

EL EMBALSE DE PINILLA EN EL RIO LOZOYA CON DESTINO AL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID

Por JOSE GARCIA AUGUSTIN
Ingeniero Director del Canal de Isabel II.

Después de explicar claramente los elementos que integran el sistema Este-Norte del abastecimiento de agua de Madrid, pasa el autor a la descripción del embalse de Pinilla, cuyo proyecto y ejecución de obra puede considerarse como modelo de eficiencia en tramitación y realización, como podrá el lector comprobar en la interesante información que sigue.

El sistema Este-Norte, formado por los ríos Sorbe, Jarama, Lozoya, Guadalix y Manzanares, con los embalses actuales de El Vado, Riosequillo, Puentes Viejas, El Villar y el de Manzanares El Real de Hidráulica de Santillana, S. A., regulan un caudal en año seco de unos 8,5 m.³/s. Están aún sin aprovechar totalmente, aunque con estudios adelantados, los ríos Jarama (embalse de Matallana), el Sorbe en su conjunto (embalses de Pozo de los Ramos y Cantalojas) y el Guadalix.

Para mejor entendimiento véase figura 1.^a

También se pueden aprovechar actualmente las aguas fluyentes del Guadalix por medio de una pequeña presa de derivación llamada del Mesto y canal del mismo nombre hasta el Canal Bajo; lo que requiere una estación adicional de cloración al final de aquel canal.

Las aguas fluyentes del río Lozoya, por bajo de la presa de El Villar, se pueden también utilizar, a través de la presa de La Parra y canal de su nombre, hasta enlazar con el Canal Bajo.

Ya señalaremos los inconvenientes que tiene este aprovechamiento del Canal Bajo, por caudales diferentes de los que atraviesan las turbinas del salto de Torrelaguna.

La curva de consumos puso de manifiesto la necesidad de disponer con urgencia de mayor caudal regulado, y, por tanto, de agua almacenada por presas de embalse. Pero no basta sólo la presa, sino que es preciso que su caudal regulado pueda ingresarse en las conducciones generales que lo pongan en los depósitos de la

capital. A estos efectos lo que pudiera llamarse espina dorsal del sistema hidráulico Este-Norte, lo constituyen los canales Bajo, Alto, el ampliado y mejorado de Santillana, y el de El Atazar en su segunda sección, puesto en servicio el 15 de junio de 1966. La capacidad máxima de estos canales es de 28,00 m.³/s. repartida así: Bajo, 4,00 m.³/s., si bien por su edad y clase de terrenos que recorre en algunas zonas en el servicio no se suele pasar de los 3,50 m.³/s.; el Alto, con 6,00 m.³/s.; el de El Atazar, de 16,00 metros cúbicos/seg., y finalmente, el mejorado de Santillana, que para la red tanto del Canal como de Hidráulica de Santillana, tiene una capacidad de conducción hasta Madrid de 2,00 metros cúbicos/seg. Esta capacidad total es, por tanto, muy sobrada para el caudal regulado que pueda recibir en año seco, aun reduciendo aquel caudal máximo al del día medio regulado que es de $28 : 1,25 = 22,40$ m.³/segundo.

La regulación total del Lozoya se conseguirá con el embalse de El Atazar; próximo al pueblo del mismo nombre, pero se trata de obra delicada, tanto por el tipo de estructura proyectada y más apropiada, presa de bóveda gruesa de doble curvatura con 135 m. de altura, como por la clase de terreno donde se debe ubicar, pizarras del silúrico muy cuarteadas. Además, necesita disponer del canal del mismo nombre, o 1.^a sección, obra también de importancia, para colocar el caudal derivado en el nudo de Torrelaguna, para su ingreso en la 2.^a sección del canal de El Atazar, y terminar en el 4.^o depósito de la Plaza de Castilla.

PLANO GENERAL DE LAS INSTALACIONES DEL CANAL DE ISABEL II PARA EL ABASTECIMIENTO DEL AREA METROPOLITANA DE MADRID

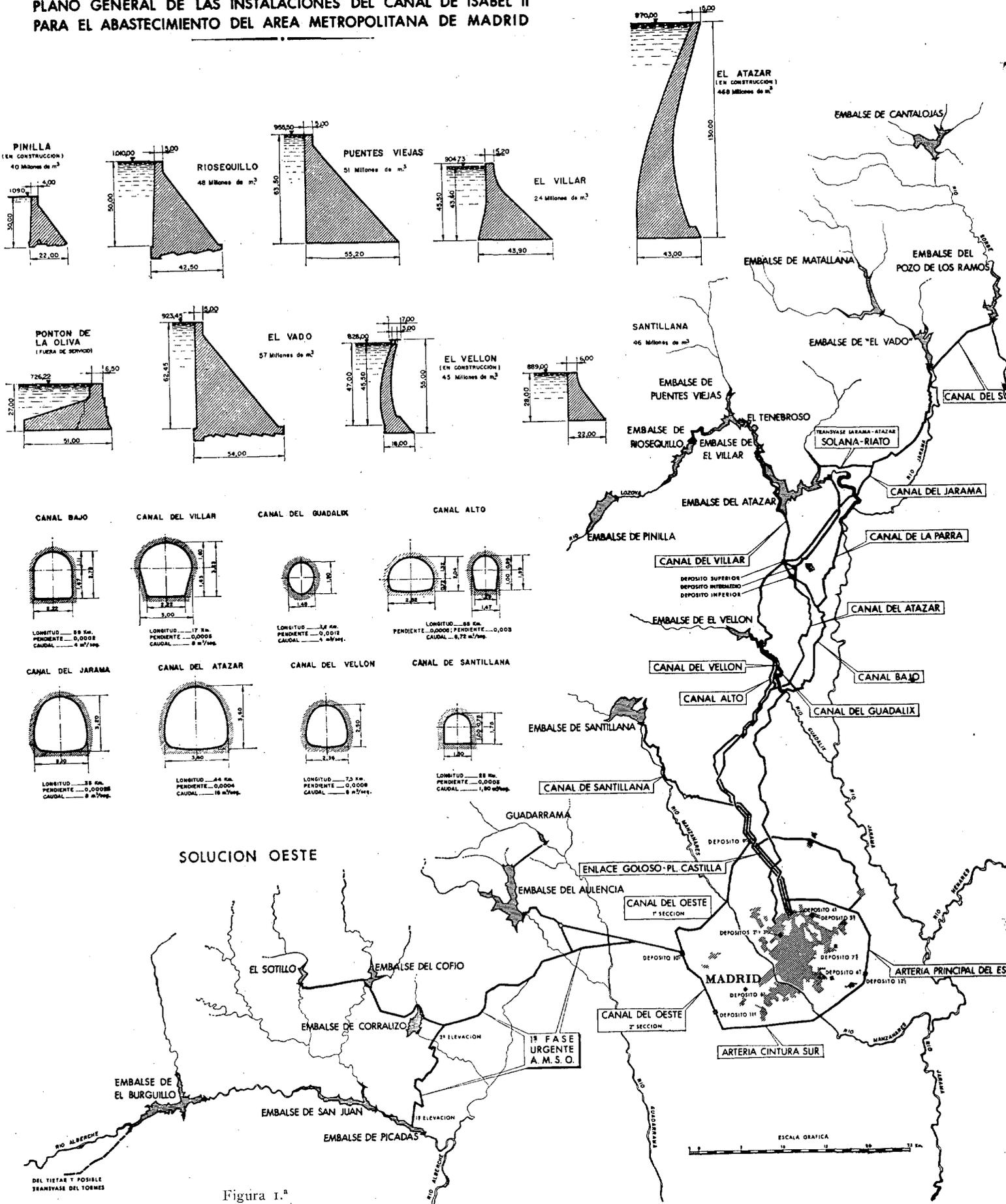


Figura 1.^a

La regulación del río Guadalix mediante la presa de El Vellón, requiere, también, para su buen aprovechamiento, la ejecución del canal de El Vellón, que ponga el agua de este embalse en la cabeza de salida del sifón del Guadalix del canal de El Atazar. Esta presa es también de bóveda gruesa y doble curvatura de unos 60 m. de altura, con aliviadero sobre el estribo izquierdo.

Es decir, que estos embalses siendo imprescindibles necesitaban, además, obras complementarias de mucha importancia, para la mejor incorporación de sus volúmenes de agua al sistema principal de canales que conduzcan el agua a los depósitos de Madrid.

Bien es verdad que podría prescindirse, de momento, de estas instalaciones complementarias de canales, y que las aguas reguladas por estos dos embalses, el de El Atazar y el del Vellón, podrían verterse a los ríos Lozoya y Guadalix y recogerse en el Canal Bajo, para su conducción a los depósitos 2.º y 3.º en Madrid. Pero este modo de acometer la explotación tiene un grave inconveniente, cual es de que el ingreso de estos caudales hace preciso reducir en igual cantidad el caudal que pasa a través de la central de producción de energía eléctrica en Torrelaguna, volúmenes de agua que desde el depósito superior del salto llegan al Bajo a través de las turbinas, y por tanto se reduciría muy sensiblemente la producción de energía, que es indispensable para el desarrollo de las obras en los plazos previstos, ya que el canal, para mayor facilidad, proporciona esta energía a los contratistas, a pesar de no tener obligación de ello, y dadas las distancias a las líneas de transporte de energía eléctrica de las productoras particulares.

Ante todas estas consideraciones, se ponía de manifiesto la gran ventaja e indiscutible conveniencia de poder disponer de un embalse en que se aprovechara rápidamente todo el sistema establecido de conducciones generales y, principalmente, limitando la obra a la exclusiva de la presa.

Al estudiarse el embalse de Riosequillo, el de más agua arriba en el Lozoya y actualmente en funcionamiento, se apreció también algún otro posible emplazamiento casi en la cabecera de la cuenca, pero que en aquel entonces se decidió por el de Riosequillo, porque inunda unos terrenos de mucho menos valor, ya que el otro lo hacía con las vegas de Pinilla y

Lozoya, de expropiación mucho más cara, y evidentemente presentando un problema social que desaparecía con el de Riosequillo.

La ejecución de esta presa de cabecera, que por las condiciones del terreno y relativa cerrada del valle, aconsejaba el tipo de presa de gravedad, no presentaba ninguna dificultad y ponía su caudal regulado a disposición inmediata de los canales de conducción, al ingresar en el nudo de Torrelaguna, donde se podía conducir por cualquiera de los tres canales, Alto, Bajo o de El Atazar, asegurando un incremento de caudal regulado del orden de 1,00 m.³/seg.

Esta presa podía ser, además, una pieza importante de un aprovechamiento hidroeléctrico, derivando su caudal, en lugar de por el río Lozoya, por un canal lateral hasta el arroyo de Canencia, donde podrá establecerse un salto de agua para aprovechar el nivel ganado por el canal en relación al río, y verter a éste para su posterior ingreso en el embalse de Riosequillo.

Formando, además, una cadena con los restantes embalses del Lozoya, se obtiene ventaja para la autodepuración de las aguas y regulación de las mismas como embalse de cabecera del sistema.

Con este embalse, durante los años en que tarde en entrar en servicio el embalse de El Atazar, se reducirán en forma sensible los caudales del río Lozoya, que actualmente se pierden todos los años por falta de embalses suficientes de almacenamiento.

Cuando se ponga en servicio el embalse de El Atazar con sus 461 Hm.³, la capacidad total de embalse sobre el Lozoya ascenderá a 624 hectómetros cúbicos, y como la aportación media del Lozoya en El Atazar es de unos 350 hectómetros cúbicos y el embalse necesario para regularlo sería de 950 Hm.³ no quedará regulado en su totalidad, pero serán escasos los años que se pierda agua. Esta capacidad total se encuentra muy próxima al punto de la curva en el que la relación entre volumen regulado-volumen de embalse, pone límite a la conveniencia económica de acometer obras para obtener un mayor volumen embalsado por medio de las presas correspondientes.

A pesar de todo ello, dado el coste total del embalse de Pinilla, es decir, presa y toda clase de construcciones auxiliares y complementarias, incluso expropiaciones, se obtiene no sólo un coste muy razonable del agua embalsada para

abastecimiento urbano, sino también y principalmente porque su utilización amortizará en muy pocos años su coste; incluso con las actuales bajas tarifas; y habría dado su rendimiento y cumplido el fin urgente para el que se construyó, aunque en el caso límite no volviera después a utilizarse, lo cual no es previsible.

Por todas estas circunstancias, se estimó que la ejecución y puesta en servicio de esta presa estaba totalmente justificada.

El desarrollo del proyecto se encomendó a "Torán y Compañía, Ingeniería y Fomento", bajo la coordinación de un ingeniero del Canal de Isabel II, que lo firma y es el responsable del mismo.

El "consulting" presentó varias soluciones de presas, alguna de cierta originalidad, y la Administración se decidió por una de gravedad recta.

También presentó un anteproyecto y estudio del aprovechamiento hidroeléctrico, que se desglosó del proyecto de presa y se dejó para más adelante, con el fin de no retrasar el objeto fundamental, como era el de obtener cuanto antes agua regulada.

El lugar escogido fue el de una relativa garganta por la que discurre el río Lozoya, pasado el pueblo de este nombre y próxima a él.

La altura del embalse viene determinada precisamente por la existencia de los núcleos habitados de Pinilla y Lozoya, que están a cota bastante baja, y se trata de no inundar ninguna edificación habitable o, por lo menos reducir al mínimo su número. Por esta razón se fijó el nivel máximo a la cota 1.089,90 m. Aun con esta disposición se anegan alrededor de unos 12 edificios, que en el proyecto se protegían con unos espaldones de tierra defendidos por escollera, de los que se prescindió durante la construcción, decidiéndonos por la expropiación de estas fincas. Lo mismo sucede con los cementerios, habiendo optado también por su traslado, ya en ejecución, ante las posibles dificultades que supondrían aquellos espaldones defendidos por escollera, carga de agua que podría producir filtraciones y humedades, la dificultad de los desagües, etc. La coronación de la presa se establece a la cota 1.090 metros.

La cerrada se encuentra situada a la altura del kilómetro 13,200 de la carretera comarcal

de Lozoyuela al puerto de Navacerrada. Está constituida por gneis embrechíticos, glandulares y crocidíticos, apareciendo la roca en superficie ligeramente alterada, habiéndose comprobado en la realidad una penetración de esta alteración mucho mayor de la supuesta en el proyecto y de alguna mayor intensidad. Las fracturas que aparecen en la zona de la cerrada representan accidentes de relativa poca importancia, no observándose fenómenos cataclásticos ni grandes desplazamientos, habiéndose inyectado e impermeabilizado las roturas que se han puesto de manifiesto. Algunas diaclasas están abiertas, y aunque es posible tiendan a cerrarse en profundidad o tengan materiales impermeables de naturaleza arcillosa, se han hecho, sin embargo, pruebas a presión, y se ha procedido a su inyección en la zona de la obra cuando se ha considerado necesario.

En cuanto al vaso, se aprecia una gran fractura con dirección sensiblemente N. 45° E., que bordea meridionalmente la cubeta del Lozoya y se extiende por todo el valle del arroyo del Villar, comprobándose fenómenos cataclásticos con rocas muy trituradas, pero no son de esperar pérdidas de agua ya que los espacios existentes entre los clastos están rellenos por material arcilloso impermeable, dado el carácter gneísico de la roca.

Hay abundancia de gravas y arenas en la zona de los aluviones del río Lozoya, algunas muy silíceas, perfectamente explotables, para las fábricas.

Los numerosos datos de lluvias y aforos en la presa de Puentes Viejas son los que han servido para su correlación con los de Pinilla, deduciendo, en definitiva, las aportaciones anuales. La variación de los valores anuales se estudia mediante la curva de frecuencia, encajándose una curva asimétrica de la que se obtuvo:

Pluviosidad media	944 mm.
Pluviosidad mínima	500 »
Valor más probable	855 »
Mediana	913 »
Desviación media cuadrática	213 »

Las correlaciones entre aportaciones y lluvia en Puentes Viejas, entre esas lluvias y las de Pinilla, permitieron deducir las aportaciones en esta última en función de las de la primera.

Las correlaciones se suponen lineales y se hace el ajuste por mínimos cuadrados. Así se obtiene:

Aportación media	137,50 Hm. ³
Aportación mínima	23,00 »
Valor más probable	125,00 »
Mediana	133,00 »
Desviación media cuadrática ...	52,00 »

El aliviadero se estableció para 350 m.³/segundo y los desagües de fondo para 55 m.³/segundo a embalse lleno, que se reducen a 34 metros cúbicos/seg., a embalse de media altura.

Fijada la máxima cota de la superficie del agua por las consideraciones dichas, y dadas las condiciones topográficas y geológicas de la cerrada, se eligió un tipo de presa de gravedad recta, con paramento de agua arriba con

inclinación 0,05, y de agua abajo, con 0,715. El perfil triangular de la presa se completa con un triángulo invertido de 4,00 m. de base, que forma el camino de coronación (fig. 2.^a).

La subpresión se supone actuando en dos tramos lineales, uno, desde el paramento de agua arriba hasta los drenes, y el otro, desde éstos al paramento de agua abajo, con carga total hidrostática en el paramento de agua arriba, un tercio en los drenes y cero en el paramento de agua abajo.

Teniendo en cuenta el peso propio, el empuje hidrostático y las subpresiones, se obtienen unas tensiones totalmente aceptables.

Las tensiones verticales, horizontales, cortantes y principales, en la junta de cimentación se resumen en el cuadro siguiente, en toneladas por metro cuadrado:

	σ_x	σ_y	τ	σ_1	σ_2
Embalse lleno: Agua arriba	29,93	0,13	1,50	0,06	30,00
Embalse lleno: Agua abajo	29,10	56,70	40,60	0,00	85,90
Embalse vacío: Agua arriba	0,16	66,20	3,31	0,00	66,20
Embalse vacío: Agua abajo	2,02	3,94	2,82	0,00	5,97

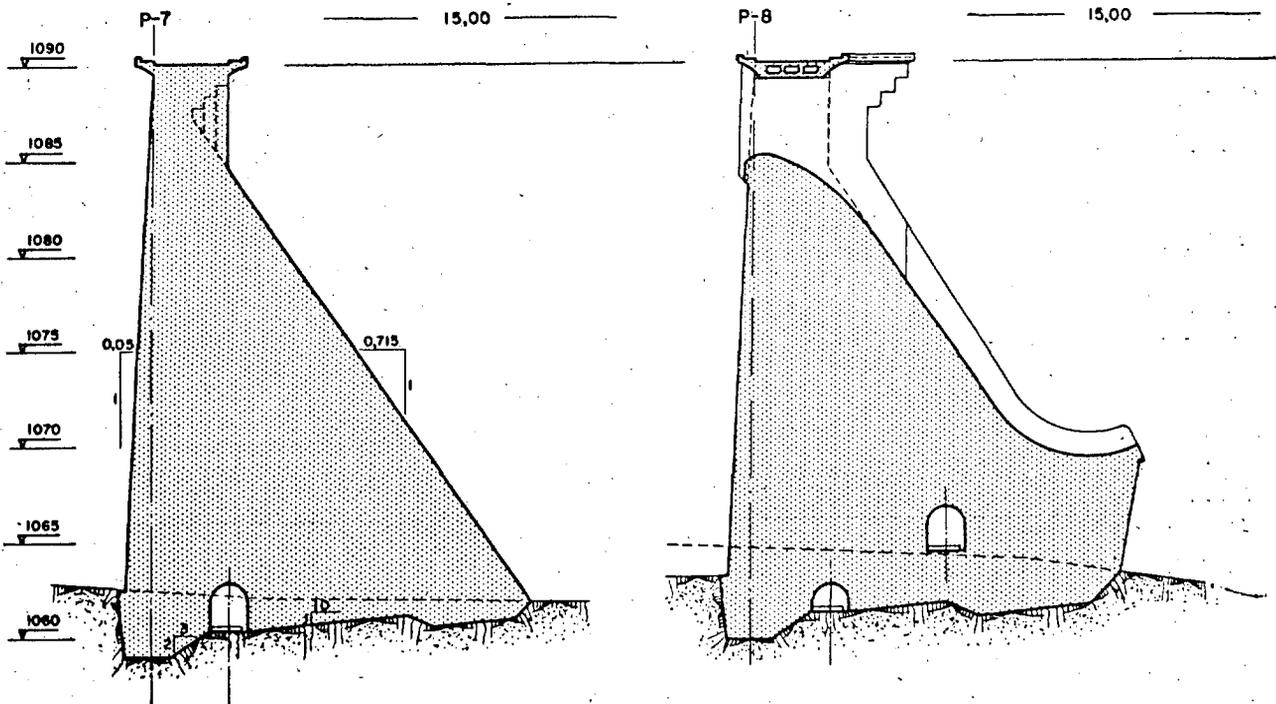


Figura 2.^a

Las condiciones al deslizamiento se cumplen ampliamente (0,65 y 0,68), aun sin contar las irregularidades de la cimentación.

El momento estabilizador vale 2,15.

El aliviadero central, figura 3.^a, sobre coronación, está formado por 3 vanos de 8,00 m. de luz separados por pilas de 2,00 m. de anchura, y máxima altura de agua de 3,60 m. sobre un perfil Creager, tangente al paramento de agua abajo y prolongándose en un trampolín de salto de ski. Las compuertas son del tipo Taintor de 3,80 m. de altura, con motores de accionamiento con dispositivo electroneumático. El umbral está a la cota 1.085,20 m., o sea, 4,80 m. por bajo de coronación, con resguardo de 1,20 m. para la sobre elevación producida

para el desagüe cuando se averie una compuerta y sólo sean útiles 2 vanos. El cuenco tiene 28,00 m. de anchura, y está limitado por cajeros de 1 m. de espesor y altura variable de 1,80 a 1,20 m. Los vanos del aliviadero se salvan por un puente de 3 tramos simplemente apoyados, de 8,50 m. de luz, y losa hueca de hormigón armado.

El desagüe de fondo figura 4.^a, está compuesto por 2 tuberías de 1,50 m. de diámetro interior y palastro de 12 mm. de espesor embebido en el hormigón con unos rigidizadores transversales, disponiendo de una compuerta de deslizamiento maniobrada desde cámara interior. En su parte final están curvadas hacia arriba con ángulo de 8° con la horizontal. Cada desagüe está dotado, además de una compuerta desli-

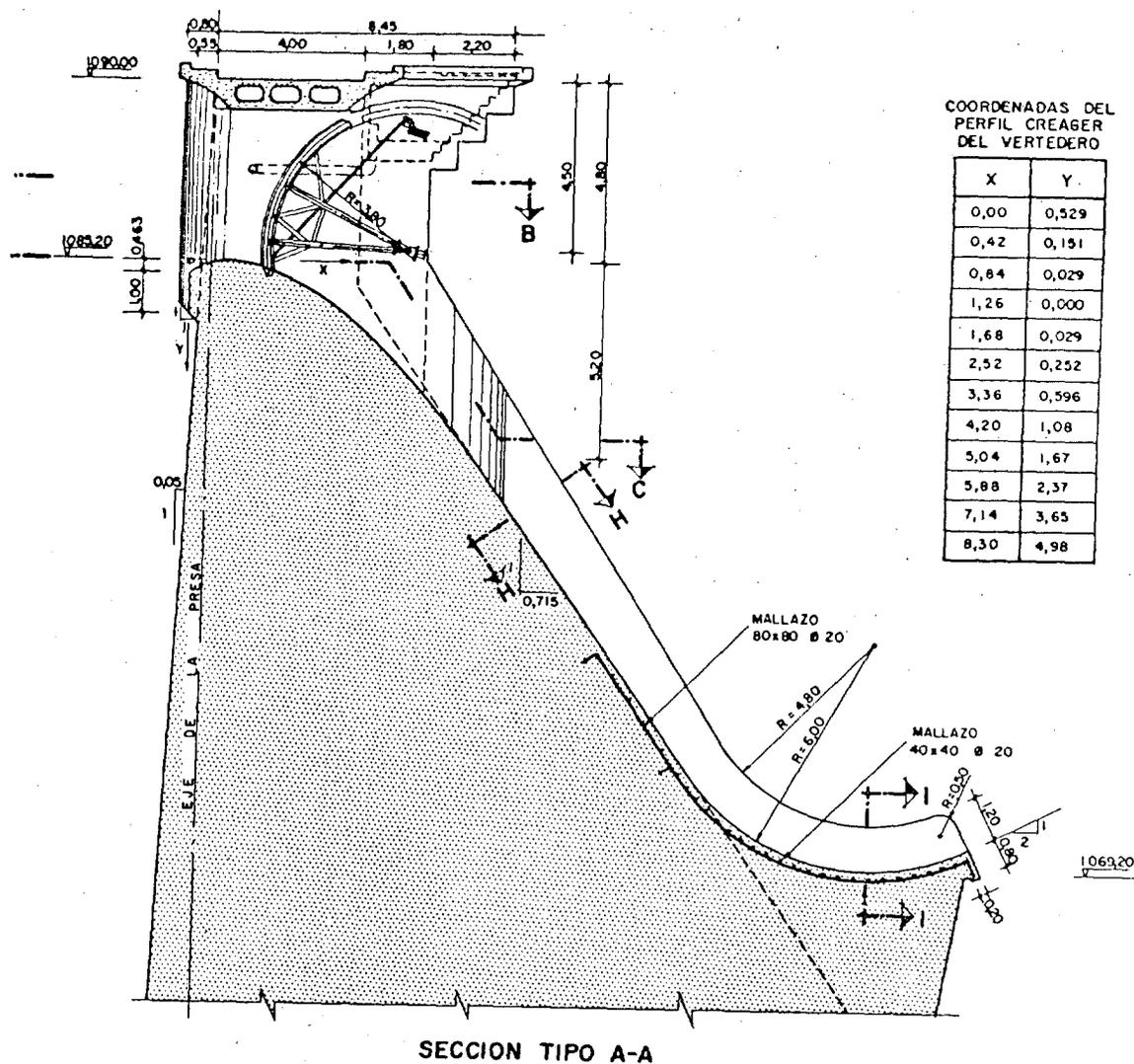


Figura 3.^a

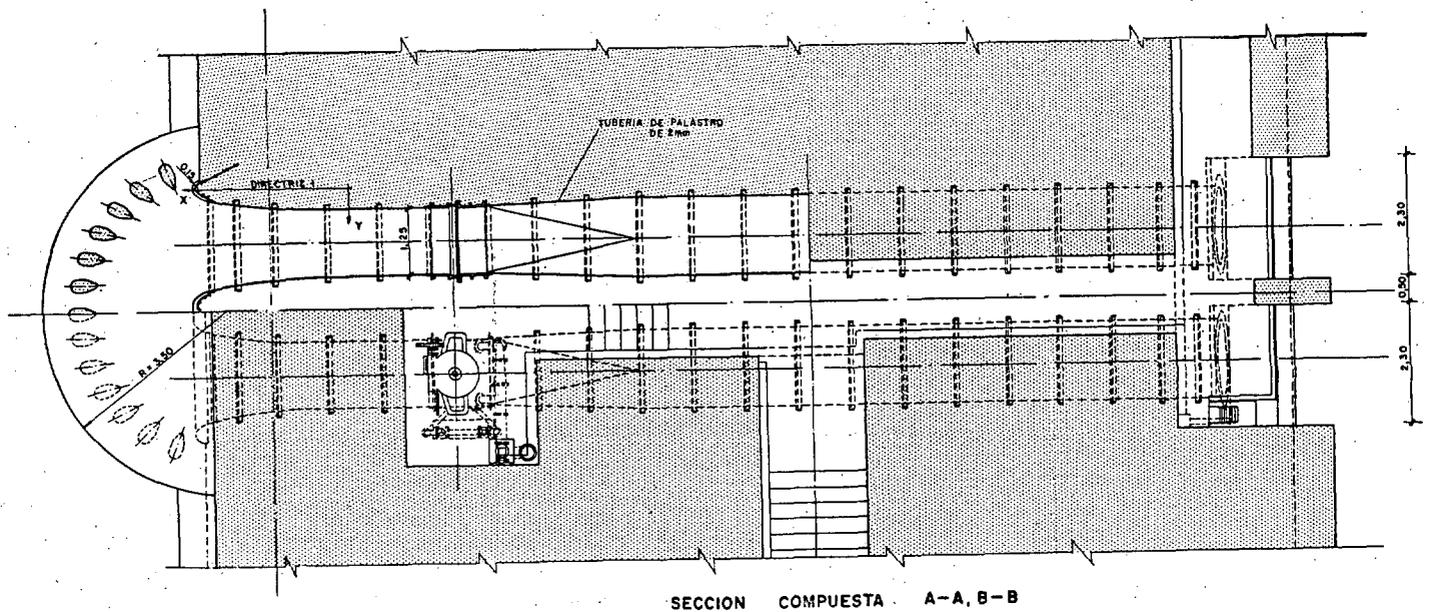
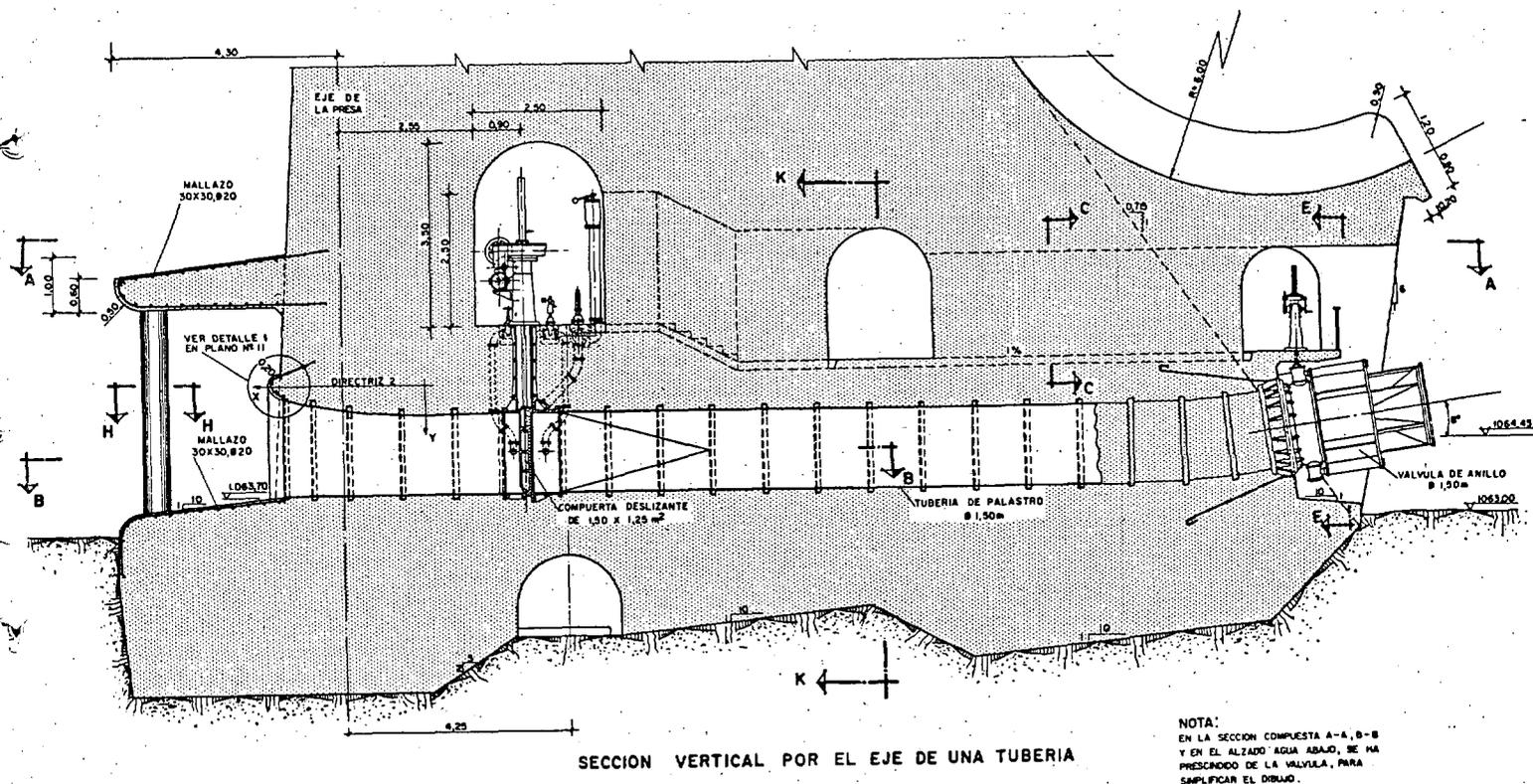


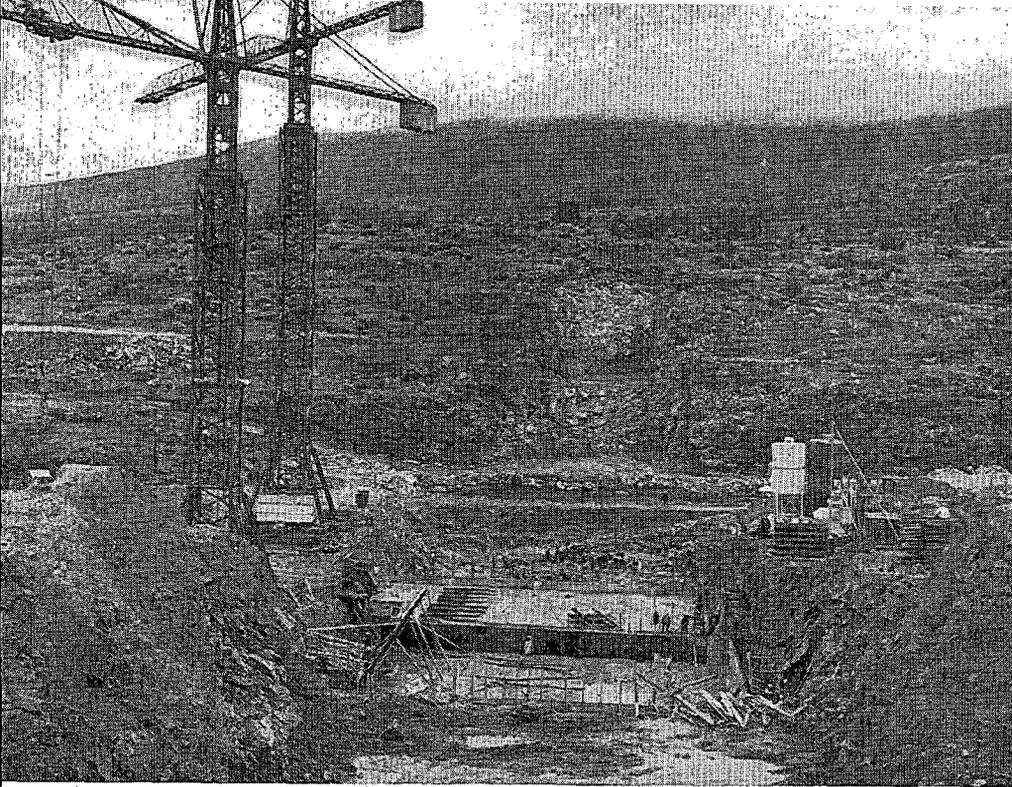
Figura 4.^a

zante con una válvula de chorro hueco, y que se maniobra desde una cámara situada bajo el trampolín del aliviadero.

A la entrada de las tuberías se dispone de

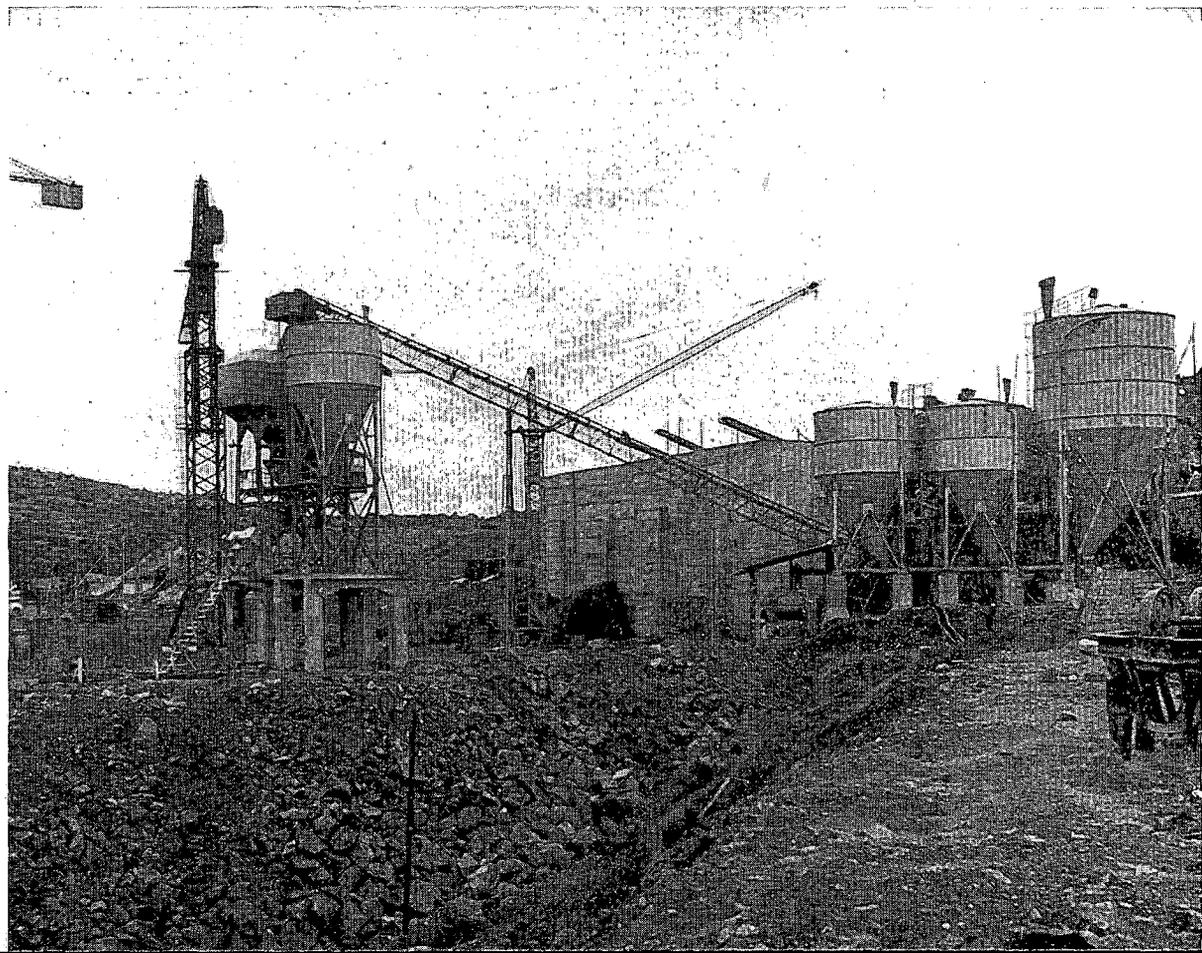
una rejilla de hormigón armado, con visera maciza del mismo material.

Para la visita a la presa, recogida de filtraciones y realización de la pantalla de drenaje



Fotografía 0.—Excavaciones. Fondo río y margen derecha y principio hormigonado en 8 junio 1966.

Fotografía 1.—Estado de las obras en 8 de junio de 1966. Instalaciones auxiliares.

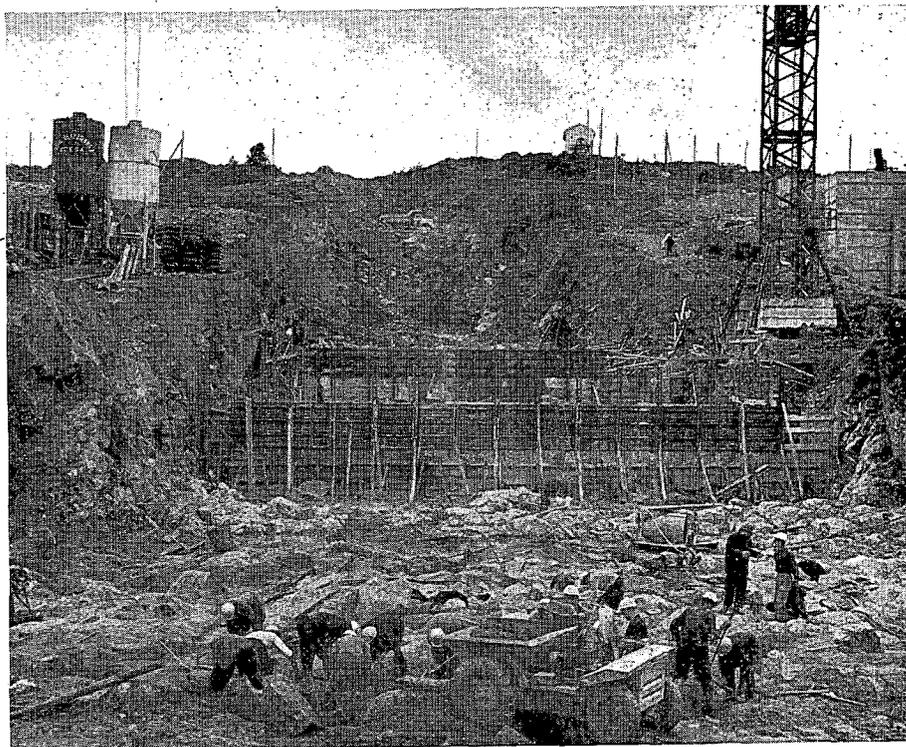


e inyecciones, se han realizado galerías de inspección, con sección transversal formada por un cuerpo inferior rectangular de 2 m. de base por 1,50 m. de altura, rematada por bóveda semicircular. A esta galería se accede por otras desde el paramento de agua abajo.

Se ha ejecutado una pantalla de impermeabilización compuesta por una hilera de taladros

yecto y Proyecto de un embalse en el río Lozoya próximo a Pinilla del Valle y su complejo hidroeléctrico.

Por Orden Ministerial de 7 de junio de 1965 se aprueba el presupuesto de gastos para la contratación de Servicios y Estudios técnicos y auxiliares para la redacción del Proyecto de un embalse en el río Lozoya en las inmediacio-



Fotografía 2.—Excavación y principio de hormigonado en la margen izquierda, en 8 de junio de 1966.

de 7,50 m. con profundidad determinada hasta que la absorción de agua a presión de 10 kilogramos/cm.² durante diez minutos sea inferior a 1 lit./minuto y metro lineal de taladro.

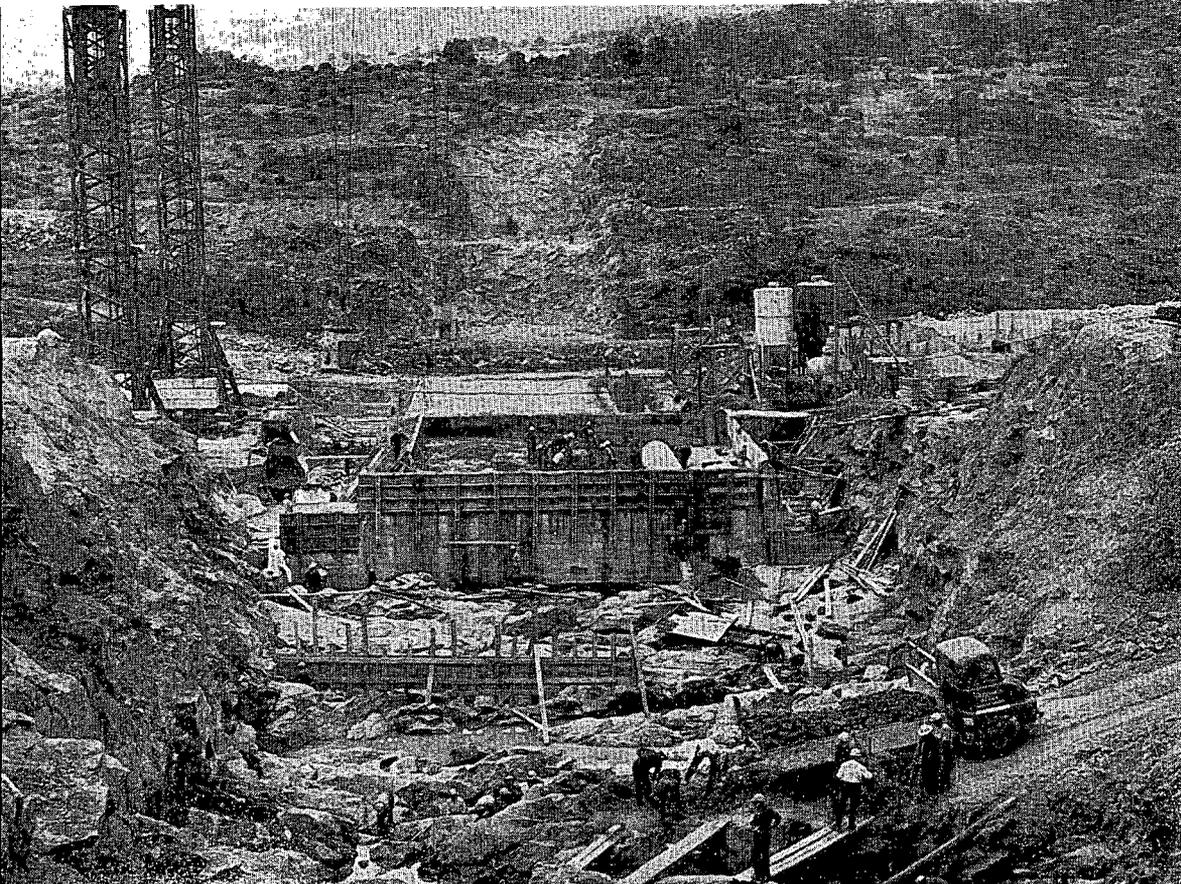
Previos los estudios correspondientes, el Consejo de Administración del Canal de Isabel II, en su sesión del 26 de marzo de 1965, autorizó a la Dirección Técnica para gestionar el encargo de la obtención de datos para la redacción del proyecto, que fue ratificado por Orden de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 8 de abril del mismo año.

El Consejo de Administración en su sesión del 30 de abril, autoriza a su Presidencia para que firme el contrato con "Torán y Compañía, Ingeniería y Fomento", del estudio del Antepro-

nes de Pinilla del Valle, por un importe de 2.402.365,80 pesetas.

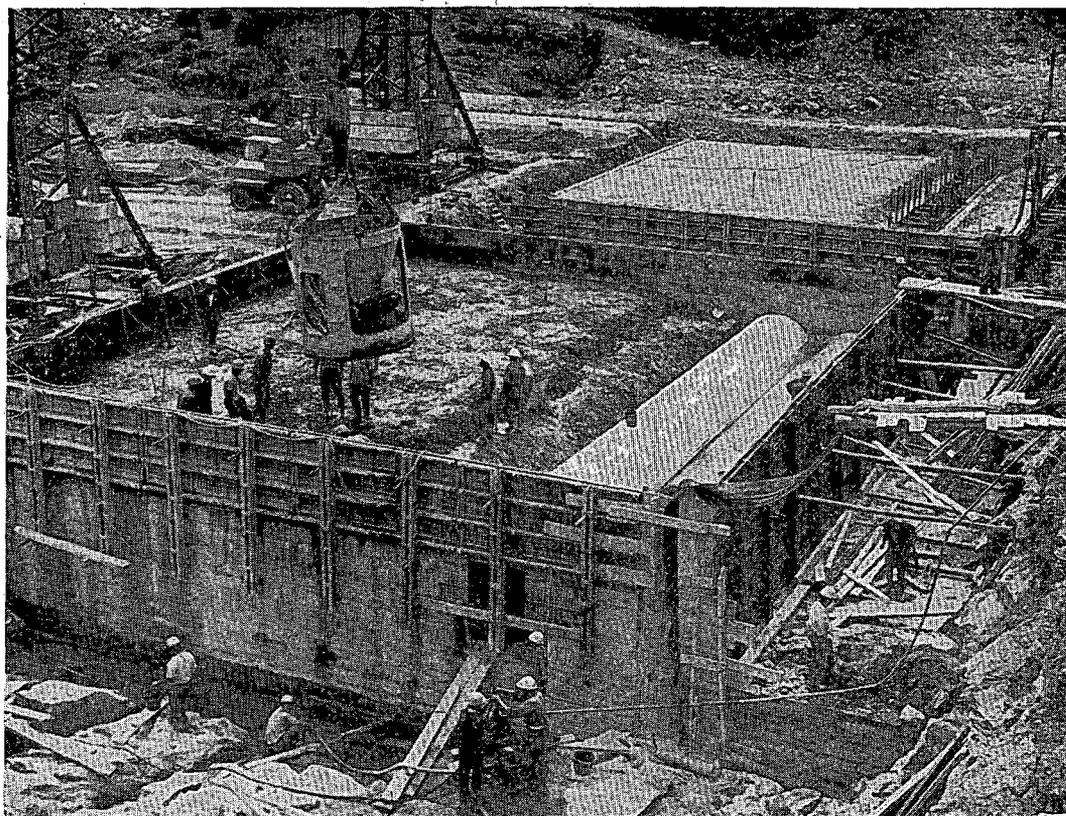
El 14 de junio de 1965, la Dirección Técnica informa el Anteproyecto, que se aprueba por Orden de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 17 de julio de 1965, y al mismo tiempo se autoriza la información pública, y se dispone la redacción del Proyecto de construcción e igualmente de los proyectos auxiliares y complementarios, bien incluidos en el general de la presa o por otros cuya redacción se autoriza.

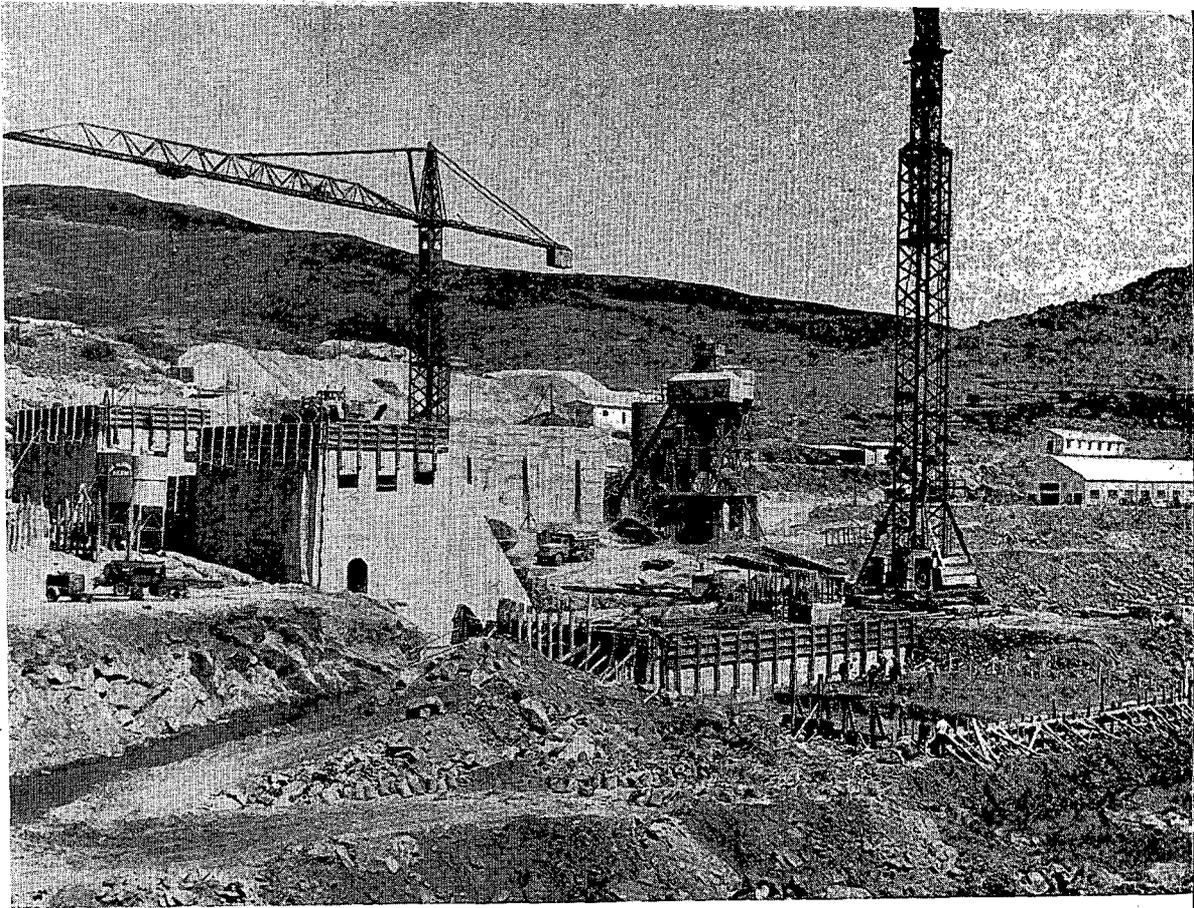
De acuerdo con el Decreto del 15 de julio de 1965, que declara de urgencia las obras del Plan del Canal y autoriza la contratación directa y anticipada de las mismas, la Dirección del



Fotografía 3. — Estado de las obras en 2 de junio de 1966, excavación y hormigonado en la parte baja próxima a la orilla izquierda del Lozoya.

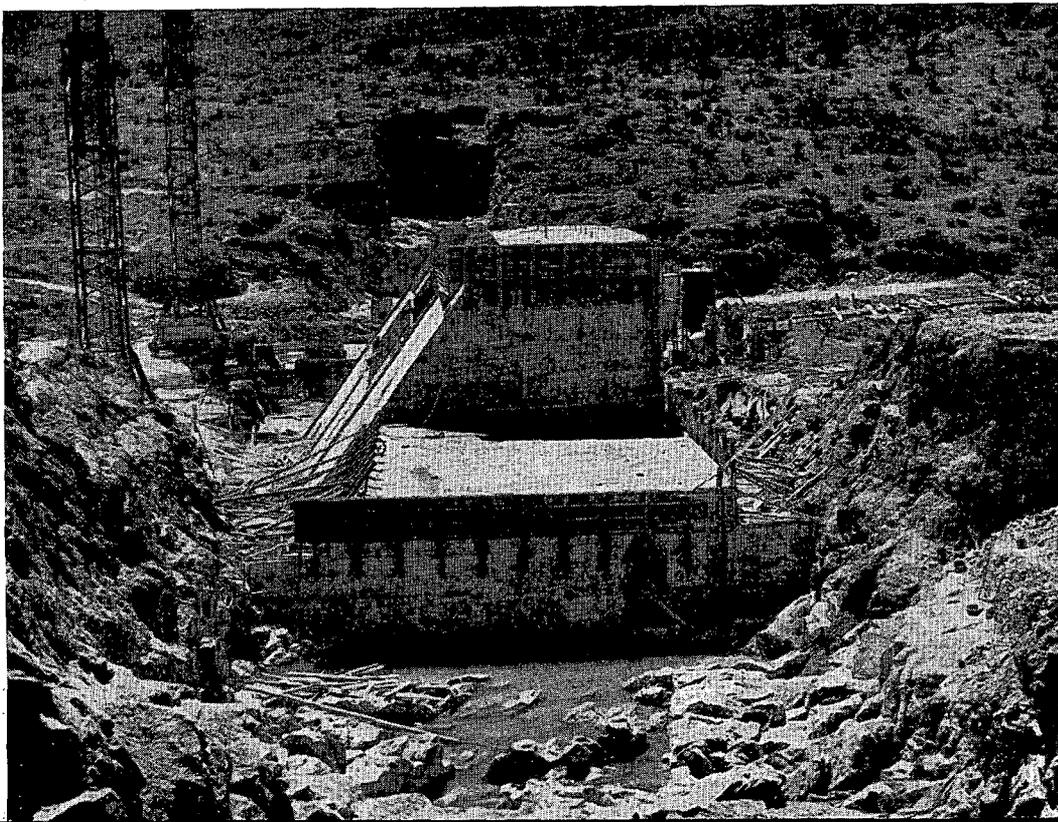
Fotografía 4. — Detalle de la fotografía 3.





Fotografía 5.— Una fase de los trabajos.

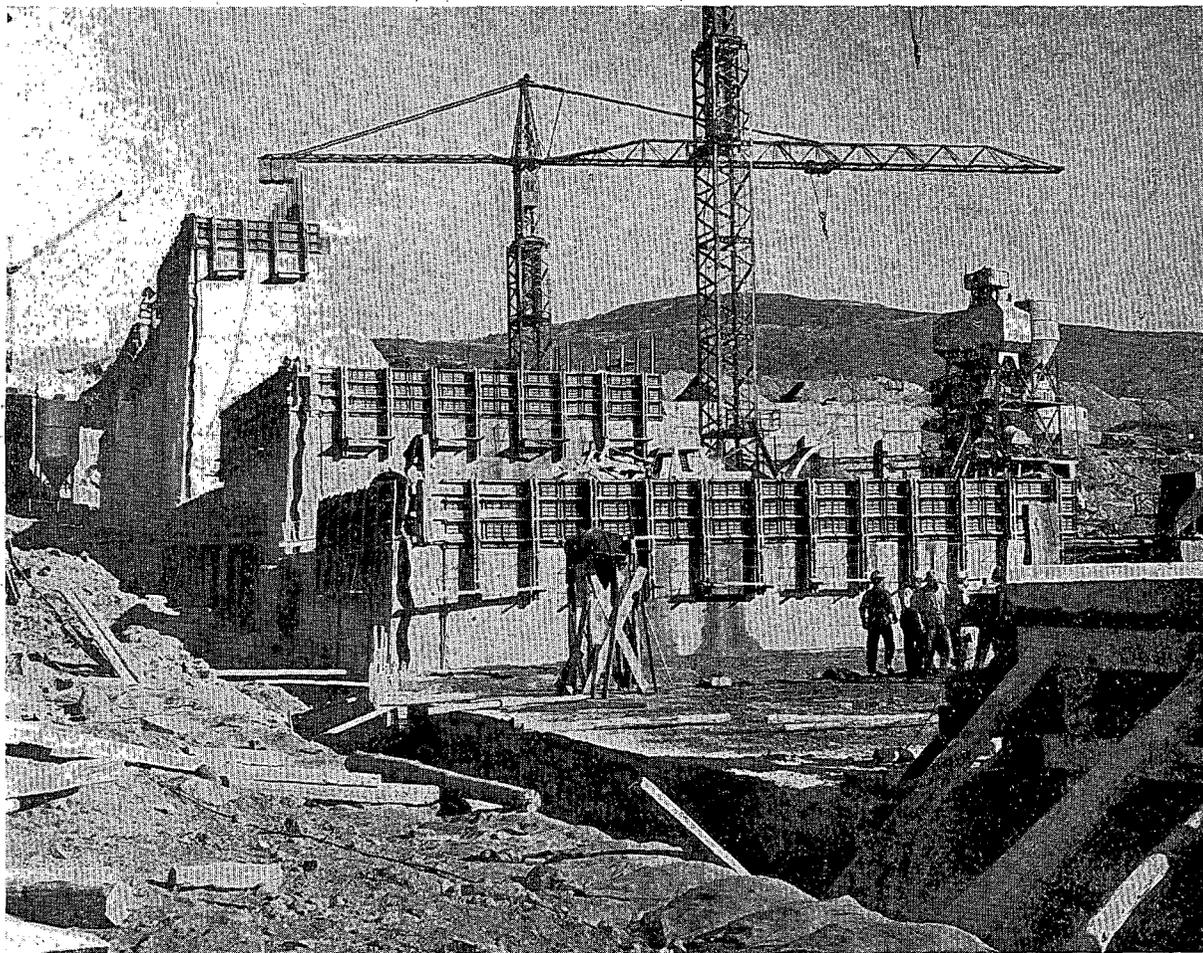
Fotografía 6.— Una fase de los trabajos.



Canal se dirige a una serie de contratistas, mediante carta de fecha de 26 de junio de 1965, acompañando el Pliego de Bases y Cláusulas Administrativas y Económicas, solicitando oferta para la ejecución de las obras. El importe presupuestario del anteproyecto era de pesetas 56.473.852,81.

El 17 de agosto se abren los pliegos, resul-

Con fecha 17 de diciembre de 1965 y por Orden Ministerial, se adjudican las obras a Leal Elizarán, con la baja correspondiente, y ya por el presupuesto del proyecto definitivo de 57 119 176,57 pesetas, que fue aprobado por Orden Ministerial de 6 de noviembre de 1965. El 29 de diciembre se firma la escritura con plazo de veinticuatro meses.



Fotografía 7. — Fase de los trabajos hacia margen izquierda.

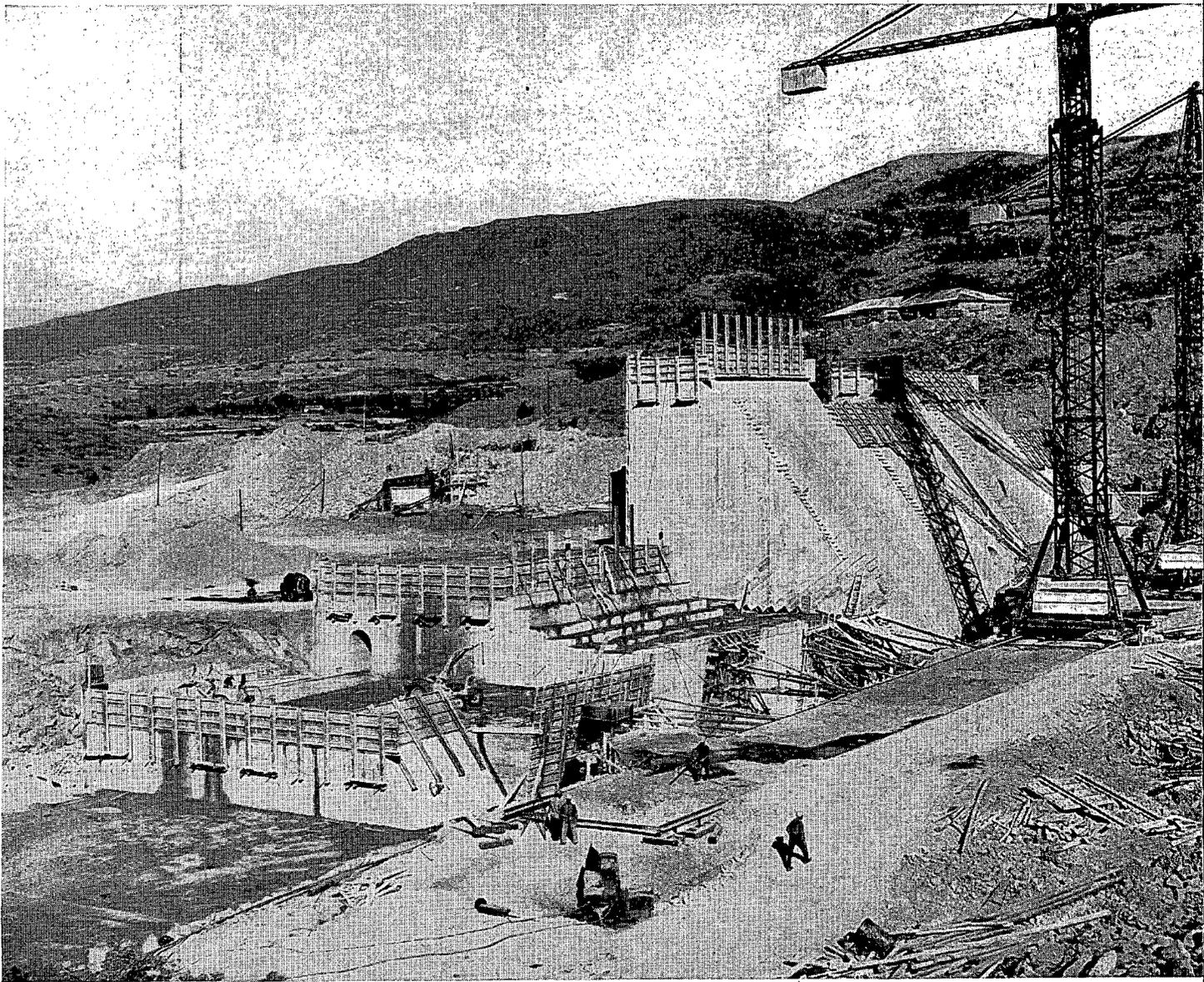
tando adjudicatario, prácticamente a los precios tipos, "Leal y Elizarán, S. A. (OCESA)", de entre los seis contratistas invitados.

El 6 de septiembre de 1965, se informa por la Dirección técnica el proyecto definitivo de construcción.

El 30 de septiembre de 1965, se aprueba el expediente de información pública desestimando las reclamaciones presentadas.

El 9 de septiembre de 1966, se aprueba el acta del replanteo definitivo y se autoriza al Canal de Isabel II para redactar el proyecto reformado, una vez se terminen los estudios y trabajos de reconocimiento por el Servicio Geológico de Obras Públicas.

Teniendo en cuenta el resumen telegráfico de todo lo actuado, y en cuyo tiempo se tramitaron, aprobaron y ejecutaron, además de la

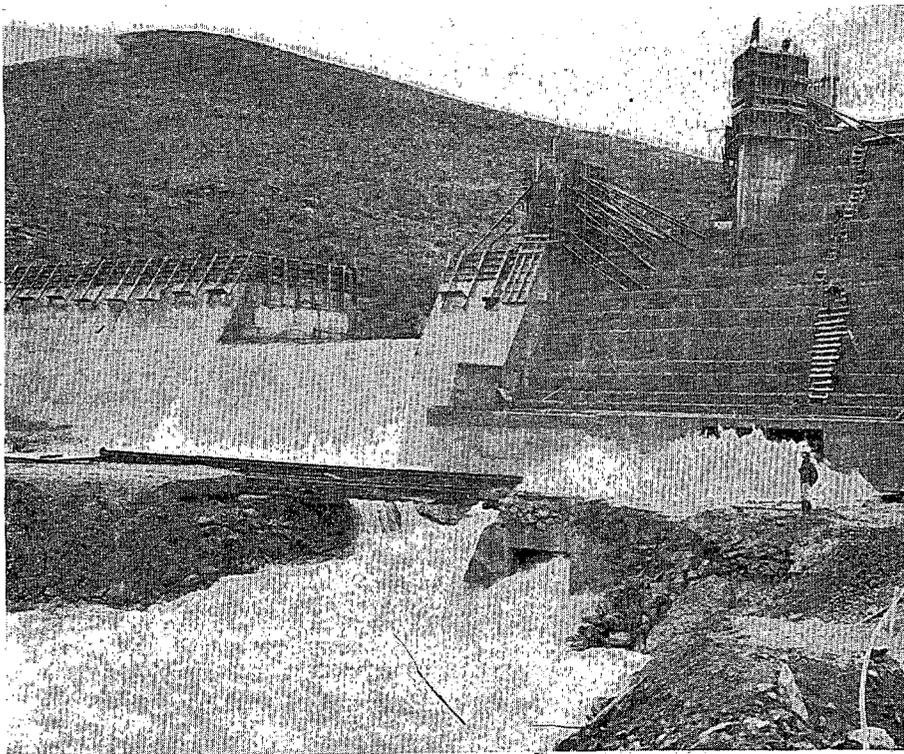


Fotografía 8. — Hormigón parte central. Parte alta derecha casa administración.

obra principal o de la presa, la línea eléctrica, la línea telefónica, la casa Administración, dos viviendas para el servicio de explotación y conservación, la desviación de la carretera de Lozoyuela al Puerto de Navacerrada, la de acceso al estribo izquierdo de la presa y toda la complicada expropiación del vaso del embalse, se puede uno dar cuenta de la gran actividad desplegada, considérese que a primeros de febrero de 1967 se ha empezado a embalsar y dar servicio, habiéndose acortado el plazo oficial muy acusadamente no sólo al proyecto primiti-

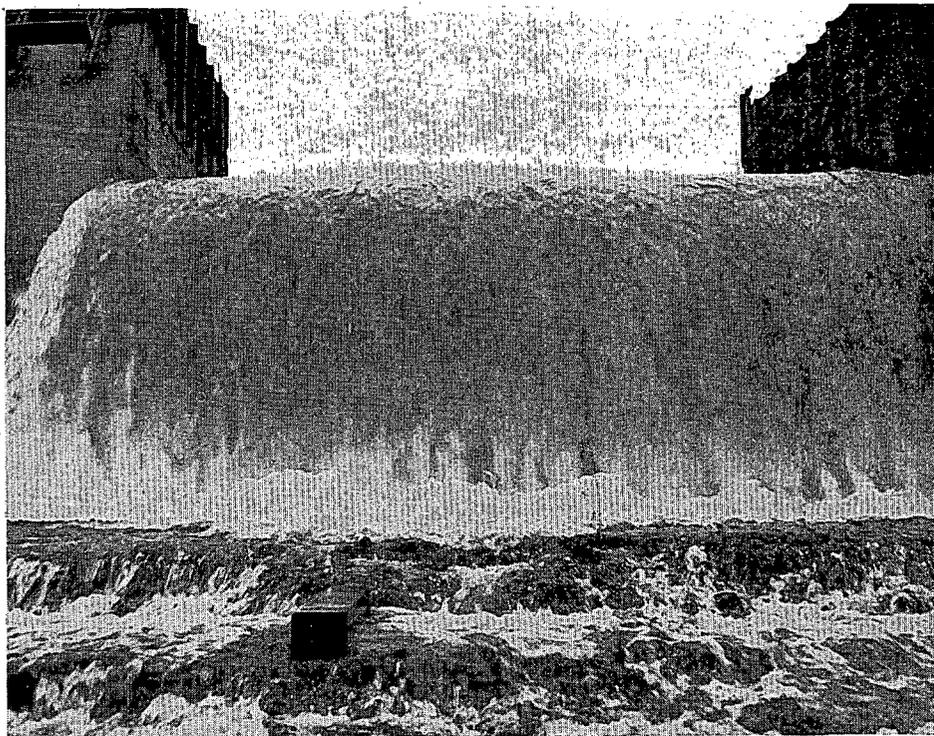
vo, sino también el legal a que tenía derecho la contrata, con motivo del importante proyecto reformado, y cuyo acortamiento obligó a un expediente de aceleración que ya ha sido aprobado y ha permitido reducir muy considerablemente el plazo.

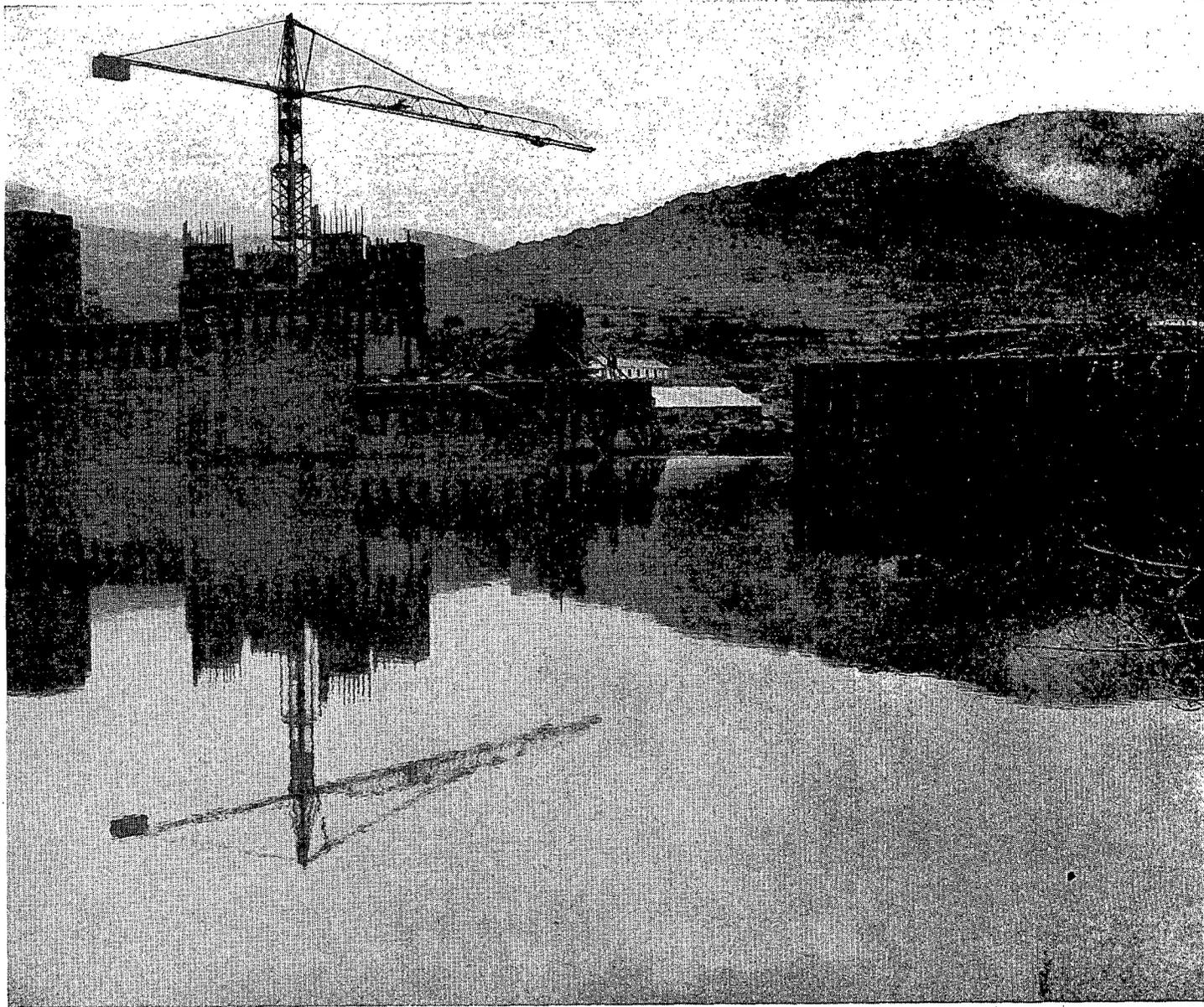
En un plazo de unos dieciocho meses, aproximadamente, transcurrido desde la firma del contrato que reguló la redacción del proyecto, y hasta la puesta en servicio de la obra, se ejecutaron los trabajos siguientes:



Fotografía 9.— Estado de las obras en 8 de noviembre de 1966.
Embalse y crecida vertiente por bloque 13 y desagüe de fondo.

Fotografía 10.— Bloque 13 vertiendo en crecida, 8 de noviembre de 1966.





Fotografía 11.— Embalse parcial producido por una crecida, portillo bloque núm. 13.

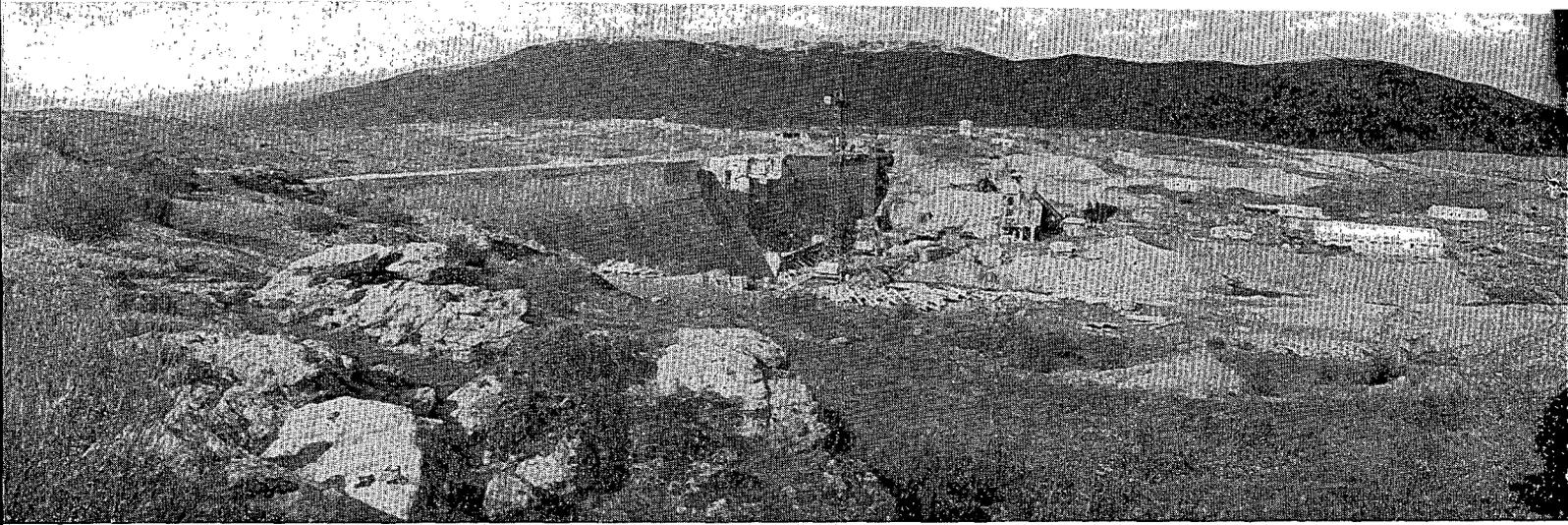
Presas principal, con reforma y aceleración de la obra	131.260.536,57 Pts.
Tres viviendas de Administración, Conservación y Explotación	4.339.391,93 »
Desviación de una carretera principal, y camino de acceso al estribo izquierdo de la presa	29.129.091,55 »
Cementerios de Pinilla y Lozoya	3.709.656,90 »
Expediente de expropiación	80.000.000,00 »
<i>Total</i>	<u>248.438.676,95 Pts.</u>

El ritmo medio de la obra propiamente dicha, supone una certificación media por mes de unos 9 millones de pesetas.

El expediente de expropiación está terminado de valorar, y hecha la previa ocupación por la ley de urgencia, y depositadas las cantidades procedentes en metálico.

Resulta un coste por metro cúbico embalsado de unas 6,00 pesetas, aproximadamente.

Si de la actual tarifa de 2,00 ptas./m.³ se supone la mitad afecta a las obras de regulación, y el resto a conducción, depósitos y red, resulta



Fotografía 12.— Estado de las obras en 31 de enero de 1967.

que, la venta del agua almacenada en unos seis años, habría amortizado el coste total del embalse.

Una serie de fotografías ponen de manifiesto, en forma muy expresiva y resumida, la marcha de la obra; a la vista de las mismas, puede apreciarse el ritmo de los trabajos, que se han ejecutado en un plazo límite.

Tanto a la Asesoría Geológica como al Servicio de Inspección de Presas, hemos de agradecerles muy sinceramente el interés y diligencia que han tomado en sus trabajos de investigación y de autorización de cimentaciones, al

dar el visto bueno a los terrenos correspondientes y de los hormigones, que han permitido, con la seguridad y garantía que deben exigirse a estas estructuras, el alcanzar un insospechado ritmo de trabajo. Los hormigones se han controlado con un laboratorio a pie de presa, donde se hacían los ensayos de granulometría de áridos, probetas de mortero de cemento y roturas de cubos de hormigón, indicando las rectificaciones precisas en el proceso de fabricación, cuando era necesario. Este laboratorio disponía de los elementos y personal idóneos, y dependía directamente de la Jefatura de El Vellón.

Fotografía 13.— Estado de las obras en 31 de enero de 1967.

