

tintas zonas de la ciudad, debe huirse especialmente de colocarlo en la proximidad de zonas industriales, que tienen en primer lugar el gran inconveniente de los humos y además no reúnen condiciones estéticas deseables, ni para los alrededores del aeropuerto, ni para los accesos de éste a la ciudad; en general debe buscarse la proximidad de zonas residenciales que, por cuanto al aeropuerto se refiere, son las más convenientes; hay únicamente que tener en cuenta, con relación al efecto del aeropuerto sobre la zona residencial, que los ruidos de los motores son molestos en una distancia de unos 700 metros del campo. Como el valor de los terrenos de las zonas residenciales, en la periferia

de las ciudades, generalmente no es grande, una solución acertada es adquirir una zona de terreno alrededor del campo propiamente dicho, que puede dedicarse a edificaciones no residenciales, convenientes al aeropuerto como almacenes, talleres, etc., dejando una parte importante, inmediatamente aneja al campo mismo, como jardines o espacios libres de juego, etcétera... que puedan permitir, sin gasto importante una ampliación futura del aeropuerto. En este aspecto, como en otros muchos, son excelentes los aeropuertos de Berlín y Hamburgo.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos.

El progreso de la técnica de las grandes presas de fábrica¹

III

CONTROL DE LAS PRESAS

Parecería natural que se sometieran obras de una importancia tan grande, para la seguridad pública y porvenir de las empresas que las explotan, a un control regular. No se ha hecho en tiempo pasado, y aun hoy pocas presas son objeto de un control que permita verdaderamente conocer su estado.

Esta laguna es debida a dos causas. De una parte, se creía que estas masas formidables eran inmutables y tan duraderas como las laderas de los valles que interceptaban. No se veía qué causas podrían modificar el equilibrio de estas construcciones, de la naturaleza de la roca misma. Se tenían sólo los terremotos, con la sensación de la imposibilidad de luchar contra tal eventualidad. Por otra parte, ¿cómo controlar una presa y sobre qué concentrar la atención?

El primer control que se impone es el de las pérdidas de agua. Las presas antiguas no tenían pozos ni galerías de visita; una buena parte de las fugas se escapaba por el pie, bajo la masa de relleno que cubría la roca de cimentación, y pasaban inadvertidas. Hoy se controla de diversas maneras la impermeabilidad de las presas, generalmente por galerías de visita, que reúnen las aguas filtrantes, y, además de ellas, por pozos hasta la roca para descubrir fugas en la cimentación. El geólogo M. Lugeon, que se ha ocupado de la construcción de un gran número de presas, ha iniciado un sistema científico de observaciones, registrando no sólo regularmente el valor de las pérdidas, sino también la cantidad de cal de las mismas, determinándose esto mediante un aparato muy ingenioso, llamado el auditómetro. Los resultados de estas medidas prueban que una presa no es una obra inalterable y que no sufre transformación, pues puede perder anualmente varias toneladas de cal. La cantidad de sales de las aguas infiltradas puede ser muy diferente de uno a otro punto de la presa. Estas va-

riaciones pueden dar una idea de la procedencia y camino recorrido por el agua. Puede deducirse la importancia de las fugas y el medio mejor de cegarlas. Este método es de gran interés para el estudio de las filtraciones de la cimentación. Se debe vigilar para que su impermeabilidad no disminuya.

Se dispone, pues, de un método de investigación, que da buenos resultados, para controlar la falta de impermeabilidad de una presa. No ha sido aplicado a muchas presas, pero, respondiendo a una necesidad, es de esperar que en breve lo será habitualmente.

La idea de observar la deformación de las presas debe ser tan antigua como la aplicación de procedimientos de medida en otras obras, en particular a los puentes. Si en las obras construidas para resistir cargas verticales se puede aplicar a voluntad una carga superior a la de servicio y observar la deformación resultante, no es lo mismo en el caso de una presa. El llenado y vaciado de un embalse no puede realizarse en unas horas ni en unos días. Además, no es posible aplicar una sobrecarga a una presa, al menos, no sabemos que nunca se haya intentado. A estas diferencias, se une la dificultad de observar las deformaciones. Es bastante más sencillo determinar la flecha vertical de un puente, al cabo de algunas horas, que registrar la deformación horizontal de una presa durante semanas. El problema de la observación de las deformaciones de las presas debe ser resuelto de una manera muy diferente de los métodos aplicados a las obras que se pueden someter a ensayos de puesta en carga, de corta duración.

Nosotros hemos ya indicado, en la introducción a este estudio, la gran importancia que tiene la cuestión de los métodos e instrumentos de medida, pues de ellos depende el desarrollo de nuestros conocimientos. Hemos resumido en el *Génie Civil* (21 octubre 1933) los principales sistemas de auscultación propuestos o aplicados para determinar la deformación de las presas, que se indicaron en Estocolmo. No volveremos sobre ello, para pasar directamente a los resultados prácticos de las investigaciones efectuadas en otros lados y las nuestras personales.

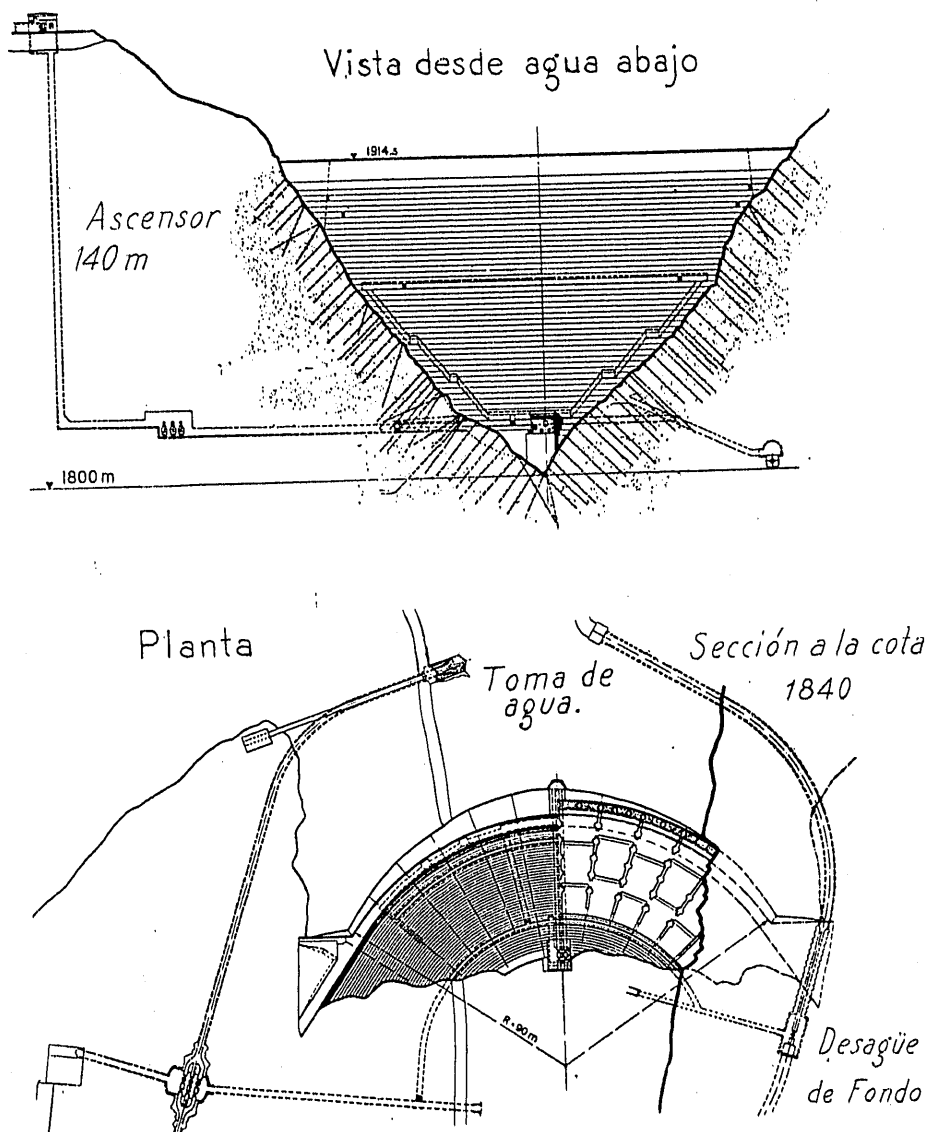
Hagamos notar, en primer lugar, que sólo a la

¹ Véase el número anterior, pág. 109.

luz de observaciones completas, en períodos suficientemente largos, se podrán indicar las condiciones que deben cumplir los métodos de auscultación aplicados al control de una presa. Por esta razón, daremos una reseña de los principales resultados de nuestros métodos, aplicados a diversas presas.

La influencia de la presión del agua es preponderante. La deformación estática es función directa de la carga. La hipótesis, a menudo indicada, según la cual la deformación de una gran masa de hormigón no puede seguir la puesta en carga más que con un cierto retraso, y no se estabiliza más que lentamente, se ha desechado por falta de base. Al contrario, sorprende comprobar la concordancia perfecta que existe entre los diagramas representando la variación de flecha—de un punto de la presa cuya variación de temperatura sea mínima—y los de la cota de agua en el embalse. Si las medidas efectuadas en otras presas dan resultados diferentes, hay que atribuir la causa a otros factores: a variaciones de temperatura, o, probablemente, la retracción (en carga), contra los cuales se está protegido en el seno de una gran presa. El control de la presa de Grimsel, durante tres años consecutivos, desde su puesta en servicio, nos da que la deformación estática es perfectamente elástica. En efecto: la deformación del centro de la presa, sobre la cual las variaciones de la temperatura no tienen una gran influencia, pasa por los mismos valores a 0,1 mm. aproximadamente (en 5 mm.) en el curso de las estaciones y las mismas fases de carga o vaciado del embalse. Otra presa de 100 metros de altura igualmente, cuyo período de observación es más corto, parece confirmar lo anterior. Debe subrayarse este resultado, porque está en contradicción con el deducido por otros observadores sobre un cierto número de presas, que, como indicamos al exponer las ideas sobre la elasticidad del hormigón, parecen afirmar la existencia de una deformación progresiva de las presas cuya flecha alcanza, al cabo de algunos años, un valor doble que el primitivo. Se trata, creemos, de una conclusión basada en un número insuficiente de observaciones comparables para ser generalizada. El gran aumento comprobado de las deformaciones inclina, sin embargo, a admitir que debe ser en ciertos casos debido a una cierta plasticidad de la obra. No es posible elucidar esta cuestión más que sometiendo la obra a una observación continua, en lugar de efectuar el control una o dos veces por año. Pero hasta hoy no se disponía de un método que permitiera prácticamente efectuar las observaciones dos veces por semana, como sería interesante, caso de querer analizar los diversos factores que actúan en una presa.

Después de la carga, es la variación de temperatura la que actúa más fuertemente sobre las deformaciones. Es natural que una presa bóveda, como la de Grimsel, sea particularmente sensible a las variaciones térmicas. Al enfriarse, la bóveda se acorta y la flecha, medida agua abajo, aumenta. Al calentarse, ocurre el fenómeno contrario. Las separaciones máximas dependen de la manera cómo se superponen



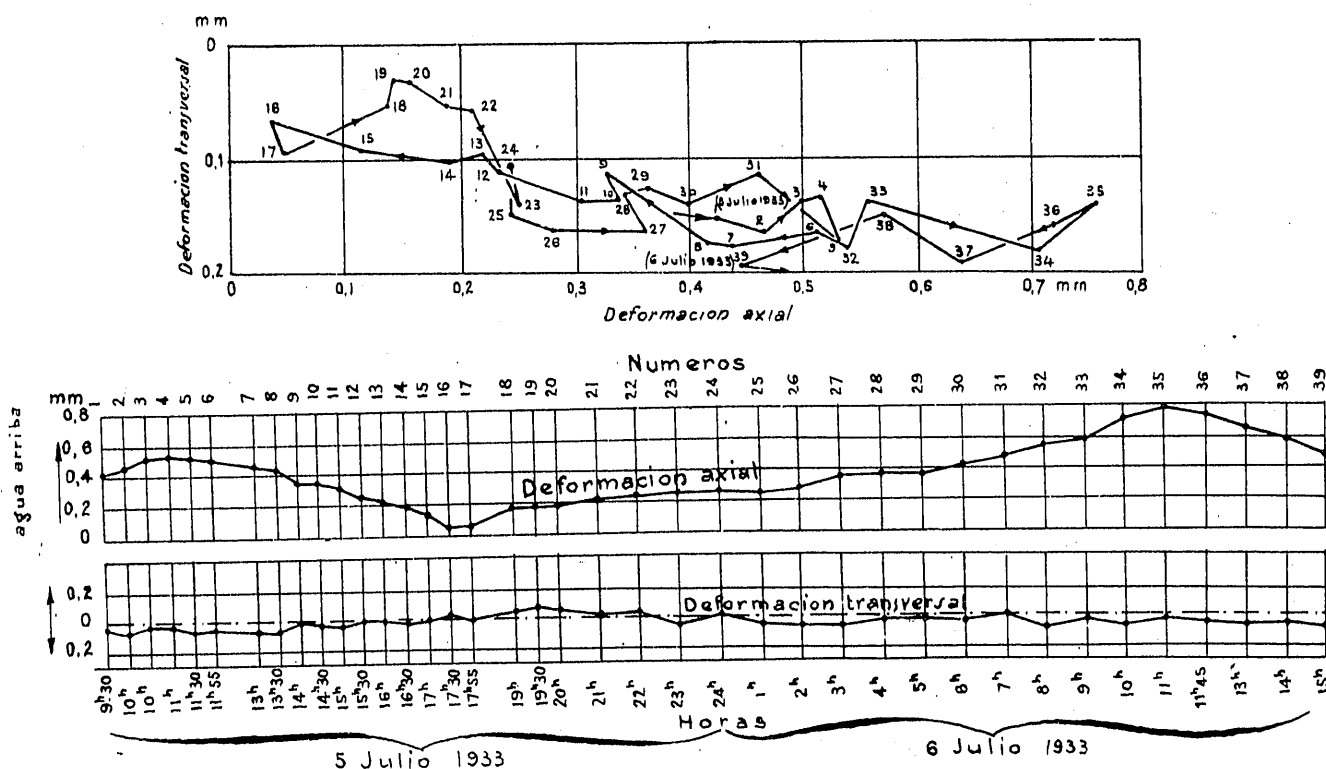
Alzado y planta de la presa de Spitaldam.

los efectos de la carga y temperatura. No pueden dar un valor de comparación bien determinado, pues las condiciones varían de una presa a otra. La importancia del factor térmico resalta en las observaciones de Grimsel, en donde se ha registrado durante el llenado del embalse, en verano, un aumento de la flecha, que alcanza hasta 5 mm. cuando el embalse está en el 80 por 100 de su altura. Este efecto no es sólo por el aumento de longitud de la bóveda, sino por las diferencias de temperatura en los dos paramentos. En la puesta en carga de la presa de Sarrans, en la Tru-yère, se ha observado igualmente un movimiento de la presa hacia agua arriba de 3 mm. cuando el plano de agua era bajo; cuando el nivel de agua crecía rá-

pidamente, la influencia de la carga dominaba; pero durante los períodos de débil caudal de la Truyère, cuando el embalse se llenaba lentamente, se producía un ligero enderezamiento del muro, debido al enfriamiento relativo del paramento de agua arriba.

El efecto térmico domina cerca de la coronación. Se ha comprobado que la coronación de la presa sufre las influencias de la temperatura atmosférica de un día a otro, y efectúa movimientos irregulares, en armonía, sin embargo, con el diagrama de temperaturas. Pero sin tener en cuenta estos movimientos

permanente. Su valor depende de circunstancias geológicas locales y también de modificaciones profundas que lleva consigo la creación de un lago artificial en una comarca. El peso del agua acumulada en el embalse representa una carga cuyo efecto se hace sentir mucho más lejos que el de la reacción de la presa sobre sus apoyos. ¿Cómo y en qué profundidad se propaga? La infiltración del agua en la roca, ¿hace variar las condiciones estáticas? Preguntas a las que no es posible contestar, pero que hacen entrever la probabilidad de un hundimiento de la zona del em-



Gráficas, a embalse vacío, de las deformaciones producidas por las variaciones diarias de temperatura. Observación realizada con los péndulos los días 5 y 6 de julio de 1933 en la presa de Spittalamm.

diurnos, la deformación puede variar, bastante rápidamente, del orden de varias décimas de milímetro por día.

Los movimientos de una presa pueden provenir, además, de una modificación del hormigón o de la cimentación. Esto puede traer consecuencias graves, por lo que conviene registrarlos con cuidado. Por su naturaleza, el hormigón y la roca no pueden sufrir más que deformaciones lentas, que no son posibles de descubrir más que en un control de precisión.

Actualmente no se puede zanjar aún la cuestión de si hay que considerar o no la plasticidad del hormigón de una presa como un fenómeno normal; nosotros podemos solamente señalar que no es general, y debe, por consecuencia, mirarse con atención. Por el contrario, es posible afirmar que la influencia del embalse—presión y temperatura del agua—no se limita sólo a la presa, sino que produce igualmente una deformación de la cimentación y de los alrededores, resultado que es, por otro lado, fácil de prever. Los movimientos del suelo pueden alcanzar varios milímetros en los alrededores de una gran presa. Son, en parte, elásticos, y varían con el nivel del embalse. Pero una parte de la deformación puede ser

balse. A esta acción se une la de la temperatura. La repartición de las isothermas en la zona sumergida se modifica lentamente, y no llega el estado de equilibrio más que después de un largo período. Estos movimientos no tienen, en general, importancia; la corteza terrestre debe efectuar otros, de los que no nos damos cuenta. Sobre los bordes del embalse, y principalmente en los alrededores de la presa, hay un movimiento de rotación que lleva la presa hacia agua arriba. El resultado del control de las deformaciones de algunas presas muestra que el estudio y análisis de los movimientos efectuados son aún más complejos que lo que cabía entrever. Conociendo los principales factores que los afectan, sería fácil hacer una crítica de los diferentes métodos de medida propuestos para observar las deformaciones de las presas. No nos detendremos en esto, y señalaremos solamente que, hasta hace poco, uno solo había dado resultados concretos. Es el método geodésico de la Oficina Topográfica Federal Suiza¹. Los inconvenientes de este método aparecen claramente a la luz de lo antes indi-

¹ W. LANG: *Deformations Messung an Staumauern*. (Publicación del Bureau Topographique Federal. Berne, 1929.)

cado. Es prácticamente imposible repetir las observaciones bastante número de veces para obtener una curva instructiva de la deformación, y, aun si se encargara a un especialista, las condiciones meteorológicas le impedirían muchas veces actuar. Además, la suposición fundamental del método, la inmovilidad de los alrededores, arrastra grandes inexactitudes; hace imposible el control de los mismos apoyos.

Al pensar en adoptar un método de control para la presa de Grimsel, no podían olvidarse estos inconvenientes, ya que hubieran impedido la observación la mayor parte del año. Los nuevos aparatos que propusimos e instalamos para efectuar el control de una presa, la regla clinométrica y los péndulos, se basan sobre otros principios. La base de la comparación de las medidas es la vertical, siempre invariable. En la presa se fijan referencias, empotradas en el hormigón y bastante sólidas, para quedar inmutables durante toda la vida de la presa. Los aparatos de lectura tienen un papel secundario; pueden reemplazarse, sin influenciar el valor de las medidas. Las observaciones por péndulos son sencillísimas y pueden hacerse por cualquiera. Por ausencia de toda transmisión mecánica, eléctrica y óptica, la instalación no puede estropearse y las lecturas son impersonales. Por esto es por lo que cabe alcanzar la precisión de $\frac{1}{20}$ de milímetro, confirmada por cientos de observaciones ejecutadas en circunstancias y con personal diferentes.

En las grandes presas de fábrica, los péndulos quedan permanentemente. En las instalaciones para observar los movimientos de una pila en una presa de compuertas, las lecturas se efectúan cuando el vano correspondiente se cierra. Después de lo cual, el hilo se retira, el peso se coloca en una fosa y el vano se levanta. Este procedimiento no modifica la exactitud de los resultados.

Las observaciones por péndulos pueden efectuarlas los guardas de las presas, dos veces por semana. Este método es el apropiado para el control continuo de los movimientos de una sección vertical de la presa. La regla clinométrica se emplea para señalar con gran precisión las deformaciones locales; su empleo exige un observador especializado. En una presa gravedad bastan las medidas en péndulos.

En el caso de una presa bóveda, los péndulos dan todas las variaciones de la línea elástica de una sección vertical; pero estos datos no son suficientes. Es indispensable determinar de vez en cuando los movimientos relativos de las diferentes secciones del muro. La ligazón entre péndulos se realiza por una triangulación especial, combinada con medidas de longitud por micrómetro. Gracias a las verificaciones obtenidas por la observación de ángulos determinados y la precisión de las medidas micrométricas, es posible establecer una red trigonométrica, cuyos puntos se determinan con décimas de milímetro. Hemos referido no sólo los péndulos, sino otros puntos de la presa y laderas, lo que da datos de los que hemos sacado las deducciones antes indicadas.

CONCLUSIONES

Después de pasar revista a los progresos últimos de los conocimientos relativos a las grandes presas de embalse, nos interesa señalar la importancia que presenta el estudio de estas cuestiones. El análisis de las diversas propiedades y el modo de trabajo de estas

grandes obras es no sólo indispensable para el estudio, ejecución y control de las presas, sino que es altamente instructiva para las aplicaciones del hormigón. Aunque no es necesario el juicio de estas cuestiones desde el punto de vista especialista, sería interesante y deseable un examen crítico, desde distintos puntos de vista, de este vasto problema. En lugar de esto, los constructores de presas se han autosugestionado frecuentemente por las dimensiones grandiosas de la obra. La confianza en su solidez es un sentimiento, más que una certeza experimental. Y, aun si ella es justificada, lo que es el caso general, no se comprende, sin embargo, la falta de curiosidad por lo que pasa en estas grandes masas al ponerlas en servicio. El papel del ingeniero es tanto prever como saber.

Acabada la presa, comienza a vivir; hemos visto que no es el macizo inatacable e insensible a todas las influencias exteriores que se creía. La transformación del cemento prosigue durante años, y puede ser acompañada durante largo tiempo de un desprendimiento de calorías. En cuanto a las reacciones químicas, una gran cantidad de cal se libera, que, como el mortero de cal, grasa en otro tiempo, tiene necesidad de un plazo largo antes de fijar el anhídrido carbónico de la atmósfera. En la espera, el hidrato de cal está expuesto a ser disuelto por el agua de filtración del embalse, y, aunque cada litro no lleve más que una fracción de gramo, estas cantidades ínfimas, totalizadas durante un año, pueden ya dar una cifra impresionante.

Bajo la influencia de la carga y de la temperatura, la masa de la presa está en movimiento constante. La cimentación sufre igualmente deformaciones. Todos estos fenómenos, ¿se desarrollan lentamente o por efecto de esfuerzos concentrados, bajo los cuales el hormigón cede poco a poco? ¿Qué importancia puede tener el descenso de temperatura y el desecamiento del hormigón, el lavado de la cal o una alteración eventual del hormigón de los paramentos? Nada se puede afirmar de la inspección de la presa; la masa de hormigón no da ningún signo exterior de su estado, a menos que el mal esté muy avanzado. El solo criterio de la seguridad de una presa lo da la observación detallada y seguida de sus deformaciones.

Todos los que tienen la responsabilidad de una presa están persuadidos de la seguridad absoluta de su obra; una opinión contraria la encontrarían intolerable. Pero ¿por qué no basar esta convicción en datos experimentales indiscutibles? La cosa vale la pena. Los accidentes de algunas presas y los desastres consiguientes para la población de agua abajo, pudieron evitarse si los movimientos de las mismas se hubieran registrado y controlado. Esta probabilidad, por reducida que sea, debiera bastar para controlar las presas importantes. Pero aun si se juzga exagerado el mirar la cuestión desde el punto de vista de la seguridad general, el control de las presas, registrando sus deformaciones, parece justificado por la necesidad de conocer su estado, con el fin de asegurar la explotación. Un cierto número de presas se encuentran ya en estado de reparación. En muchos casos, una elevación sería muy interesante. Sólo el conocimiento del modo de trabajo de la presa permitiría emprender estos trabajos con el mínimo gasto posible, con el mismo coeficiente de seguridad en la obra. Pero aunque no se presenten estos casos, el conocimiento de los cambios

en el estado de una presa permite remediar, sin esperar la agravación del mal, defectos que pueden provenir de la construcción o de una causa nueva no prevista.

En fin: el desarrollo de la ciencia, teniendo por fin la aplicación de los conocimientos, cada día más profundos, a una utilización racional de la técnica de las construcciones en grandes masas de hormigón, necesita una experimentación abundante. De todas las grandes obras de hormigón, las presas se prestan a una auscultación, sencilla y fácil de realizar, pues

pueden las observaciones ser hechas por los guardas de las mismas. Gracias a las grandes dimensiones de las obras, a la precisión de las medidas, a las condiciones de sollicitación bien determinadas y a la posibilidad de un control de duración indefinida, el estudio de las deformaciones de las grandes presas permitirá elucidar los problemas de primera importancia no sólo para estas construcciones, sino para la técnica general del hormigón.

Henri JUILLARD
Ingénieur-Consult; Berna.

Innovaciones en el autogiro

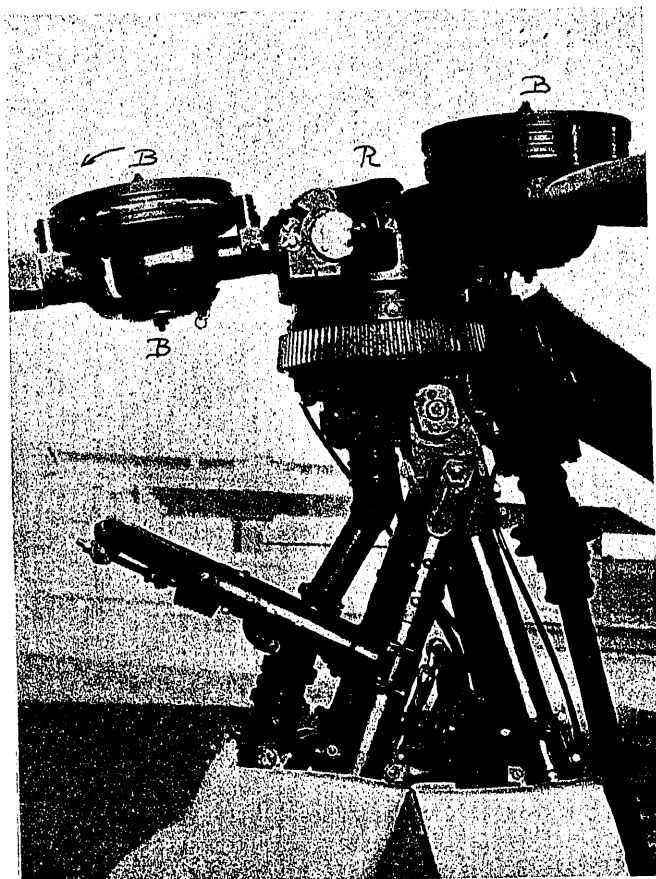
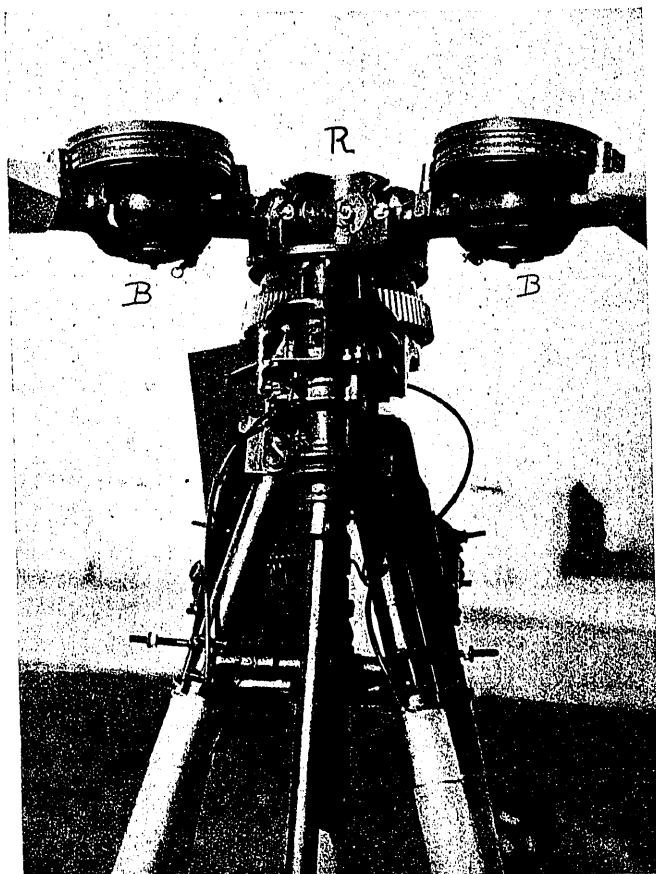
Nos hacemos la ilusión de creer que es este el primer artículo que entre nosotros se escribe para explicar los fundamentos técnicos de la última innovación del autogiro Cierva: el despegue vertical.

Es verdad que en la prensa diaria han aparecido interesantísimos artículos sobre el caso, alguno debido a una de las primeras autoridades de la Aeronáutica española que, en forma admirable y llena de cariño hacia el glorioso inventor, explicaba someramente el despegue vertical; pero en realidad no descendía al detalle. No porque le faltaran conocimientos ni autoridad, sino porque la índole vulgarizadora de un trabajo periodístico, no permite entrar en detalles técnicos propios sólo de revistas de ingeniería.

Por eso creemos de interés informar a los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, ingenieros de Caminos en su mayoría, de la última invención genial de su compañero de carrera.

Las fotografías que presentamos están tomadas sobre uno de los autogiros, modelo C-30, adquiridos por la Marina de Guerra española.

En este modelo, las paletas en número de tres, tienen un pequeño giro alrededor del eje *B* de sus pasadores, siendo estos tres ejes *B* paralelos al eje *R* del sistema, y en torno al cual gira el conjunto de aquéllas. El giro alrededor de *B* es muy pequeño y está limitado por dos toques y frenado por unos amortiguadores de disco, bien perceptibles en las fotogra-



Vistas de frente y lateral del rotor de un autogiro La Cierva, modelo C-30.