

EL PANTANO DEL TRANCO DE BEAS

Por FLORENTINO BRIONES, Ingeniero de Caminos.

El autor, reproduciendo y ampliando la conferencia que pronunció en la Escuela de Caminos con motivo de la terminación de las obras de este pantano, expuso en el artículo publicado en nuestro número anterior sus antecedentes, las características del embalse y de la presa y las particularidades más importantes de la construcción. En este segundo artículo efectúa la descripción de los desagües del pantano y de sus instalaciones auxiliares, terminando con algunos datos relativos al coste y aprovechamiento del embalse de cabecera del Guadalquivir.

II

Los desagües profundos.

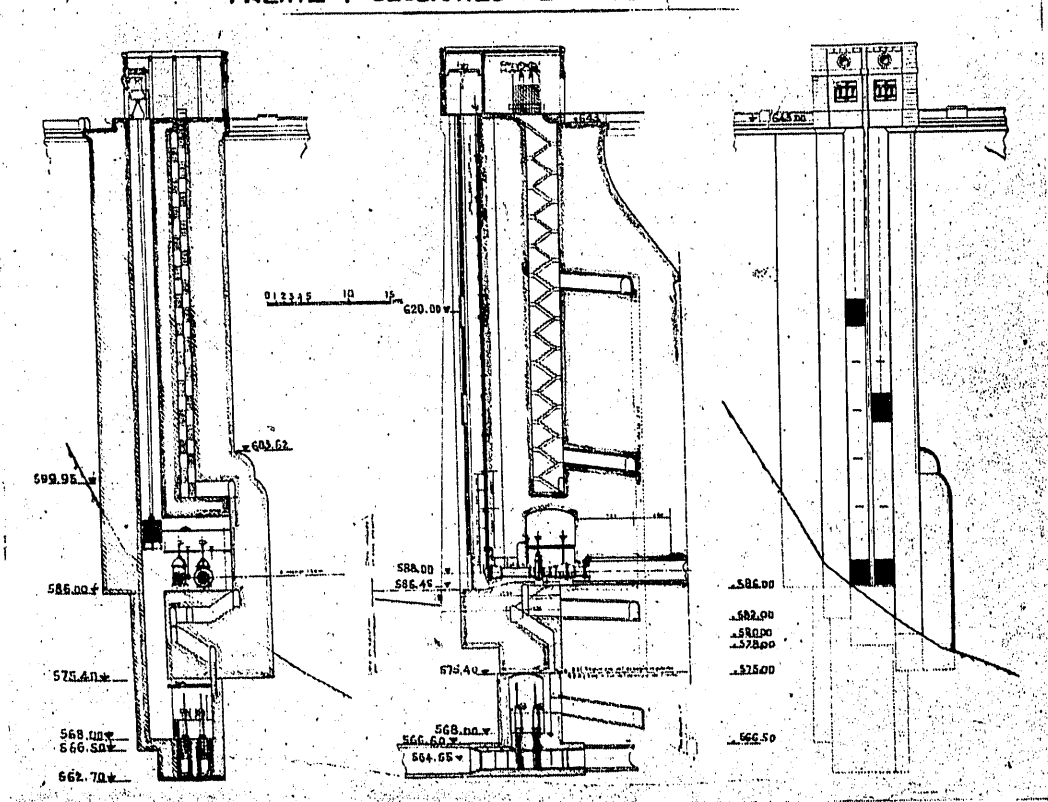
A nuestro artículo anterior acompañaba un plano de conjunto en que puede apreciarse la situación de los distintos elementos a que en el presente vamos a referirnos, así como su disposición en planta.

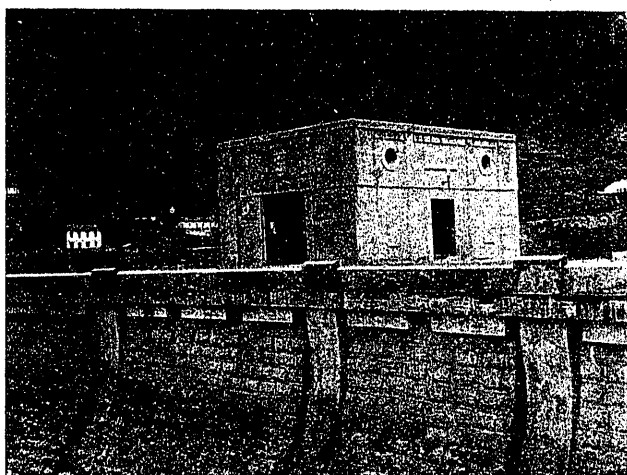
No somos partidarios, en general, del empleo de torres de toma, para situar en ellas las instalaciones de desagüe. Se trata de un elemento muy costoso, que precisa una plena justificación, como suele suceder en las presas de tierra. Ni la subdivisión de la carga, que

las válvulas modernas hace innecesaria, ni la limpieza de rejillas, que no tienen en un pantano el mismo carácter que en las centrales, señalan la torre como solución obligada. A nuestro juicio, y siempre que sea posible, es preferible disponer aguas arriba grandes rejillas fijas — colocadas a veces en torres de captación, pero no de mando — y situar aguas abajo las cámaras de llaves, que tienen así un fácil acceso y permiten que las válvulas desagüen a cielo abierto, evitando o reduciendo los fenómenos de cavitación.

En el caso del pantano del Tranco no prosperó nuestro criterio, considerándose que, los dispositivos de seguridad que la torre permite, aconsejaban esta

FRENTE Y SECCIONES DE LA TORRE DE TOMA





Caseta de coronación.

solución. Puestos a proyectarla, procuramos que la instalación fuese lo más completa posible.

La torre está adosada al paramento de aguas arriba, en la ladera izquierda, y penetra en el terreno hasta encontrar el túnel de desviación, utilizado para desagüe de fondo. Consta de tres cámaras: de fondo, reguladora y de coronación. Sus accesos son múltiples y se comunica con todas las galerías de presa y con coronación, partiendo de la cual puede utilizarse la escalera general que atraviesa toda la torre y el montacargas. Salva éste un desnivel de 75 metros y está previsto para una carga de 5.000 Kg., con un cambio de velocidad para su más cómoda utilización como ascensor.

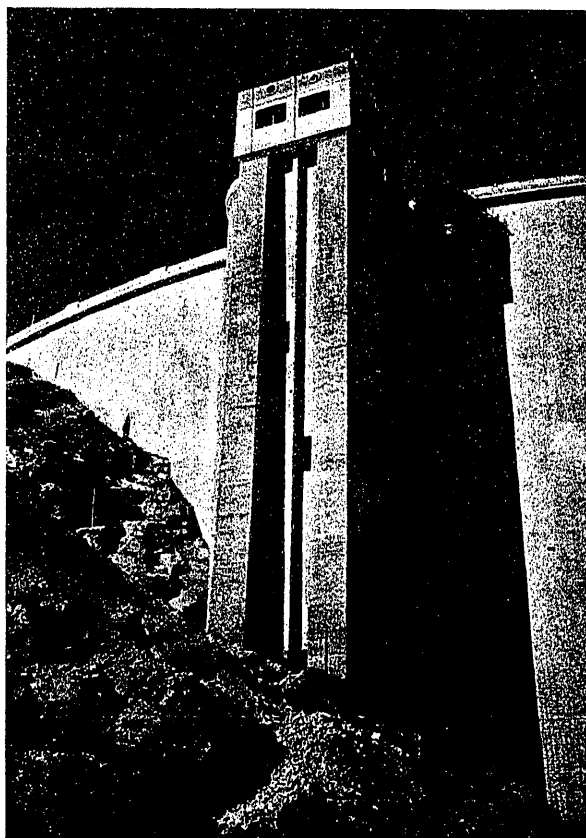
La toma de fondo se hace por el túnel indicado, que se ramifica en tres bocas dotadas de grandes rejillas fijas, que totalizan una superficie libre de 60 m.², con luz de paso entre barras de 13 cm. El número de bocas, primeramente justificado por amenazar la entrada del túnel recto de desviación algunos desprendimientos de la ladera opuesta, se ha aprovechado para situarlas a distintas alturas, quedando más a salvo de la sedimentación. En una fotografía de nuestro artículo anterior se aprecia la posición de estas tomas profundas y una rejilla fija en construcción.

En este desagüe se han empleado compuertas deslizantes de 2 m. \times 1 m., en dos instalaciones gemelas que se unen en un solo conducto de salida, cada una de ellas con doble cierre, previstas para un desagüe total de 104 m.³/seg. con la carga máxima de 77 m. El tipo de compuertas es del modelo adoptado, después de muchos años de experiencias, por el "Bureau of Reclamation" de Estados Unidos, en los desagües de fondo, y que la casa constructora "Maquinista y Fundiciones del Ebro" ha colocado con éxito, dotándole de disposiciones propias, en muchos pantanos españoles. El accionamiento se hace por engranajes, en

lugar de por *cric*s de aceite, sistema que tiene la ventaja de la independencia de cada mecanismo, que no dependen así de la bomba única, elemento común en la otra disposición.

Los túneles, aguas arriba y aguas abajo de las compuertas, abiertos en la roca caliza de la cerrada, llevan un revestimiento de hormigón armado y el tramo de compuertas, de 14,74 m. de longitud, está dotado de un revestido metálico, de semiacero en la parte anterior y de acero moldeado en la posterior, más amenazada ésta por la cavitación. La instalación de desentranquinar, con agua a presión, es análoga a la empleada en otros pantanos españoles.

Pasando a ocuparnos de la toma de regulación, se efectúa ésta, según puede verse en el plano adjunto, a través de un pozo o cámara anterior, protegido por cuatro rejillas móviles, a distintas alturas, elevables desde coronación. Cada una de ellas tiene una superficie libre de paso de 7 m.², y la separación interior entre barrotos es de 6 cm. Para evitar la construcción de cuatro mecanismos y el que los cables queden expuestos a la oxidación, se adoptó la disposición de carretón — análogo al de un puente grúa —, del que

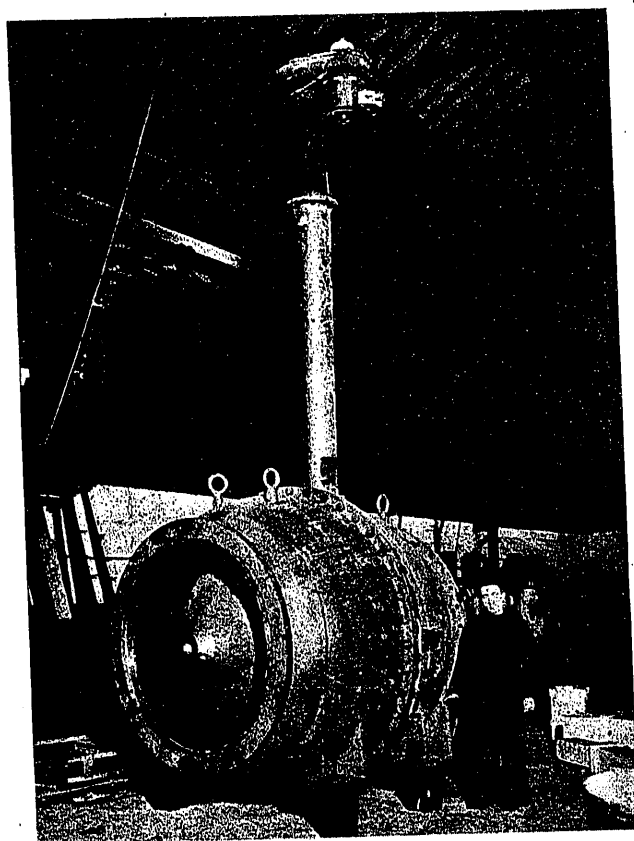


Torre de toma.

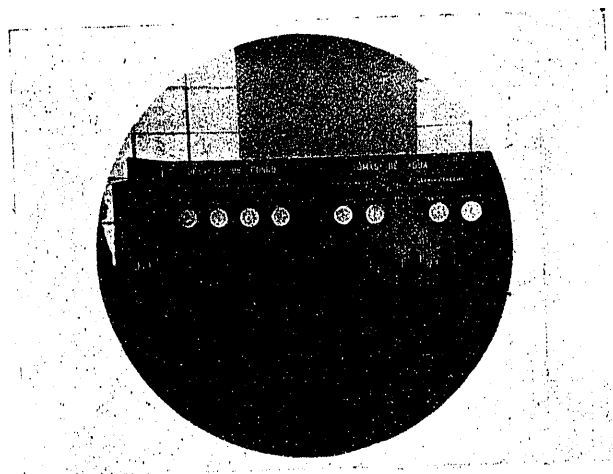
pende una traviesa con gancho automático, que agarra en el enganche que lleva cada rejilla.

Los conductos de toma están dotados primeramente de compuertas de paramento también movidas desde la cámara alta, de 1,70 m. de diámetro, como elementos de seguridad para caso de avería. A continuación el doble cierre, compuesto de una válvula de compuerta y una válvula anular equilibrada. Se trata, como en el caso de fondo, de dos instalaciones gemelas, siendo 1,30 m. el diámetro de los conductos, y el caudal total desaguable 46,50 m.³/seg., con la carga máxima de 53,50 m.

La válvula de compuerta o cierre anterior del desagüe regulador, presenta la particularidad de ser una válvula de platillo, a modo de compuerta de fondo; es decir, que es una compuerta deslizante, perfectamente guiada. Se empleó en sustitución del sistema generalmente utilizado de compuerta en cuña, que tiene el inconveniente de dejar ciertos huelgos, perjudiciales a la circulación del agua cuando se trata de cargas elevadas. Este inconveniente es aún mayor en el tipo de doble disco de asiento paralelo, que hace el aprieto mediante cuñas entre los dos platos, modelo ya desechado por las averías que han causado las antiguas instalaciones de esta clase. El sistema adoptado



Válvula anular equilibrada a 1300 mm.



Cuadro de mando centralizado.

tiene como única desventaja el precisar un mayor esfuerzo de elevación, que exige mayor fortaleza en el vástago de suspensión y en el mecanismo de maniobra.

La válvula anular equilibrada de 1300 mm. empleada en el desagüe regulador, se acciona con la presión del embalse, habiéndose dado, pues, preferencia al sistema de obturador equilibrado hidráulicamente, coincidiendo este criterio con el del estudio que, hace varios años, presentamos en el Instituto Técnico de la Construcción y Edificación sobre válvulas reguladoras de embalses. La empleada en el Tranco ha sido construida, como los restantes elementos de desagüe, por "Maquinista y Fundiciones del Ebro", siendo, que conozcamos, la mayor válvula anular empleada hasta ahora en embalses españoles. Con destino al pantano del Cijara, se construye por "Boetticher y Navarro", y quizás se haya ya terminado, una válvula de análoga carga, pero de 1500 mm. de diámetro, y, por tanto, mayor.

Una disposición de interés en el accionamiento de las válvulas de compuerta y equilibrada es que el acoplamiento a motor lleva un dispositivo limitador del momento de torsión, que deja dicho motor desconectado cuando el momento excede del límite previsto. Esta disposición de seguridad es preferible a la de interruptores de principio y fin de carrera, accionados por el indicador de excursión, que paran automáticamente el motor al llegar la compuerta a sus posiciones extremas, pues resuelve el caso de encontrar la compuerta un obstáculo insuperable que le impida descender completamente, sin necesidad de fiar la seguridad de la instalación a los fusibles de un automático.

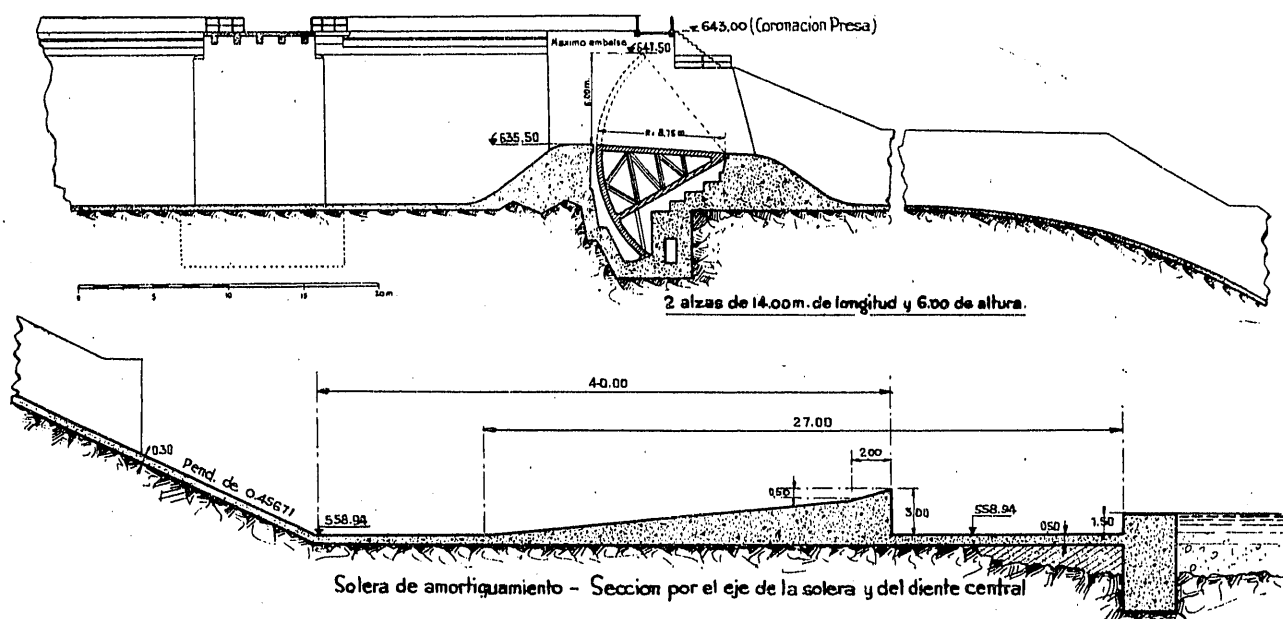
Todas las instalaciones de los desagües profundos pueden moverse, desde su cámara correspondiente, a mano y a motor; pero, además, un sistema de mando

centralizado, situado en la cámara alta o de coronación, permite mover desde ésta todas las compuertas.

go de simples compuerteros, contratarse con la propia casa constructora una revisión periódica.

ALIVIADERO DE SUPERFICIE

Sección longitudinal

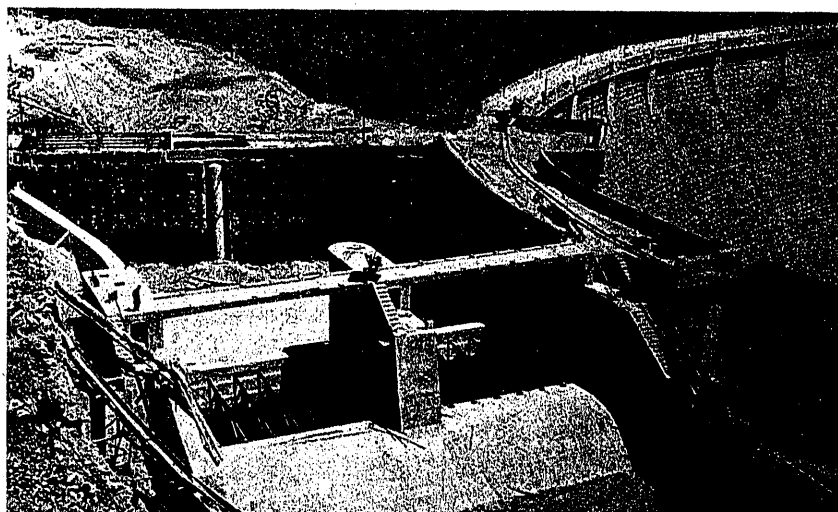


El cuadro de mando lleva indicadores de la posición de compuertas y válvulas, lámparas que señalan el sentido de la marcha, y, para los interruptores de momento de torsión o de fin de carrera, señales acústicas y ópticas. Creemos que esta disposición, útil y cómoda, debiera generalizarse en todas las instalaciones importantes, ya que no origina un gasto suplementario de consideración.

Concedemos una gran importancia a los cierres hidráulicos y, aunque la técnica de detalle corresponde a las casas especialistas, creemos que la unificación y selección de sistemas, el recoger la experiencia de la explotación, el conocimiento de los progresos obtenidos en otros países y su posible aplicación en el nuestro, etc., son asuntos para los cuales debiera establecerse contacto entre los distintos Servicios Hidráulicos, aplicando criterio y directriz única en todos ellos, presentando periódicamente a la Superioridad un informe y propuesta que sirviera de base a los sucesivos concursos. Otro aspecto a considerar, dada la gran complejidad y valor que alcanzan las modernas instalaciones de desagüe, es el de un servicio de conservación en manos de verdaderos mecánicos, con jefes especializados que revisen tales instalaciones, de cuyas posibles averías dependen además intereses de gran magnitud, pudiendo, en donde tal servicio esté aún a car-

El aliviadero.

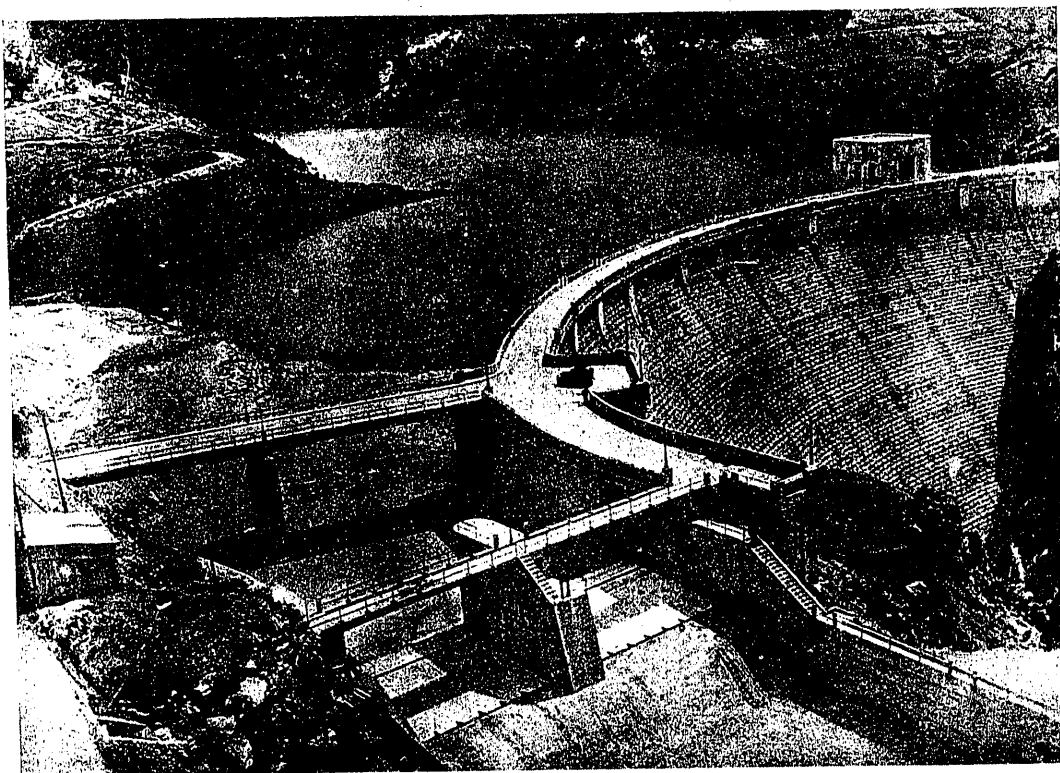
Bien sabido es que el problema del aliviadero de superficie de un gran embalse resulta difícil y delicado, en el caso en que la topografía y la naturaleza del terreno no favorezcan la solución. Desde la fijación de la máxima avenida previsible y su forma de desarrollarse, base insegura del cálculo, hasta la devolución de las aguas al cauce sin que produzcan daño, todas las fases del proceso requieren la máxima atención. El laboratorio de hidráulica es en este problema un auxiliar de gran valor, y el ensayo en modelo reducido facilita las mejores enseñanzas. Nuestro compañero Jaime Arráez, que en el laboratorio de la



Confederación viene desarrollando una labor de gran interés, estudió la disposición proyectada, introduciendo las modificaciones que las sucesivas experiencias iban aconsejando.

Un amplio canal de acceso, cruzado por el puente de la carretera, conduce las aguas al aliviadero automático, continuando el canal de descarga, que conduce las aguas guiadas hasta el propio cauce del río, en alineación recta, a cielo abierto y sin salto vertical al-

Las alzas abatidas permiten el paso de una avenida máxima prevista de $770 \text{ m}^3/\text{seg.}$ que, dada la cuenca de 550 Km^2 , representa un caudal unitario de $1,40 \text{ m}^3/\text{seg. por Km}^2$. Queda un margen hasta coronación de $1,50 \text{ m.}$ y, supuesto utilizado, el desagüe alcanza $100 \text{ m}^3/\text{seg.}$, equivalente a $2 \text{ m}^3/\text{seg. por kilómetro cuadrado}$. El volumen regulador que corresponde a este margen es de 26 millones de m^3 , que permite que el aliviadero soporte un caudal de ave-

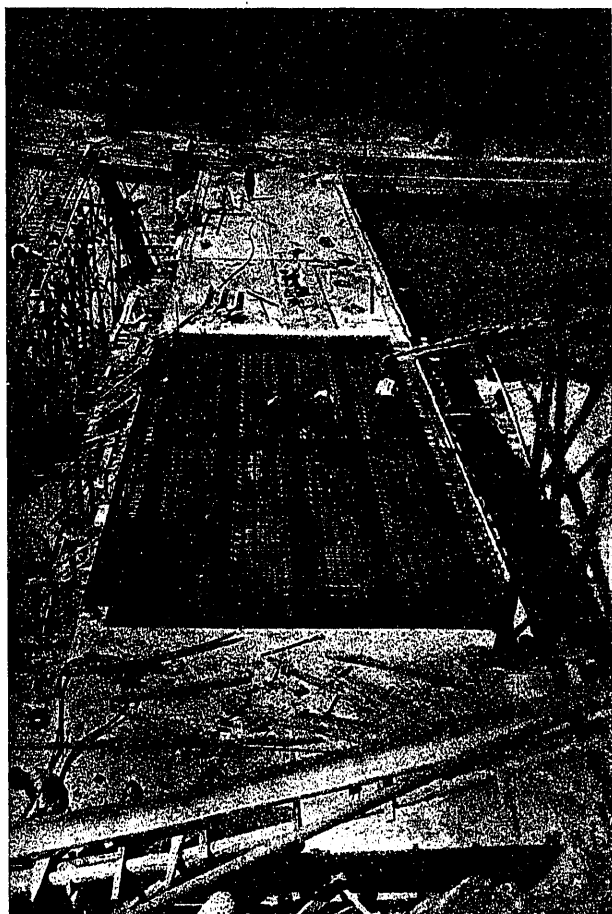


Aliviadero y coronación. Alzas y puente terminados.

guno. Este canal a media ladera, dado lo escarpado de la misma, ha resultado una obra importante, pero bien lo merece la sencillez de la solución y la tranquilidad que proporciona. No puede esperarse que una enorme masa de agua salve un desnivel de 76 m. con una obra ligera. Al pie del canal, una solera de amortiguamiento, con las formas dentadas que indica la adjunta fotografía del modelo reducido, añade a su función amortiguadora la de desviar las aguas, evitando su choque sobre la ladera opuesta, lanzándolas paralelamente al eje del río, por la oblicuidad con que dicha solera corta el cuenco en que el canal termina. Parte de esta disposición está sin terminar, pendiente de una variante sobre la que ha de resolver la Superioridad.

nida de $1500 \text{ m}^3/\text{seg.}$ durante doce horas; de 2000 metros cúbicos por segundo durante seis horas y media, y de $2500 \text{ m}^3/\text{seg.}$ durante cuatro horas y media. Este último caudal corresponde a la aplicación de la fórmula de Creager para un tiempo de diez mil años. Tales datos manifiestan las condiciones de seguridad del aliviadero, aunque se presentasen riadas extraordinarias muy superiores a la máxima prevista, existiendo además pretil macizo de $1,30 \text{ m.}$ en los dos paramentos, fuertemente anclado.

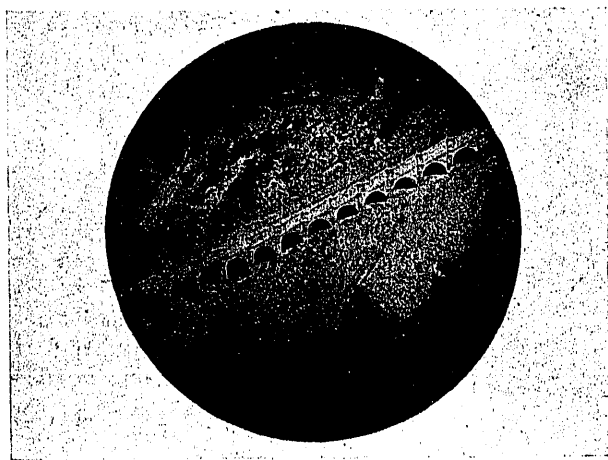
El aliviadero está formado por dos alzas automáticas de sector flotante de 6 m. de altura y cada una de 14 m. de longitud. Son del tipo "Ebro", construidas por esta misma casa y del mismo modelo empleado en Doiras y Biscarrués. A este sistema se le seña-



Armado del puente de la carretera.



Canal de descarga del aliviadero. Solera de amortiguamiento y desviación. Modelo reducido.



Canal de descarga del aliviadero, Cajero izquierdo.



Canal de descarga del aliviadero. Funcionamiento de la solera de amortiguamiento y desviación, en modelo reducido.

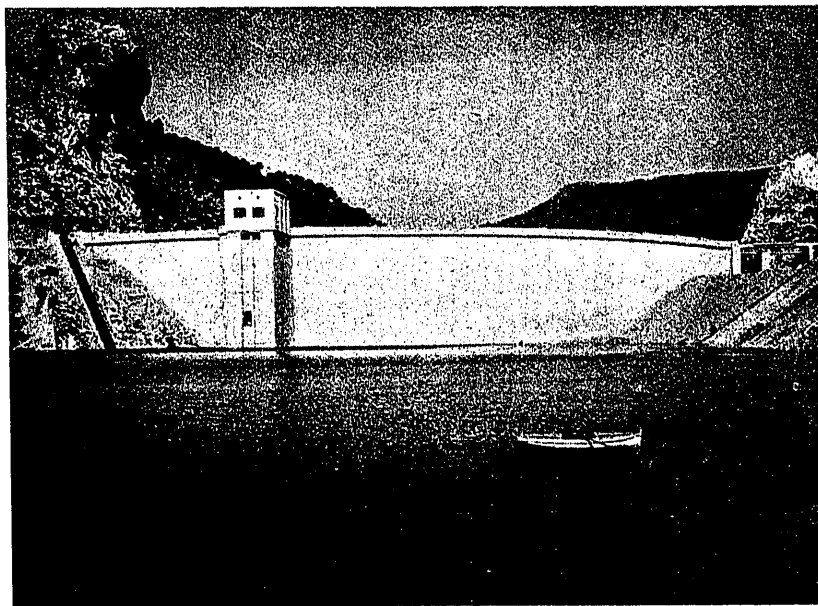
lan como inconvenientes la importante obra de fábrica que lleva aneja y el que durante el vertido queda el eje de giro sumergido e inaccesible, pero tiene ventajas muy apreciables, como son el ser de hormigón armado las superficies en contacto con el agua, el que el apoyo del eje es continuo, distribuyéndose el esfuerzo a todo lo largo de él, y el que el accionamiento hidráulico es completo, sin tracción mecánica intermedia, aplicándose, pues, el mismo criterio de preferencia que vimos en las válvulas anulares al utilizar la presión del embalse.

En este modelo de sector la estructura es mixta, formada por una serie de armaduras metálicas verticales según se aprecia en una de las fotografías, rigidamente arriostradas, que sirven de apoyo a las losas de hormigón armado que forman la envolvente del alza. El mando automático se hace por un juego de vertederos, flotador y válvulas, con dispositivo para suprimir las oscilaciones del sector, disponiéndose también, mediante el manejo de las correspondientes llaves de agua, de dos accionamientos a mano, el ordinario y el de maniobra de socorro. La impermeabilidad de contactos se consigue con chapas flexibles de acero.

Otra de las fotografías muestra el armado del puente con que la carretera cruza el canal de acceso, proyectado, como el lanzadero de maderas y otras mejoras, por nuestro compañero González Muñiz, que nos sucedió al frente de las obras. Su ancho es de 7,50 metros y se salvan dos vanos de 21,70 m. de luz, mediante dos tramos rectos de 14 m. apoyados en mén-



Elevador de maderas.



El embalse a primeros de abril de este año. A la izquierda, el mecanismo elevador de maderas.

sulas de 3,85 m. de voladizo, con altura mínima de vigas.

La flotación de maderas.

En las cortas de madera de los pinares de las Sierras de Cazorla y Segura, se emplea como vía de saca el propio Guadalquivir. Vamos a hacer una referencia del dispositivo empleado para no interrumpir esta servidumbre, que creemos de interés, no conociendo se haya empleado modelo análogo en ningún otro embalse.

El problema de lanzar la madera desde lo alto de la presa al río no suele ser difícil, y un lanzadero permanente o eventual hecho con la misma madera, permite efectuar por gravedad el descenso. En el caso del Tranco, el gran desnivel a salvar en poco espacio y, por tan-

to, la extraordinaria velocidad alcanzada por las piezas, aconsejó adoptar una disposición de amortiguamiento hidráulico, que se consigue derivando aguas del canal del desagüe regulador a la parte inferior del canal lanzadero.

Aguas arriba, cuando las diferencias de nivel del embalse son grandes y no puede pensarse, como en nuestro caso, en abrir pasos a través de la presa, hay

ser reintegradas al río. La disposición en planta puede verse en el plano de conjunto que acompañábamos en nuestro artículo anterior.

El elevador está constituido por una cinta sin fin, moviéndose en plano inclinado, formada por dos cadenas articuladas del tipo "Galle" que, en su extremo superior, pasan por las ruedas impulsoras y en el inferior por las tensoras. Unas garras permiten sujetar



Elevador de maderas. Vista interior de la cinta sin fin.

que ir a recoger la madera a la cola del pantano y traerla por un canal de circunvalación, o bien flotarla por el propio embalse hasta llegar a la presa, lo que es fácil y económico, y elevar la maderada. Lo primero puede ser factible si el canal no es largo y costoso, como sucedía en el Tranco, donde, además, las aportaciones de madera pueden proceder no sólo de la cola, sino de cualquier punto intermedio.

Por ello se adoptó el sistema de elevación, habiendo sido proyectado y construido el mecanismo elevador por la casa "Boetticher y Navarro", especialmente adaptado para elevar traviesas, aunque también utilizable para maderas de otras dimensiones. Unas y otras, una vez alcanzada la coronación, descienden por su propio peso por el canal lanzadero, que se desarrolla primero en túnel y luego a cielo abierto, hasta

las maderas, y una malla articulada que cubre la cinta en toda su extensión, evita su caída o ayuda a su transporte. Un carro tensor móvil, situado en la parte baja, obliga a que la cadena quede siempre perfectamente tensada y permite acortarla o alargarla. En la parte alta, un bastidor fijo anclado soporta las ruedas de impulsión de la cadena. La infraestructura del plano inclinado está formada por dos carriles inferiores y otros dos superiores, que constituyen el camino de rodadura de la cinta: los primeros para el descenso, y los segundos para el retorno a coronación, efectuándose el rodamiento mediante rodillos situados en los extremos de los ejes de unión de las cadenas.

El transporte fundamental es el de traviesas, destinadas a ferrocarriles. La capacidad del elevador es de 500 piezas a la hora, o sea de 8 000 en una jornada.

da de dieciséis horas, pudiendo forzarse la carga horaria en un 50 por 100. El año 1944, primero en que funcionó este dispositivo, se elevaron unas 300 000 piezas, y la madera que en el presente año ha de pasar, es del mismo orden, o algo mayor.

Coste y aprovechamiento.

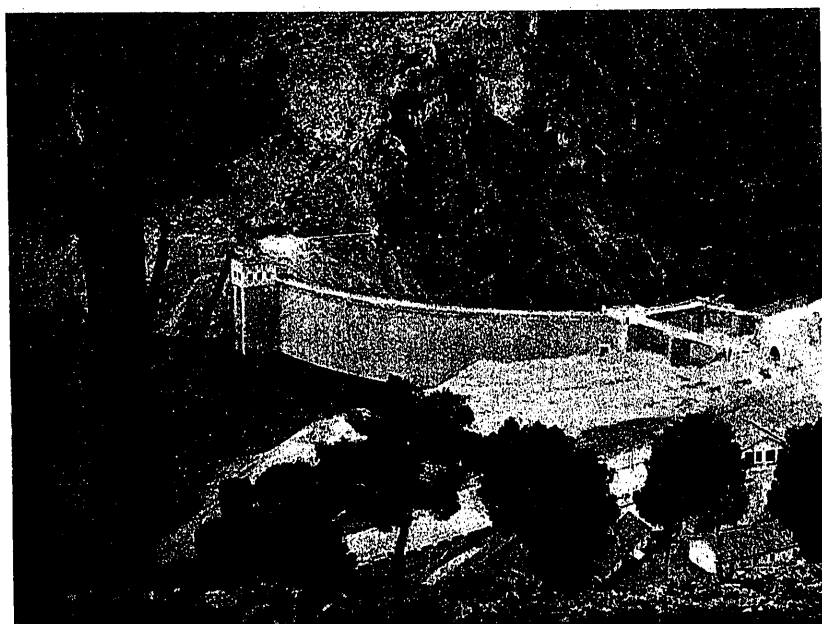
El coste de las obras e instalaciones, incluídos los trabajos de impermeabilización, ha ascendido a 33 millones de pesetas, que, unidos a los 7 millones que han importado las expropiaciones, hacen llegar la inversión total a 40 millones de pesetas, en cifras redondeadas. El gasto por metro cúbico de capacidad de embalse ha resultado de 8 céntimos y por metro cúbico de desagüe medio anual, de 14 céntimos.

Las cifras cuantitativas son las siguientes: relación de volumen de presa a volumen de embalse, $0,46 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ y relación entre volumen de embalse y producto de su máxima superficie por la altura de coronación a eje de vaguada, $0,333$.

El aprovechamiento hidroeléctrico del salto de pie de presa y tramo inmediato de río supone una producción anual de unos 75 millones de kilovatios-hora (tramo final pendiente de fijación definitiva), habiendo sido recientemente adjudicado, y estando efectuándose en la actualidad los preparativos para su construcción. La mejora inmediata en las instalaciones existentes en el Guadalquivir se evalúa en 25 millones de kilovatios-hora al año. Sus posibilidades para am-



Canales del lanzadero de maderas y del desagüe regulador.



Vista de conjunto.

pliación de las instalaciones existentes y para el emplazamiento de nuevos saltos a lo largo del curso del río han de ser aprovechadas en gran escala, y ya se inician construcciones que estaban en esta espera.

El aprovechamiento agrícola, que ha de predominar en la explotación, comprende el riego de 28 000 hectáreas, de las cuales vienen asignándose 4 000 a la provincia de Jaén y 24 000 a la de Sevilla, en la zona del canal del Bajo Guadalquivir. En esta parte inferior la asignación no tiene carácter estricto, ya que se alimentará de diversos embalses, y la coordinación de su explotación aconsejará en cada momento el disponer de aquellas aguas que más convenga.

La importancia de una obra de esta naturaleza no es únicamente la que se desprende de las cifras, y ello lo hemos aprendido bien en los años extremadamente secos que hemos atravesado. El guardár agua de los años exuberantes para los escasos, el modificar el régimen circulatorio de un río desde su origen hasta la desembocadura, es un hecho de gran alcance, y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir ha dado un paso decisivo en el cometido que le está encomendado, con la terminación y puesta en servicio del embalse de cabecera del río principal.

Largo ha sido el período de construcción, por las circunstancias que al principio de estas notas expusimos, y las dificultades de adquisición de materiales y de transportes de estos últimos años le hubieran hecho inacabable, sin la ayuda decidida del Director General de Obras Hidráulicas, Sr. García de Sola, que ha sabido salvar estas y otras dificultades, ocupándose de allanar personalmente cuantos obstáculos se han

presentado. Por ello, y habiendo citado anteriormente a cuantos Ingenieros intervinieron en estas obras, sería ingrato olvidar al escribir estas líneas a quien, desde su alto puesto directivo, ha dado el impulso necesario para su terminación.

El pantano del Guadalquivir, verdadero nombre que cuadra a este embalse, tuvo entrada en las realizaciones hidráulicas siendo Ministro de Obras Públicas el Conde de Guadalhorce — una sola vez hemos estrechado su mano, precisamente en la cerrada del Tranco — y ha sido puesto en explotación regentando dicho Ministerio D. Alfonso Peña Boeuf, que incluyó las obras pendientes con carácter de preferencia en el Plan General de Obras Públicas, de que es autor. Dirigiendo, pues, la política hidráulica, estos dos Ingenieros de Caminos, de tanto prestigio, se abre y cierra el ciclo de los trabajos, cuya descripción damos por terminada.
