

Comentarios sobre la construcción de la presa del Gergal^(*)

Por JOSE LUIS PRATS VILA

Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.
Director Gerente de la Empresa Municipal
de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas
de Sevilla, S. A. (EMASESA).

ANTONIO RODRIGUEZ PEREZ

Ingeniero de Caminos, C. y P.
Subdirector Técnico de EMASESA.

Este artículo, completando el publicado en la Revista (diciembre del año 1979) sobre el proyecto, comenta además de los aspectos constructivos, la gestión integral de la obra que ha asumido EMASESA, en la financiación, adjudicación, control de calidad y control de costos, consiguiendo, mediante trabajo en equipo, desviaciones pequeñas respecto a las previsiones efectuadas.

1. INTRODUCCION

El plan de abastecimiento de aguas a Sevilla y zona de influencia, aprobado por el M.O.P.U. en el año 1950, entró en servicio en 1963 y tenía como horizonte el año 2000. Como en tantos otros planes, se ha cumplido exactamente la previsión de crecimiento demográfico, pero la realidad ha venido a duplicar la dotación unitaria del plan (250 litros por habitante/día). Resultaba de urgente necesidad una ampliación. La regulación se había mejorado con la Presa de Aracena, construida por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (119 Hm³), y, en principio, se pensó construir la Presa del Cataveral en el mismo cauce, Rivera de Huelva. Como consecuencia del estudio conjunto realizado por EDES, y después de múltiples reuniones entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y EMASESA, se decidió anteponer la Presa del Gergal a la del Cataveral porque su emplazamiento, aguas abajo de la confluencia del Rivera de Huelva y del Rivera de Cala, permitía aprovechar el desagüe del Pantano de Cala, tanto a través de la central del mismo nombre como por los aliviaderos, con lo cual el costo del metro cúbico regulado resulta sensiblemente más bajo que en la Presa del Cataveral, y de otra parte aumenta la fiabilidad al incorporar una segunda cuenca (Rivera de Huelva) al Abastecimiento.

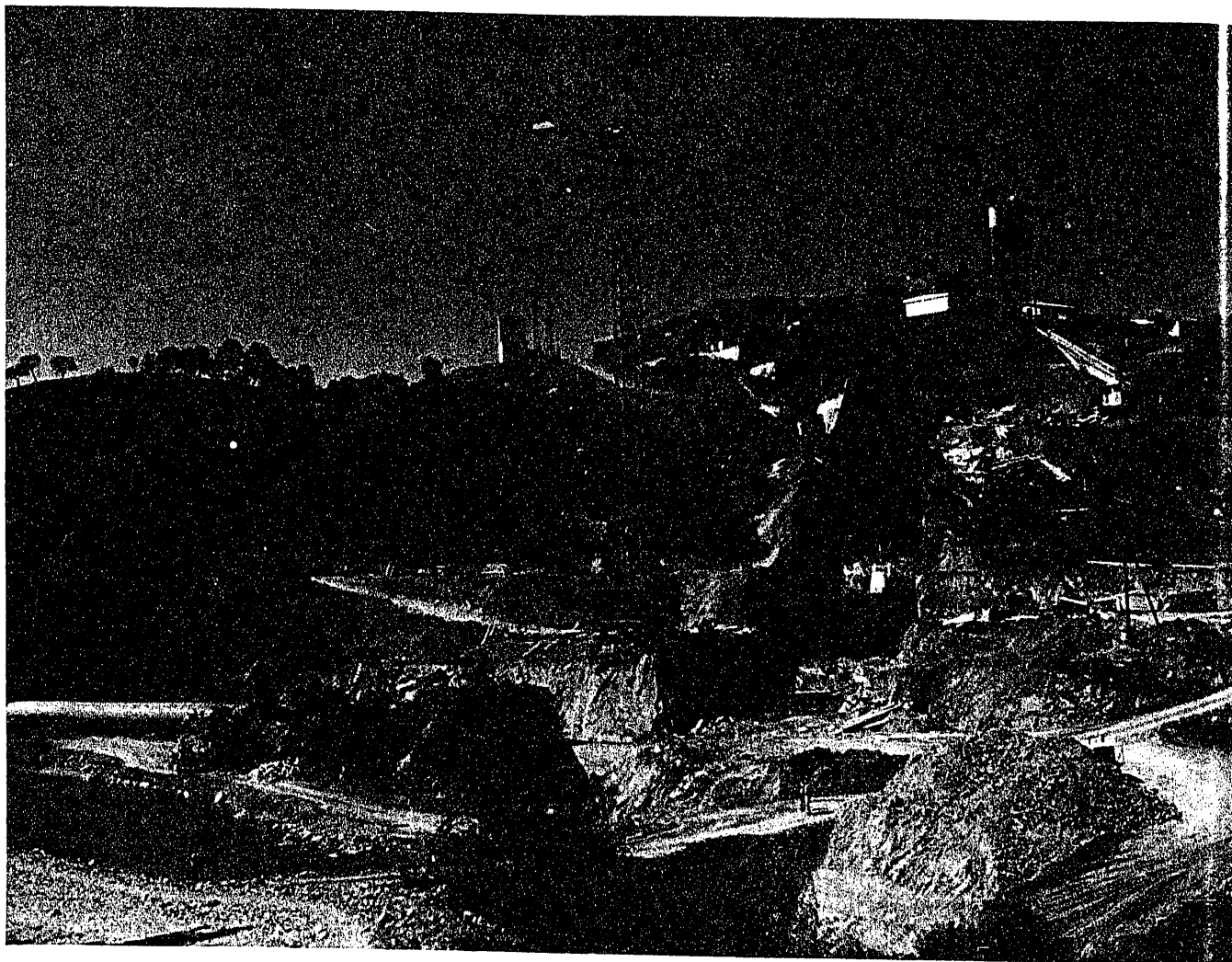
Cuando se acordó con la Dirección General de Obras Hidráulicas la distribución de las obras entre

la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y EMASESA, quedó asignado a ésta la ejecución de la Presa del Gergal. Se disponía de un proyecto, con solución de planta recta tipo gravedad, cuyo presupuesto en 1974 rondaba los 500 Mptas.

Con anterioridad al acuerdo citado, EMASESA hubo de resolver la financiación de las obras a su cargo. Es de observar que en el conjunto de la ampliación del abastecimiento el M.O.P.U. ayuda con el 30 por 100 del total de las obras, quedando el 70 por 100 restante y el 100 por 100 de las expropiaciones a cargo de EMASESA. No era posible atender estas obras con recursos ordinarios, por lo que se gestionó la implantación de un canon de mejora, cuyo destino específico era financiar estas inversiones, en cuantía de 2,50 ptas./m³ de agua facturada a aplicar durante un período de veinte años. Era, pues, necesario establecer un plan financiero acorde con el ritmo de ejecución de las obras que tuviera la mayor estabilidad posible. Por esta razón, y por estimar que podía conseguirse con mayor concurrencia de ideas una mayor economía en el costo de las obras, se acordó convocar concurso conjunto de proyecto y construcción, tomando como base el proyecto citado y admitiendo variantes. En el pliego de Bases se impusieron cláusulas bastante estrictas, ahciendo responsable al adjudicatario de las posibles desviaciones que se produjeran sobre las mediciones de la oferta. Este sistema supone un esfuerzo económico para los concursantes, por lo que se establecieron premios económicos, en cuantía global de 2,5 Mptas. para las soluciones que no habiendo ganado el concurso se distinguieron por su mayor calidad.

Se presentaron al concurso seis empresas con

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de agosto de 1980.



un total de 15 variantes. La apertura del concurso se efectuó a finales de marzo, y pudieron adjudicarse las obras a principios de julio, consiguiendo un plazo razonable en este importante trámite. El presupuesto de adjudicación fue de 368 Mptas., y el acta de replanteo se extendió en agosto de 1976, para lo cual las expropiaciones se habían comenzado con antelación suficiente.

Con el fin de que en ningún momento las expropiaciones interfieran en la ejecución de las obras, se hizo un plan de expropiaciones en el que ha sido de muy valiosa ayuda la colaboración de la Comisaría de Aguas del Guadalquivir. Se aplicó el procedimiento de urgencia, y de las 32 fincas, 26 se han adquirido en avenencia con pago inmediato, lo que ha permitido disminuir su valoración.

La solución elegida, gravedad planta curva, era sensiblemente la más económica, y en la opinión unánime de la comisión asesora, la más adecuada a las condiciones de la cerrada. En la comisión tomaron parte, junto con los ingenieros de EMASESA, representantes de la Confederación, Comisaría,

Servicio de Presas y Servicio de Vigilancia de Presas.

Al empezar la construcción, y dada la falta de experiencia de nuestra empresa en ejecutar este tipo de obras, nos preocupó contar con un asesoramiento técnico especializado que además permitiría llevar a la práctica un control de calidad en la ejecución. Es de destacar a este respecto la valiosa colaboración recibida del M.O.P.U. que, a través del Servicio de Presas, nos ha permitido resolver graves problemas con gran eficacia. De una parte, y además del ingeniero director de las obras y ayudante encargado pertenecientes a la plantilla de EMASESA, el Servicio de Presas desplazó a la obra un equipo de especialistas formado por ingeniero técnico y vigilante, además de un completo laboratorio a pie de obra, desproporcionado aparentemente para el volumen de la misma. Es de observar que durante toda la ejecución ha actuado a pie de obra mayor número de técnicos de la Administración que de la contrata. La eficacia de este equipo queda reflejada en la descripción de la construcción.

LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DEL GERGAL

Como nos ha ocurrido a nosotros, la asistencia técnica del equipo de presistas de la D.G.O.H. puede ser muy eficaz, teniendo en cuenta su experiencia creciente, y su intervención no debe limitarse a aquellas obras en las que surja un problema grave, porque en definitiva la mejor medicina es la preventiva.

Otro problema de gestión ha sido adecuar la tesorería al ritmo de las obras. Al empezar los trabajos se consiguió una operación de 300 Mptas. con el B.C.L.E. complementada en 1978 con otra de 160 Mptas. Ante la dificultad de conseguir nuevos préstamos, el resto se ha ido financiando directamente con el producto del canon.

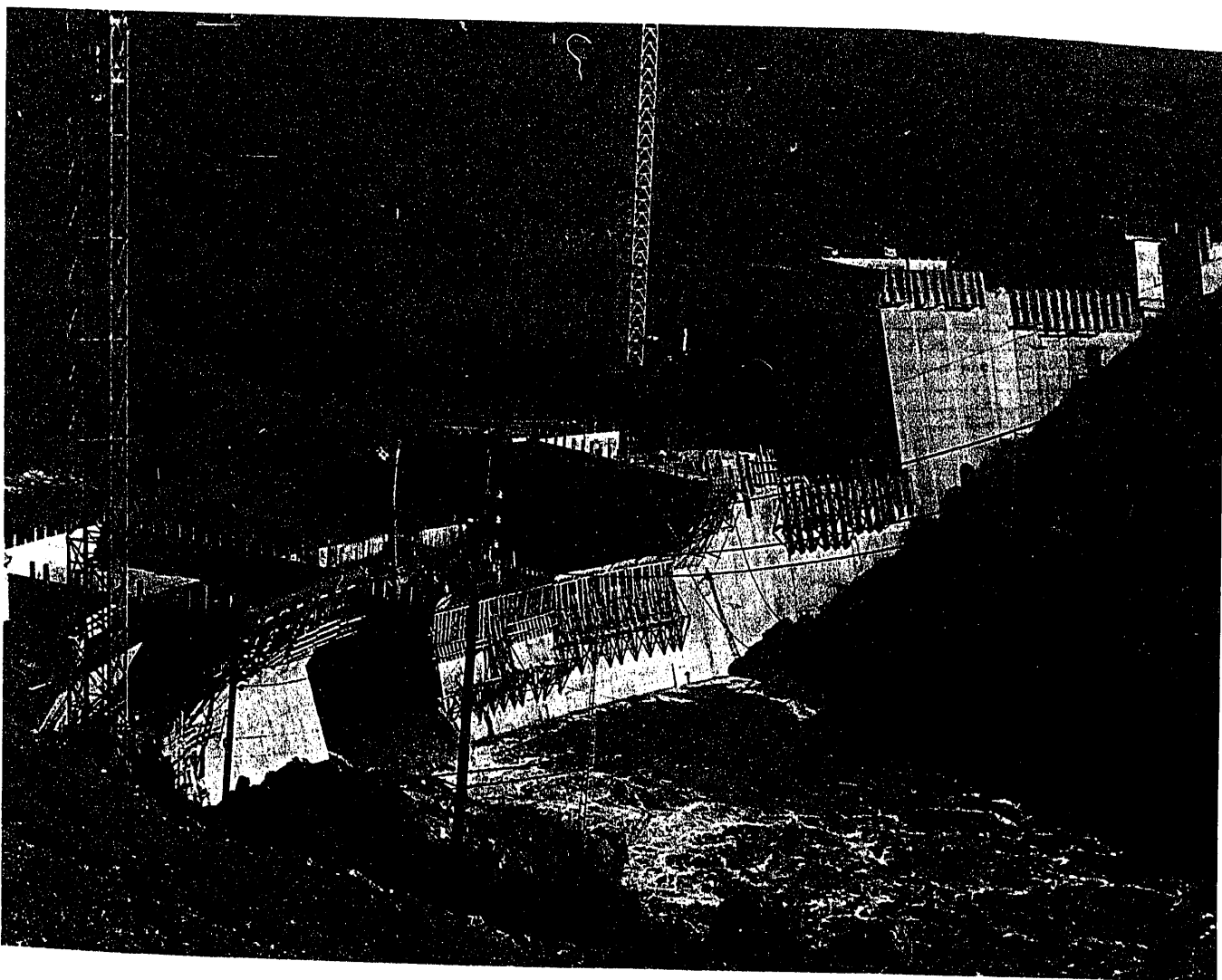
Durante la ejecución, el buen funcionamiento del control de calidad permitió establecer un estímulo a la contrata, con un premio de calidad de hormigón fijado en función de la resistencia. La buena calidad de la obra se puso de manifiesto cuando en enero de 1979, estando sin hacer la inyección del recinto superior, en una noche se llenó la presa, funcio-

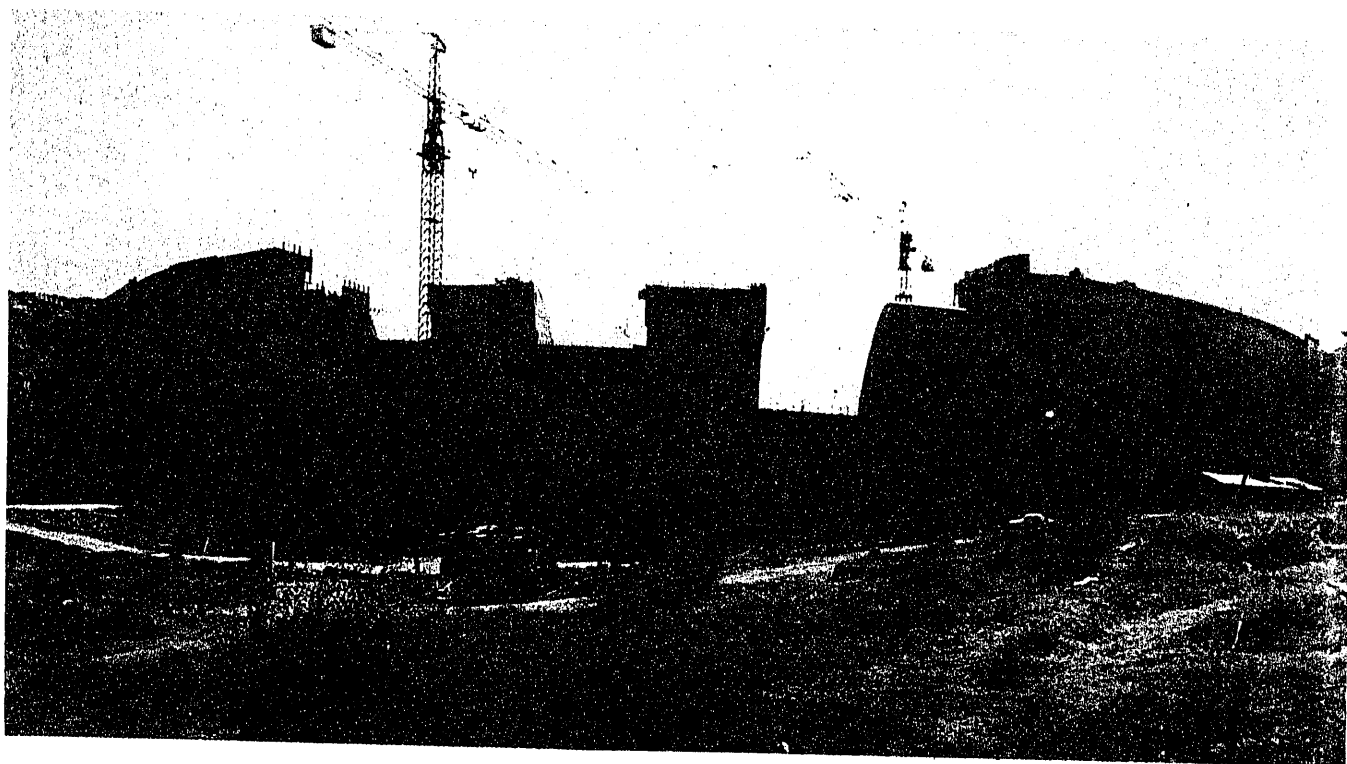
nando el aliviadero perfectamente y sin que pese a la puesta en carga se detectaran movimientos.

Se planteó un problema de gestión como consecuencia de la paralización parcial al descubrir cemento expansivo. Se actuó con rapidez, no demorando la decisión de demoler cuando ninguno de los informes dio la fiabilidad exigible para mantener el hormigón afectado. Está sin resolver la demanda por daños y perjuicios que entabló la contrata al fabricante del cemento.

El plazo de las obras se fijaba en veinticuatro meses. Las dificultades por avenidas en el invierno de 1976-77 y 1978-79, junto con la paralización por el problema surgido en el hormigonado, justificaban una prórroga de doce meses, con lo que el plazo hubiera llegado a treinta y seis meses, o sea, con seis meses de adelanto.

En cuanto al costo efectivo de las obras, sobre el presupuesto de adjudicación, se produce un aumento inferior al 10 por 100. Sobre el conjunto la incidencia de la revisión de precios es ligera-





mente superior al 30 por 100 y las primas de calidad de hormigón y de aceleración tendrán una incidencia algo superior al 15 por 100. En consecuencia, al costo efectivo de la presa, incluyendo los premios del concurso y el control de calidad será del orden de 600 Mptas., con lo que las desviaciones respecto al plan financiero son aceptables y desde luego inferiores a lo que es habitual en este tipo de obras, con lo que se habrá cumplido razonablemente uno de los principales objetivos de la gestión. Digamos para terminar que son pocos los embalses que se inauguran llenos de modo natural y que antes de inaugurarse, la Presa del Gergal prestó un gran servicio en la defensa contra inundaciones, pues a finales de enero laminó una crecida extraordinaria del Rivera de Huelva, superior a 1.000 m³ por segundo, evitando que el Guadalquivir a su paso por Sevilla llegara a 4.000 m³/seg con los consiguientes daños en las vegas de Camas, San Juan, etcétera.

2. INSTALACIONES Y OBRAS AUXILIARES

El emplazamiento de la obra presentaba un fácil acceso, ya que por la margen derecha discurre la traza del ferrocarril abandonado de las minas de Cala, además del camino del Salto, permitiendo entre los dos acceder a la coronación y a la parte baja de la presa. Por la margen izquierda, a través de un camino particular era posible llegar con escasas obras de explanación hasta la misma coronación.

Dado que el emplazamiento de las instalaciones era más fácil en la margen derecha, y que el camino del Salto estaba en muy malas condiciones de conservación, se optó por utilizar la explanada del ferrocarril, construyéndose a través de una finca particular, una variante provisional que permitiese acceder a coronación.

El acceso a la margen izquierda se ha realizado prácticamente durante toda la obra, cruzando el río por la ataguía y sólo en los casos de crecidas, se ha utilizado el camino particular de la margen izquierda.

Aguas arriba de la presa y en ambas laderas se construyó una red de caminos de obra para permitir el acceso a los distintos bloques de la presa.

Las oficinas, laboratorio y planta de hornigón se situaron en una explanada en la margen derecha, aguas arriba de la presa, y a unos 10 o 12 metros por encima de la cota de coronación.

2.1. Extracción de áridos.

La existencia de graveras extensas aguas abajo de la obra, aconsejó el empleo de árido roado para la fabricación del hormigón, instalándose una modesta planta de clasificación a unos tres kilómetros de la presa, que incluía además de las instalaciones de cribado provistas de duchas para el lavado de los áridos gruesos, un tornillo lavador para las arenas.

LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DEL GERGAL

La proporción de tamaños del todo-uno no se correspondía lógicamente con el necesario, según la fórmula de trabajo del hormigón, pero dado que el tamaño más abundante era la arena y que el suministro de áridos fue subcontratado, no hubo necesidad de introducir modificaciones en la planta, por ser el material fino de más fácil comercialización en la zona por el destajista.

Posteriormente, y a pie de planta de hormigonado, fue necesario introducir un sistema de reclusificado y lavado de los áridos gruesos, a la vista de los importantes traspasos que se venían observando y que obligaban a modificar continuamente la fórmula de trabajo.

Con objeto de aumentar la compacidad del hormigón y, por tanto, su impermeabilidad, se utilizó como arena de corrección, un material de cantera procedente de Las Cabezas de San Juan, a casi 100 kilómetros de la obra, y de tamaño 0.1-0.6 mm, pero pronto hubo de ser desechado, utilizándose en vez de él un plastificante, dado el alto grado de contaminación que progresivamente iba presentando.

Los áridos en tamaños 100-40, 40-20, 20-10, 10-5

y 5-0,1 se trasladaban a obra en camiones que descargaban en los silos radiales a la intemperie de la planta de hormigonado.

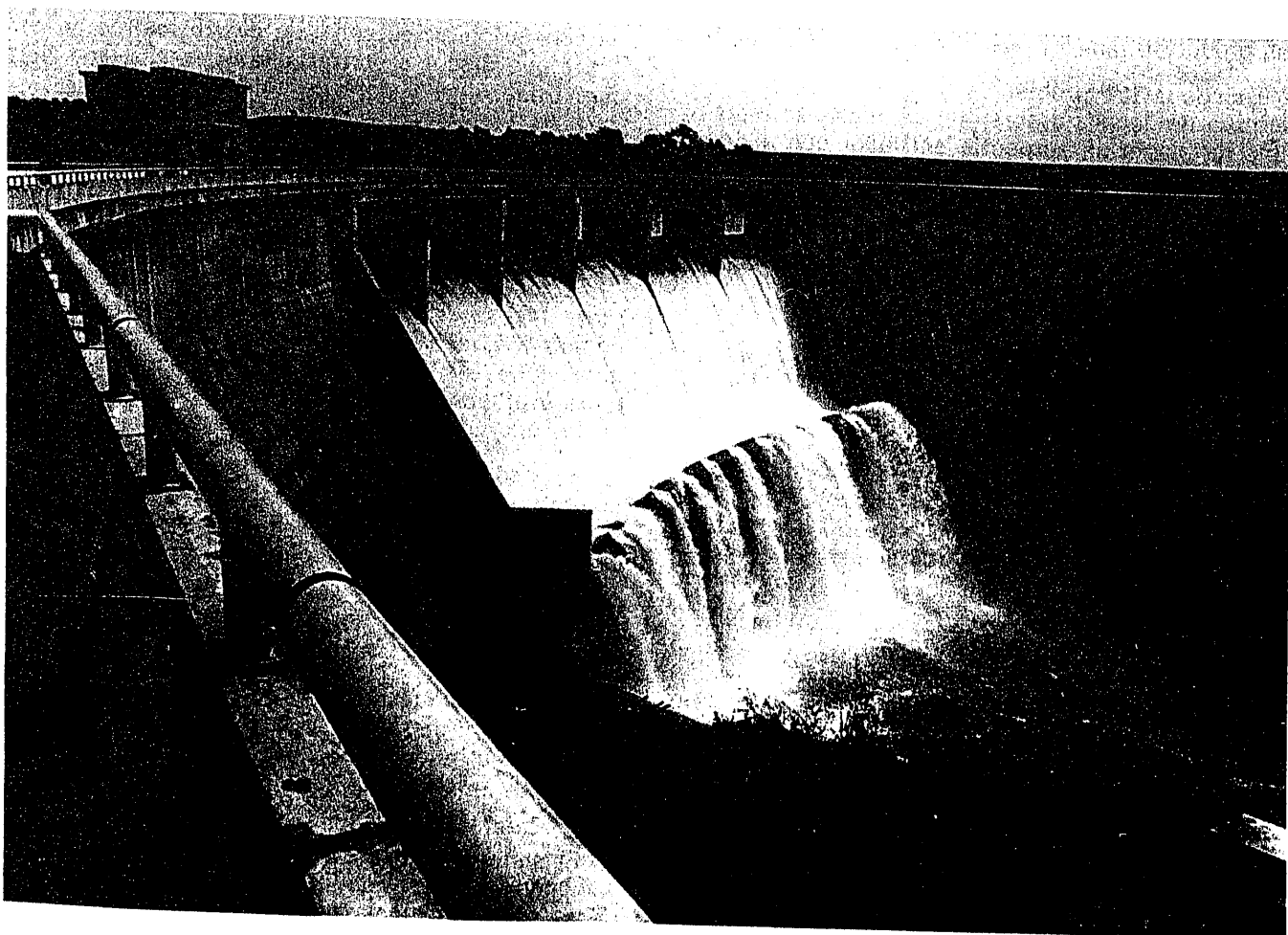
2.2. Aire comprimido, agua, talleres.

Para abastecer la maquinaria de perforación, se utilizaron al principio compresores portátiles, instalándose después dos compresores fijos de 240 caballos de potencia total y 24 m³/min., así como las tuberías de distribución convencionales para las necesidades de la obra.

El agua para la fabricación del hormigón y el lavado de bloques se elevaba a un depósito circular de 200 m³, desde el río, y desde aquél se distribuía a toda la obra por tuberías tendidas por las laderas.

La tubería de impulsión y la de abastecimiento a la central de hormigonado se construyeron enterradas para evitar el calentamiento del agua. Asimismo, se construyó una cubierta de fibrocemento para el depósito por el mismo motivo.

Los talleres de ferralla y carpintería se situaron aguas arriba de la presa y en una explanada exis-



tente alrededor de la cota 22, y en el estribo derecho se instaló un pequeño taller mecánico y eléctrico, ya que dada la proximidad de la obra a Sevilla donde el adjudicatario posee un importante taller y parque de maquinaria no se creyó conveniente, por éste, instalar un taller más completo.

2.3. Ensilado de áridos y cemento.

Los silos de áridos eran de tipo de sector, alrededor de la planta de hormigón. El mecanismo de alimentación de la planta (con scraper), no permitía cubrir los silos, lo que hubiera sido interesante sobre todo en la arena, para evitar oscilaciones en el contenido de humedad.

La capacidad de los mismos era de unos 1.000 metros cúbicos, lo que a no ser por la regularidad obtenida en el suministro, podría haber dado lugar a interrupciones en la fabricación de hormigón.

La arena de corrección se almacenaba en un silo cubierto del que se alimentaba la planta, mediante una cinta transportadora también cubierta.

Para el cemento se disponía de una capacidad total de almacenamiento de 560 Tn, distribuidas en cinco silos. Del mismo modo que los áridos, la capacidad era reducida pero a pesar de ello, no se han producido jamás paradas por falta de cemento.

Debido a los problemas surgidos con la temperatura de llegada a obra, del cemento, se instaló a pie de planta un serpentín enfriador que aunque prolongaba de forma importante el tiempo de descarga de las cisternas, conseguía rebajar en 8° C la temperatura del cemento.

2.4. Fabricación y transporte del hormigón.

El hormigón se fabricaba en una planta automática Arbau Euro-65, con una producción máxima de 60 m³/hora. Está dotada de una hormigonera de 1,25 m³ de doble eje horizontal, y dispone de los más modernos automatismos (programación a cassette, corrección automática del agua de amasado en función de la humedad de los áridos, medida instantáneamente en la boquilla de entrada mediante captadores de humedad, etc.).

Se han utilizado en las obras tres tipos de hormigón:

- Hormigón de masa de resistencia característica a los veintiocho días, $f_{ck} = 160 \text{ Kg/cm}^2$ y tamaño máximo 100 mm.
- Hormigón ligeramente armado de $f_{ck} = 160$ kilogramos por centímetro cuadrado y tamaño máximo 40 mm.
- Hormigón armado de $f_{ck} = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y tamaño máximo 40 mm.

La dosificación de cemento para el hormigón en masa ha oscilado de 185 a 200 Kg/m³, variando asimismo las proporciones de los distintos áridos.

Como fórmula de trabajo tipo, se ha empleado la siguiente por metro cúbico de hormigón:

Cemento	200 Kg
Agua	125 litros
Arido 100-40	713 Kg
Arido 40-20	475 Kg
Arido 20-10	367 Kg
Arido 10- 5	83 Kg
Arido 5-0,1	493 Kg
Arido 0,6-0,1	70 Kg

aunque a lo largo de la obra se ha variado, de acuerdo con la granulometría de los áridos, habiéndose estudiado en total casi 40 dosificaciones tipo.

El transporte al tajo se ha realizado mediante camiones tipo «pera», ya que dadas las cortas distancias medias de transporte, no ha sido necesario recurrir a camiones hormigoneras giratorias.

2.5. El desvío del río.

En líneas generales, la solución adoptada para el desvío del río difiere poco de la proyectada, y ha consistido en un canal de cuatro metros de anchura que discurre por la ladera derecha, con sección trapezoidal y cota de solera 12.

En su tramo final y para adaptarse a la característica del terreno, el canal se recoge en un tubo metálico tipo ARMCO de cuatro metros de diámetro, que desemboca aguas abajo de la contra-atagüa en una protección de escollera.

Tanto la atagüa (cota 15) como la contra-atagüa (cota 14), se realizaron de materiales sueltos con núcleo de arcilla, siendo necesario después realizar inyecciones de impermeabilización, dada la importante profundidad que alcanzaron las excavaciones en la zona central de la presa (cota — 7).

El paso del canal por la presa, se resolvió mediante un portillo de dimensiones medias 3 x 1 m y de forma troncopiramidal hacia aguas abajo, con objeto de facilitar su taponamiento.

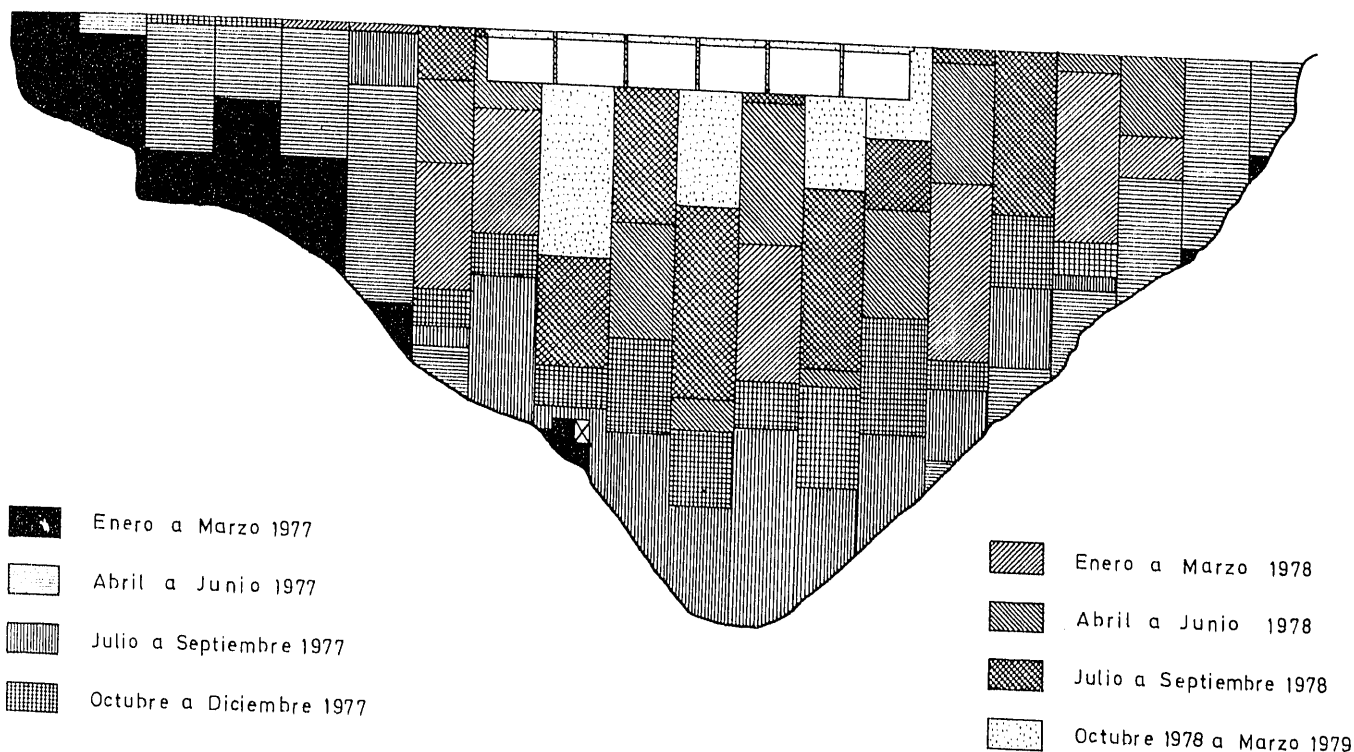
3. LAS EXCAVACIONES PARA CIMIENTOS

Salvo un dique de granodiorita situado a la altura del canal de desvío, el terreno de cimentación estaba constituido por pizarras cuarcíticas, en general muy fracturadas, surcadas por vetas blancas de cuarzo y microfisuras rellenas de arcilla.

El sistema general de realización de las excavaciones ha consistido, una vez retirada la capa de tierra suelta con pala cargadora sobre orugas, en

LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DEL GERGAL

PRESA EL GERGAL SECUENCIA TRIMESTRAL DE HORMIGONADO



aplicar un ripado y pequeñas voladuras en las zonas más compactas. En la zona de granodiorita y cuando la compacidad de la roca no permitía tal tratamiento, se ha realizado la excavación con explosivos, aplicando el sistema de precorte.

Las excavaciones comenzaron en la margen derecha y del estribo al centro de la presa, extrayéndose los escombros por la explanada del ferrocarril.

Una vez realizada la ataguía, se iniciaron las excavaciones de la margen izquierda y en último lugar las del centro de la presa.

La profundidad de cimentación ha sido en general bastante concordante con la del proyecto, salvo en la zona central de la presa, en la que debido a la existencia de una falla: sensiblemente paralela al río, fue preciso descender hasta la cota -7, cuando la cimentación proyectada tenía por cota la +1.

En los fondos de excavación, se realizaron ensayos microsismicos, para comprobar que la celeridad obtenida era del mismo orden de magnitud que la considerada en proyecto.

Las excavaciones del centro de la presa, debido a su profundidad, planteaban serios problemas de

agotamiento y acceso, realizándose en el verano de 1977, con idea de tener cubierta roca para el otoño del mismo año, en previsión de que pudieran presentarse riadas como efectivamente ocurrió.

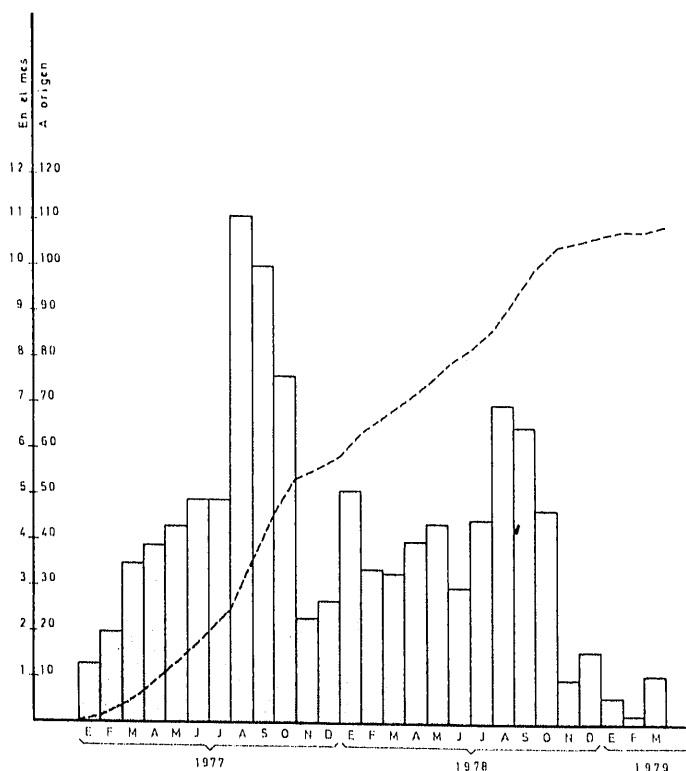
4. EL HORMIGONADO

Aunque en principio estaba previsto la colocación del hormigón con un blondín de sector, dadas las dificultades en la instalación que planteaba la poca cota de los dos macizos de empotramiento respecto a la coronación, se aceptó como medio de colocación, una cinta transportadora extensible sobre camión grúa.

La cinta Roteck que había sido utilizada con éxito por el contratista en otras obras, era alimentada directamente por los camiones «pera» en los que se transportaba el hormigón y gracias a la movilidad de la pluma, evitaba el extendido del hormigón por el bloque. Debido a su alta velocidad, podía colocar holgadamente toda la producción de la planta, a pesar de lo cual y para evitar las pérdidas de tiempo en traslados, se han empleado durante el período de más actividad de la obra, dos máquinas de este tipo, aunque raras veces han funcionado simultáneamente.

LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DEL GERGAL

GRAFICO DE COLOCACION DE HORMIGON
(miles de m³)



El comportamiento de este medio de puesta en obra, ha sido francamente satisfactorio, produciéndose menos disgregación en el hormigón que la que se origina en la descarga del cazo de un blondín.

Las limitaciones de la cinta Roteck son la máxima inclinación de la cinta y su alcance, por lo que en las tongadas altas de los bloques hubo necesidad de emplear grúas-torre, instaladas en la ladera derecha aguas abajo y en la izquierda aguas arriba.

Para movimiento de encofrados se instaló una pequeña grúa en el trampolín del aliviadero, con la que se dominaba la zona central inaccesible a las otras dos grúas.

La secuencia de hormigonado hubo de adaptarse a la evolución de las excavaciones y vino condicionada por la época en que se empezó la obra (casi a finales del verano de 1976), ya que en el invierno de 1976-77 era imposible terminar las excavaciones en el cauce del río.

Se comenzó el hormigonado en diciembre del año 1976, en la margen derecha, mientras que hubo de esperar a comenzar en la izquierda, a que la temporada de lluvias terminase (marzo de 1977).

A principios de verano de 1977, se estaba, pues, hormigonando en ambas márgenes, y excavándose la zona central.

Aún así, a mediados de agosto de 1977 y gracias al considerable esfuerzo realizado por el contratista, se consiguió tener cubierta totalmente a roca de cimentación en el cauce, lo que permitió que las riadas del mes de diciembre, no ocasionaran daños de consideración a las obras realizadas.

En noviembre de 1977 el importante esfuerzo realizado en excavación y hormigonado se vio seriamente afectado, al detectarse en una partida de cemento, altos contenidos de cal libre (mayores a veces de 35 por 100), y expansiones en autoclave superiores al 8 por 100, lo que originó primero una paralización de los cinco bloques afectados, y tras diversos estudios del Laboratorio Central de Ensayos del M.O.P.U. y del Instituto Eduardo Torroja, así como del Laboratorio de obra y previo informe del Servicio de Presas del M.O.P.U. y del Servicio de Vigilancia de Presas del mismo Ministerio, se decidió demoler los 1.700 m³ afectados, lo que originó una considerable disminución en los ritmos del hormigonado.

La demolición se llevó a cabo mediante gatos hidráulicos de expansión, tipo Duncam y Darda, y retroexcavadoras provistas de martillo rompedor de gran potencia. Debido a la presencia inmediata de bloques de hormigón construidos, no se permitió el empleo de explosivos en la demolición.

La demolición terminó en julio de 1978, pero por no quedar un número suficiente de bloques disponibles, el ritmo de hormigonado no pudo volver a ser el alcanzado durante el verano de 1977.

Para acelerar al máximo el hormigonado y disminuir el calor de hidratación, se instaló un sistema de suministro de agua a los bloques independiente del general de la obra, haciéndose circular por unos tubos en forma de serpentín, que se dejaban embebidos en el hormigón. Con este sistema se consiguió un espaciado mínimo entre tongadas de tres días, para conseguir que la temperatura máxima alcanzada por el hormigón, no excediese en más de 25° la media diaria, ya que durante la obra se observaron fisuras en algunos bloques, debido sin duda a efecto térmico.

Las fisuras se analizaron con ultrasonido, no superando su profundidad los 20-25 cm, por lo que el único tratamiento consistió en disponer parillas de redondos sobre la tongada siguiente, para impedir su propagación.

En diciembre de 1978 y cuando se iba a proceder al hormigonado del portillo rectangular situado en la presa para paso del canal de desvío, se produjeron varias riadas, una de las cuales hizo volver el aliviadero de coronación, a pesar de tener el

LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DEL GERGA

tos los desagües de fondo, y el portillo de desvío. Como consecuencia de la salida de agua a presión por este último, se produjeron algunas erosiones en la ladera derecha de poca consideración, ya que se encontraba prácticamente terminada la protección de hormigón que se había definido meses antes, como consecuencia de los datos sobre zona de caída del chorro que suministró el modelo reducido del aliviadero.

La puesta en carga de la presa, sorprendió a ésta con sólo el recinto intermedio de los bloques inyectados, a pesar de lo cual, no se detectaron movimientos importantes en los bloques.

5. CONSOLIDACION, IMPERMEABILIZACION Y DRENAJE

Desde la galería perimetral, se han realizado unos abanicos de consolidación con distancia entre taladros en cimentación de siete metros y profundidad en roca de cinco metros. Las admisiones de cemento han sido en general muy pequeñas (de dos a 90 kilogramos por metro de taladro).

A la vista del estado de la roca y de los resultados de siete taladros de prueba, se decidió no realizar en principio pantalla de impermeabilización. Una vez construida la pantalla de drenaje se aforaron unas filtraciones totales del orden de 1.000-1.200 litros por minuto a embalse lleno, siendo los drenes de la zona central los que más contribuían al caudal citado, por lo que se han realizado recientemente unas inyecciones de impermeabilización en la zona central, aprovechando los taladros de la pantalla de drenaje, habiéndose perforado después aguas abajo de los anteriores, la nueva pantalla de drenaje en la zona inyectada.

Con ello, se intenta reducir a la mitad o tercera parte, el caudal de filtraciones aforado antes del tratamiento.

6. EL ALIVIADERO Y LA PROTECCION DE LADERAS

Al ser el aliviadero proyectado de labio fijo sin compuertas, debía tener una gran longitud para poder evacuar sin sobreelevaciones exageradas el caudal de cálculo de $2.325 \text{ m}^3/\text{seg}$. Esta longitud excesiva hacía temer erosiones en las laderas, sobre todo con caudales pequeños en los que el trampolín no lanzara suficientemente lejos. Para estudiar este problema, se encargó al Centro de Estudios Hidrográficos del M.O.P.U. el estudio del aliviadero.

En general, el aliviadero proyectado funcionaba bien hidráulicamente hablando, pero producía fuerte afección a la ladera izquierda y algo menos, aunque importante, a la derecha.

Gracias a la subestimación en el proyecto del coeficiente de desagüe, se ha podido reducir la longitud total del aliviadero, disminuyendo asimismo el número de vanos y evitando el impacto directo del chorro en el dique granodiorítico existente en la margen izquierda, aguas abajo de la presa.

Para mejorar la disipación de la energía, se ha dotado al trampolín de dientes trapezoidales.

Para estudiar la estabilidad de la ladera izquierda se encargaron unos estudios microsísmicos realizados por don Manuel Fernández Bollo, por los que se deducían entre otras cosas que, no eran de temer deslizamientos repentinos de grandes masas de roca, sino todo lo más erosiones progresivamente crecientes.

A la vista de los citados estudios y del comportamiento de los chorros en los vertidos que se han producido, se ha estimado razonablemente no realizar obra alguna por el momento, estableciéndose un control de erosiones en sucesivas riadas, que serán en definitiva las que aconsejarán el tratamiento a seguir.

La ladera derecha, sin embargo, presentaba una zona triangular situada dentro de la zona de impacto de los chorros, sobre todo para caudales pequeños, que además son los más frecuentes. Por ello, se protegió con una losa de hormigón de dos metros de espesor, convenientemente anclada al terreno, mediante redondos de diámetro 40 mm.

7. INYECCION DE JUNTAS, CIERRE DEL DESVIO DEL RIO, AUSCULTACION

Como consecuencia de la nueva disposición de las pilas del aliviadero, ha habido necesidad de aumentar en una unidad, el número de bloques de la presa y, por tanto, el de juntas.

La inyección de las mismas se comenzó por el recinto intermedio, comprendido entre las cotas 21 y 32, continuándose con el inferior y terminando con el superior. La inyección se realizó desde el centro a los estribos.

El recinto inferior se inyectó con tubos provistos de válvulas y los dos superiores con ranuras inyectoras en la galería inferior y colectoras en la superior.

La temperatura del hormigón en el momento de la inyección de las juntas oscilaba entre los 16 y 20 grados centígrados.

Los trabajos de inyección de juntas se finalizaron a primeros de marzo de 1979.

El cierre del desvío del río no presentó problema alguno, ya que mediante los embalses situados

aguas arriba, se consiguió dejar el cauce prácticamente seco. Se cerró así el canal de desvío aguas arriba de la presa con tierra, construyendo después una compuerta de cierre de hormigón apoyada en el paramento de aguas arriba, por lo que el hormigonado del tapón desde aguas abajo se realizó fácilmente con hormigón bombeado.

En cuanto a la auscultación de la presa, se ha modificado ligeramente el proyecto en el sentido de colocar tres péndulos directos y tres invertidos, así como elevando el número de termómetros para un mayor control de la evolución térmica del hormigón.

8. EL CONTROL DE LA EJECUCION DE LA OBRA

El equipo de dirección y control de la obra estaba formado por dos ingenieros técnicos de Obras

Públicas, un topógrafo, un laborante-jefe de Laboratorio y cuatro vigilantes, además del firmante como director de obra.

Como asesores técnicos han actuado los del Servicio de Presa del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, al cual pertenecían asimismo los especialistas a pie de obra.

Se ha dispuesto de un completo laboratorio instalado en obra, en el que se han realizado análisis de áridos, de cementos (tantos ensayos físicos como químicos), de morteros y hormigones, del agua de amasado, etc., además de vigilar la ejecución de la obra, fundamentalmente en lo que respecta a fabricación y puesta en obra del hormigón.

En total se han realizado unos 300 ensayos físicos de cemento, 20 ensayos químicos completos, 500 ensayos de hormigones y casi 2.000 granulométricos de áridos, además de otros ensayos menos rutinarios.