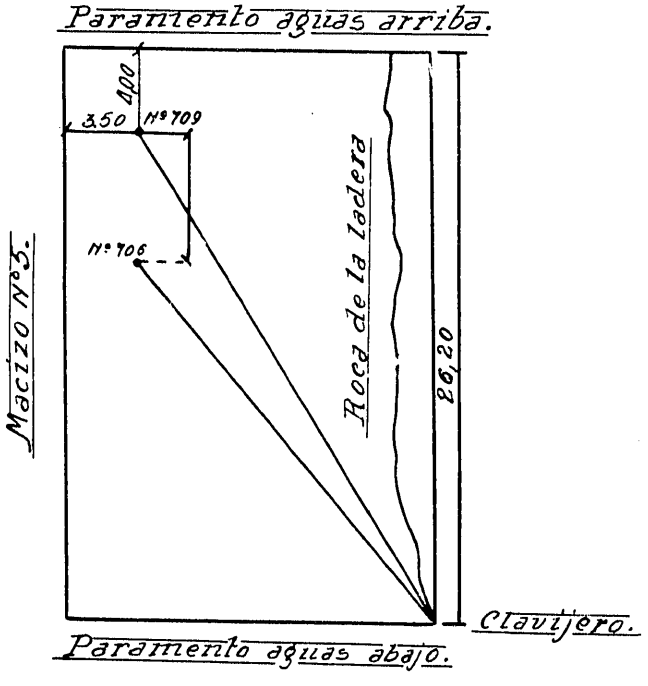

Fig. 5.ª — Aparatos auscultadores de temperatura en el macizo número 5. Serie inferior; cota (1 051,50).

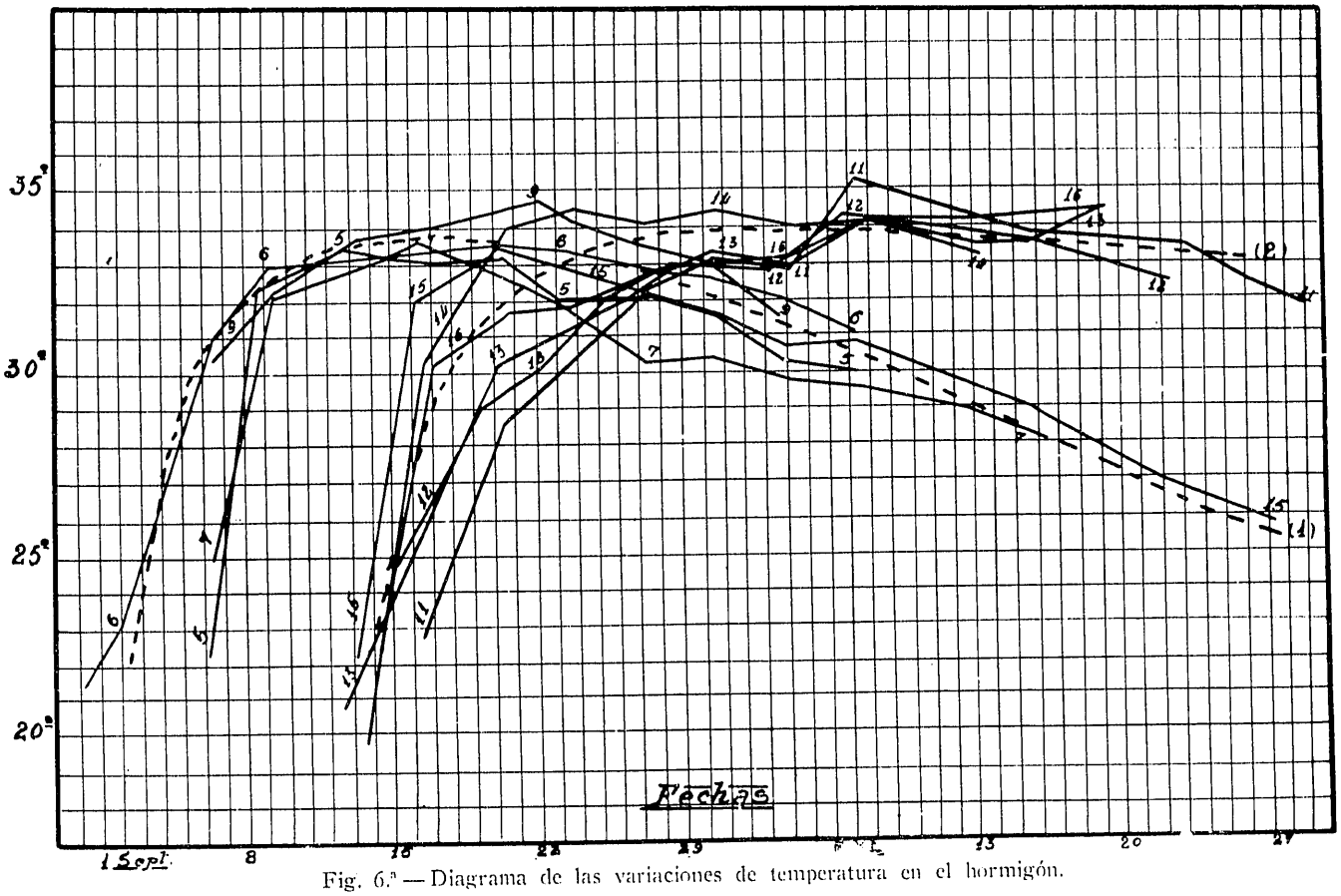

Fig. 6.ª — Diagrama de las variaciones de temperatura en el hormigón.

Como hemos dicho, estos estudios se han hecho con aparatos de producción nacional, gracias al esfuerzo técnico de la casa Icon, que en sus pruebas y ensayos particulares ha sido auxiliada por los ingenieros encargados de otras presas, en las que se han hecho y están haciéndose estudios de indudable interés, de los que se obtendrán las primeras enseñanzas sobre el particular, y que nos han permitido llevar a cabo con éxito estas instalaciones de auscultadores térmicos, de deformación y subpresión. Estimamos que la labor emprendida debería ser continuada en cuantas obras de hormigón de mediana o gran importancia se estén ejecutando o vayan a emprenderse en lo sucesivo, ya que hará posible, con la confronta de los estudios y resultados que se hagan y obtengan en cada caso, deduciéndose consecuencias que pudieran ser de gran interés para la técnica de la construcción, y en particular en las presas, por lo que puede servir para un mejor convencimiento del comportamiento de estas importantes estructuras y, que proyectándolas con mejor conocimiento de causa, pueden obtenerse sensibles economías en los enormes macizos de cierre, verdaderas montañas artificiales que interceptan el valle, creando el embalse.

José GARCIA AUGUSTIN,
Ingeniero de Caminos.

La radioactividad artificial

El premio Nobel de Química fué hace poco otorgado al joven matrimonio Joliot-Curie, resonando así una vez más este último prestigioso apellido en el mundo sabio, con motivo de la radioactividad, pero ahora obtenida artificialmente y consiguiendo, lo mismo que con la natural, sorprendentes transformaciones atómicas entre los cuerpos llamados simples. Convertir *boro* en *nitrógeno,* y luego éste en *carbono,* o el *magnesio* en *silicio,* para cambiarlo después en *aluminio,* parece entrar de lleno en la magia alquimista.

Claro está que nadie se siente hoy asombrado de las transmutaciones de unos cuerpos en otros, puesto que ninguno ignora las conseguidas por Rutherford en 1922, notablemente la del nitrógeno en hidrógeno; ni tampoco que el radio-aluminio logrado por esa mencionada pareja Joliot-Curie, partiendo del magnesio, fué conseguido en Italia por Fermi, sacándolo del aluminio inerte, deduciéndolo Lawrence en los Estados Unidos del fósforo, y que Cockroft, en Inglaterra, obtuvo un radio-nitrógeno diferente del francés, tomando el boro como punto de partida.

No obstante, el famoso premio se ha concedido muy merecidamente, por el sensacional descubrimiento de que las emanaciones *alfa,* lanzadas por los cuerpos radioactivos, al chocar con los átomos de diversas materias para efectuar su conversión en otra, creaban al mismo tiempo en la transformada cierta radioactividad, enteramente semejante a la natural que ofrecen el uranio, el radio, el torio, etc., observándose tan sólo mucha menor duración en su persistencia. Por ejemplo, mientras el radio calcúlase que vendrá a perder la mitad aproximada de su actividad únicamente al