

EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TOUS

Felipe Mendaña Saavedra
y Manuel Romana Ruiz
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Introducción

La Revista de Obras Públicas nos ha solicitado una exposición de la intervención en el panel de expertos del Juicio de Tous, cuya sentencia ha dictado la Sala Segunda de la Audiencia Territorial de Valencia. Dicha intervención como tales expertos tuvo lugar en la primavera de 1989 y durante la vista oral de la causa.

Las cuestiones que nos fueron planteadas, tanto por el Ministerio Fiscal, como por los Abogados de las partes, se relacionaban directamente con el Dictamen suscrito con fecha 13 de mayo de 1983 por una Comisión de la que ambos formábamos parte.

El citado Dictamen había sido solicitado al Instituto de Ingeniería de España por el Juez Instructor de Játiva en escrito de fecha 21 de febrero de 1983, como prueba solicitada por el Ministerio Fiscal y declarada pertinente.

En marzo de 1983, el Instituto de Ingeniería de

España, previo consentimiento de los interesados, constituyó una Comisión formada por los Doctores Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos D. Alejandro del Campo Aguilera, D. José Luis Guitart y de Gregorio, D. José Manuel Peironcely Aguilar, y nosotros dos.

El Dictamen se orientó a contestar lo más rápida y resumidamente posible el cuestionario que el Juez Instructor había planteado «acerca de la construcción de la Presa de Tous, y si la construida era del tipo adecuado de presa, y motivo de la erosión de la misma; para lo cual se deberá tener en cuenta la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Exploración de Grandes Presas..., que, a lo largo de todo su articulado, establece la obligatoriedad de realizar estudios hidrológicos climatológicos, geológicos, etc. y esto lo exige, incluso, de un período de recurrencia de 500 años; así como las especiales características que concurren en la cuenca del río Júcar».

El Dictamen que, con los citados colegas, suscribimos en 1983, mantiene su validez a esta fe-

La construcción de la Presa de Tous fue la consecuencia de estudios desarrollados a lo largo de treinta años

cha. El contenido de dicho documento fue el motivo básico de nuestras declaraciones. Por eso, entendemos que lo procedente es transcribir una recensiva del mismo, eliminando algunos aspectos de carácter formal, escritos para su mejor comprensión por Juristas, que pueden resultar obvios y reiterativos para los lectores de la Revista de Obras Públicas, con lo que se aligera su contenido. Entre paréntesis hemos añadido algunos comentarios de 1990, que se refieren a la Nueva Presa de Tous.

Hemos mantenido la ordenación de siete Capítulos, más unas Conclusiones, que fue como la Comisión dio forma al Dictamen. En la Introducción, que no transcribiremos, se ofrecía cualquier ampliación o detalle que pudiera interesar; hasta la prueba oral de 1989 nunca se nos solicitó aclaración ni ampliación alguna, y así fue manifestado en nuestras declaraciones al Tribunal.

Las intervenciones como Peritos en la citada vista oral se hicieron por uno u otro, según correspondiera a su mayor especialización, y siempre con la venia de la Presidencia del Tribunal, fuera quien fuese el que interrogaba. Dichas investigaciones se refirieron a ampliaciones sobre lo que el Dictamen había expresado, fundamentalmente con relación a los Capítulos II (Geología), III (Descripción de la Estructura de la Presa de Tous y su correlación con la Avenida) y V (Construcción y Exploración).

El dictamen, solicitado el 21 de febrero, fue remitido al Instituto de la Ingeniería el 16 de mayo, y fue uno de los primeros informes de tipo global o integral que se dispuso en el Sumario, y ello debido a la rapidez con que la Comisión actuó, porque así convenía a los intereses de la Justicia.

Con posterioridad, se han realizado numerosos estudios, con mucho más sosiego. En general, las conclusiones de nuestro Dictamen conservan su validez y no precisan ser modificadas, y así lo manifestamos ante el Tribunal. Solamente expresamos, en lo relativo al caudal máximo de avenida que pasó por Tous que, hasta el momento de la rotura de la presa, período al que se refiere realmente el Dictamen, no se sobrepasaron con certeza los 7.000 m.³/seg. Sí, con posterioridad a la rotura, la avenida alcanzó caudales sensiblemente superiores, como concluyen algunos estudios posteriores, dejamos la cuestión a su definitiva aclaración entre expertos.

Recensión del Dictamen

I) Regulación de la cuenca media del Júcar

La construcción de la Presa de Tous fue la consecuencia de estudios desarrollados a lo largo de treinta años. La Confederación Hidrográfica del Júcar, en 1952, redactó un Proyecto de Presa del embalse con el fin de aumentar la regulación del río Júcar, con destino a riegos y abastecimiento de agua a Valencia y su comarca. En este Proyecto se disponía el nivel de máximo embalse a la cota 133,00 m., a la que le corresponde un volumen de embalse de 412 hm.³

Por otra parte, el Centro de Estudios Hidrográficos del Ministerio de Obras Públicas, presentó

en marzo de 1972 un estudio cuyas principales conclusiones son las siguientes:

a) Para atender los riesgos existentes y suministrar 6 m³/s. a Valencia no es necesario el embalse de Tous, ya que es suficiente la regulación proporcionada por los embalses de cabecera del Júcar.

b) Como el abastecimiento a Valencia desde el Júcar se hace por medio del Canal Júcar-Turia, debía construirse algún dispositivo que permitiera derivar las aguas del Júcar hacia el mencionado Canal.

c) Entre los procedimientos estudiados para derivar las aguas del río Júcar hacia Valencia, el más conveniente era construir en dos fases la Presa de Tous, disponiendo el nivel máximo de agua a la cota 84,00 m., con lo cual se demoraba la expropiación de la central de Millares.

d) La construcción en dos fases permitiría hacer ensayos sobre las condiciones de impermeabilidad de las laderas del embalse.

e) En todo caso, la función del embalse de Tous a largo plazo era corregir el desequilibrio hidrológico del Levante español, lo que aconsejaba la construcción de la presa con la altura total.

f) La primera fase de la Presa debería construirse de forma que su crecimiento fuera sencillo y perturbara lo menos posible la explotación del embalse.

II) Geología

La morfología general del valle del Júcar se descompone en:

- Zonas altas y páramos.
- Gran cuña caliza.
- Zonas de transición a las llanuras litorales.
- Cuenca baja de inundación.

Las tres primeras fases se desarrollan básicamente en un gran macizo (mesozoico), tectónicamente alterado por los plegamientos geológicos que originaron las cordilleras Ibérica y Bética y que fracturaron el macizo.

Dichas fracturas se disponen básicamente según dos direcciones casi perpendiculares. Los ríos han excavado sus cañones según esas direcciones de fracturación, que siguen trazados formados por líneas rectas paralelas a esas dos direcciones principales, con recodos bruscos cuando pasan de una a otra. A lo largo de esos tramos rectos será muy probable la existencia de fallas, puesto que los ríos trazan los valles en las zonas más débiles.

El informe geológico de D. Angel García Yagüe es una comprensión global del esquema tectónico, estudiado con gran detalle.

La geología general se configura en alternancias de tramos duros calcáreos que dan cerradas en los ríos y tramos más blandos y que originan ensanches en los valles. El antiguo pueblo de Tous estaba situado en uno de esos ensanches.

Las alternativas posibles para la construcción de la presa son precisamente las cerradas situa-

das aguas arriba o aguas abajo de ese ensanche de Tous.

Los emplazamientos aguas arriba fueron los inicialmente estudiados, con presas de altura reducida y poco volumen de embalse, como contraembalses del salto de Millares.

Cuando la Confederación Hidrográfica incluyó entre sus planes la construcción de un embalse de mucha más capacidad, hubieron de considerarse los emplazamientos aguas abajo de Tous, que tenían la ventaja adicional de incorporar las aguas del río Escalona. La situación finalmente adoptada era la única compatible con su uso futuro como fuente de alimentación de agua de Valencia y como posible origen de nuevos regadíos.

Geológicamente fueron reconocidas diversas cerradas. En todas aparecen calizas duras en las partes altas del valle y grandes espesores de acarreos y materiales sueltos en el cauce. Es difícil asegurar que en cualquier emplazamiento no existía una falla de mayor o menor importancia bajo los acarreos del río.

Desde un punto de vista geotécnico, los macizos calcáreos laterales son un excelente soporte para las presas de hormigón. En cambio, los terrenos de la zona del cauce son más adecuados como cimientos de presas de materiales sueltos.

El carácter moderadamente sísmico de la región aboga también por la construcción de presas de materiales sueltos, que presentan ventajas desde el punto de vista de la seguridad durante un sismo.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la capacidad portante del terreno, la solución finalmente elegida en Tous es adecuada y, de hecho, no se han observado en la presa asientos, grietas ni ninguna clase de daños imputables al cimiento.

El problema de la permeabilidad del embalse, que se deriva del carácter kárstico del terreno, nada tiene que ver con la seguridad de la obra, sino con su rentabilidad económica. En los numerosos estudios geológicos hechos para la presa, el carácter kárstico y permeable del terreno siempre fue puesto de manifiesto. Desde el punto de vista de la permeabilidad el embalse de Tous ha presentado algunos problemas que se han resuelto con el tratamiento adecuado.

Los estudios geológicos para la presa de Tous han sido dirigidos por especialistas muy competentes, entre los cuales debemos citar a:

- D. Clemente Sáez García.
- D. José Luis Fernández Casado.
- D. Federico Macau.
- D. José María Valdés.
- D. Angel García Yagüe.

Estos estudios han tenido coincidencia en los tipos de materiales (calizas, acarreos y rellenos), y en el concepto de la permeabilidad global.

Podemos concluir sobre la presa de materiales sueltos ejecutada que:

- Sus características eran adecuadas para las condiciones del cimiento
- El perfil tipo era adecuado
- Los estribos de hormigón que cierran la presa contra las laderas tienen unas dimensiones usuales: todas las presas de gravedad tienen unos perfiles de dimensiones muy similares

migón. Aunque las razones de este tipo de construcción son históricas, debe decirse que si hubiese que diseñar hoy una presa para el emplazamiento de Tous, habría que pensar en una presa mixta con un aliviadero de importancia y un cuerpo central de materiales sueltos. Hay muchos ejemplos de presas de este tipo con aliviaderos mucho más importantes, en cuanto a caudal, que el de Tous. (El proyecto actual de la Presa de Tous, cuya construcción ya se ha iniciado, es de materiales sueltos. El aliviadero, de grandes dimensiones, está situado en un collado lateral de la margen derecha del río).

La razón del cuerpo central de materiales sueltos es su mayor estabilidad respecto de los materiales de la cimentación en la zona del cauce del río, que son formaciones de conglomerados y areniscas arcillosas.

La deformabilidad de este cimiento es mayor que la deformabilidad de un cimiento en roca y un terraplén compactado es capaz de admitir, sin riesgo de agrietamiento, una deformabilidad del cimiento mayor que una estructura de hormigón. Por otra parte, el número de presas de materiales sueltos construidas en el mundo es ya mayor que el de presas de hormigón, por lo que es una tecnología experimentada que no supone la aceptación de riesgos mayores que los de cualquier construcción civil de cierta envergadura.

En este tipo de presas el análisis del perfil tipo perpendicular al eje de la presa es suficiente para juzgar el grado de seguridad de la obra. En Tous, este perfil tipo está formado por un núcleo central de arcilla compactada y dos espaldones de escollera compactada, perfil muy utilizado para este tipo de presas. (El perfil tipo de la nueva Presa de Tous es similar al descrito).

La estabilidad, dimensiones y características del núcleo, eran adecuadas y existía una red de inyecciones de cemento para cortar las posibles filtraciones entre la presa y el terreno, como es habitual.

En general, podemos concluir sobre la presa de materiales sueltos ejecutada que:

- Sus características eran adecuadas para las condiciones del cimiento.
- El perfil tipo era adecuado.
- Los estribos de hormigón que cierran la presa contra las laderas tienen unas dimensiones usuales: todas las presas de gravedad tienen unos perfiles de dimensiones muy similares.

— El aliviadero está formado por tres vanos cerrados por compuertas verticales de 15,33 m. de ancho con el umbral en la cota 77. Las capacidades de vertido, de acuerdo con el ensayo en modelo reducido, eran las siguientes:

A la cota 84 de explotación: 1.329 m³/s.
Máxima avenida prevista: 6.968 m³/s.

De esta manera, y de acuerdo con la Instrucción de Grandes Presas, se pretendía cubrir los siguientes objetivos:

Que una riada producida por un manejo súbito de las compuertas no produjese una avenida catástrofica.

Que fuese posible la explotación de la central de Millares (cota 84).

Que la diferencia de nivel entre el nivel de explotación normal (la citada cota 84) y el de coro-

III) Descripción de la estructura de la presa

La presa es mixta, con un cuerpo central de tierra y escollera y dos estribos laterales de hor-

nación de la presa (cota 98.50), permitiese desaguar la máxima avenida que pudiera presentarse.

Este sistema conceptual de niveles de explotación y de aprovechar el resguardo para conseguir la altura de lámina necesaria para la evacuación de las avenidas máximas, es totalmente usual y permitía la utilización de un embalse de 52 millones de metros cúbicos, necesario para riegos en el valle inferior y compatible con la exploración de la central de Millares.

Se habían intentado en proyectos anteriores soluciones en base a compuertas en carga, pero el ensayo en modelo reducido permitió comprobar que su funcionamiento hidráulico no era satisfactorio.

Hemos consultado el registro mundial de grandes presas, resultando que hay 104 presas de características análogas a la de Tous, de las que citamos a continuación algunas más relevantes. (La tabla corresponde al Registro Mundial de Grandes Presas en 1981).

PAÍS	NOMBRE	Altura (m)	Caudal aliviadero (controlada compuertas) m ³ /seg.)	Año puesta Servicio
Argentina	El Chocón	47	8.000	1973
Australia	Burrendong	76	13.720	1976
Australia	Wyangala	85	14.700	1971
Brasil	Itaipu	70	62.000	1982
Brasil	Jaguara	71	14.500	1970
Brasil	Itumbiara	100	16.000	1980
U.S.A.	Priest Rapids	57	40.000	
U.S.A.	Wanapum	55	40.000	
Canadá	Gardiner	68	11.300	1968
Colombia	Betania	90	16.000	En const.
Egipto	Aswan	110	11.070	1970
Méjico	Chicoasen	240	17.400	1977
Venezuela	Guri	110	30.000	En const.
Salvador	Cerrón Grande	90	10.000	1977

IV) Proyecto de aliviadero de la presa

El aliviadero se dimensionó para un caudal máximo de 6.968 m.³/seg. En el Informe Hidrológico de Avenidas, que se incluye en el Proyecto Reformado, se justifica este caudal por aplicación de la fórmula de Füller, para un período de retorno de 500 años. Dicho caudal supera ampliamente a los mayores caudales de avenida hasta entonces registrados.

En el Proyecto Reformado de junio de 1973, se disponía un vertedero fijo, con umbral a la cota 84, de 48 m. de longitud, completado por dos desagües en carga controlados por compuertas. El comportamiento del aliviadero fue estudiado en modelo reducido en el Laboratorio del Centro de Estudios Hidrográficos, observándose interferencias entre el funcionamiento del aliviadero superficial y los desagües profundos, así como cierta insuficiencia en la capacidad conjunta de desagüe.

En el mismo Laboratorio, se estudiaron otras alternativas, adoptándose como solución definitiva un aliviadero formado por tres vanos de 15,33 m de ancho, controlado por compuertas, con umbral a la cota 77. Con esta disposición, podría evacuarse la máxima avenida prevista en el Informe Hidrológico y se cumplían las condiciones exigidas en la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas.

La disposición de aliviaderos controlados por compuertas en grandes presas de materiales sueltos no es excepcional.

De haber sido posible la apertura de las compuertas del aliviadero durante el temporal de octubre del pasado año, debido al efecto amortiguador del embalse se hubiera dado paso a las aportaciones de la avenida.

V) Construcción y explotación

Tous es una presa mixta, debiendo distinguir sus partes de hormigón de su parte de materiales sueltos, toda vez que las técnicas constructivas son diferentes.

Los datos de archivo correspondientes a la historia diaria de la construcción de hormigones responden a una calidad por encima de los valores que señala la normativa oficial vigente, en la frecuencia y número de ensayos realizados y en los valores obtenidos de cada uno de dichos ensayos. Estos valores diarios son de dos clases: los definitorios previstos de una calidad esperable y los objetivamente concluyentes acerca de la calidad realmente obtenida. De la inspección ocular de la obra, de los días 3 y 4 de mayo de 1983, no hay signo alguno de comportamiento anormal, incluso en los restos de las partes parcialmente destruidas.

En la parte de los materiales sueltos, que fue la destruida, y según los archivos de construcción, las cualidades de las escolleras y filtros cumplen sobradamente los valores exigidos por las Normas vigentes. En cuanto al núcleo arcilloso, estas cualidades (básicamente resistencia e impermeabilidad), eran extraordinariamente buenas, dado que los valores registrados son difícilmente conseguidos en este tipo de obras. Ello ha sido posible por el empleo de equipos modernos de compactación, trabajando el material de un yacimiento de alta calidad. El «ensayo Proctor modificado» se aplicó a más de 3.000 muestras del núcleo con un conjunto de valores mejor de lo usual.

De la inspección ocular de la obra poco puede decirse en cuanto a escolleras y filtros, erosionados y arrastrados al rebosar el agua sobre la presa. El aspecto del núcleo, en pie en una gran parte del centro y mitad izquierda de la presa, es una muestra de la calidad, pudiendo insistir en dos características: la compacidad y el cosido perfecto de las capas del gran volumen todavía existente.

Como observación final relativa a la construcción, el número y calidad de equipos con que se dotó el Laboratorio de la Obra, cubren las necesidades de una obra de este tipo y no sólo por lo que es usual en el momento actual de la tecnología de la construcción.

Pasando a la vigilancia y control del comporta-

miento de la obra desde sus primeras etapas de llenado del embalse (mes de marzo de 1979), hasta el 20 de octubre de 1982, hay que señalar:

- La instrumentación de la obra es superior a lo que exigen las normas oficiales vigentes en España.
- La presa de materiales sueltos se dotó con tres secciones de control. En su conjunto disponían éstas de 21 piezómetros; 8 células hidráulicas de medición de asientos; 3 inclinómetros y 4 células de presión total. Además, el núcleo de arcilla, en los planos de contacto con las partes de hormigón, disponían de 3 extensómetros: 8 piezómetros; 6 células de presión total y 1 inclinómetro.
- El examen de los datos diarios de las lecturas de estos instrumentos permite calificar de óptimo el comportamiento de la estructura.

VI) Temporal y avenida del 20 de octubre de 1982.

Durante los meses de otoño de muchos años, se producen en las riberas del Mar Mediterráneo intensos temporales de lluvia, por la interferencia de masas frías de aire con el aire recalentado durante el verano.

Estos temporales ocasionan súbitas avenidas en los ríos vertientes al Mediterráneo. En el curso inferior del río Júcar, desde que se tienen noticias históricas, se han conocido grandes avenidas que han desbordado los cauces de los ríos, inundado extensas zonas agrícolas y obligado a abandonar algunos poblados. Destaca, entre las avenidas del río Júcar, la que acaeció los días 4 y 5 de noviembre de 1864, que produjo cuantiosos daños.

El temporal de lluvias que afectó a la cuenca media del río Júcar, el día 20 de octubre del año 1982, según los Informes del Instituto Meteorológico, fue excepcional por superar en intensidad de lluvias a otros conocidos y penetrar más profundamente en el interior de la Península.

Aunque las precipitaciones recogidas diariamente en los pluviómetros aparecen repartidas administrativamente entre los días 19 y 20 de octubre, casi toda la lluvia cayó en el día 20, superando los 500 mm, en zonas en las que no se habían registrado precipitaciones superiores a 100 mm/día. Las lluvias fueron particularmente intensas durante algunas horas de la mañana del día 20, cuando se registraron intensidades horarias del orden de 100 mm/hora.

Las condiciones meteorológicas registradas algunas horas antes de producirse el temporal, no permitían predecir su extraordinaria intensidad, ni su localización.

La intensidad del temporal cortó el suministro de energía eléctrica, no siendo posible abrir las compuertas del aliviadero de Tous, por lo que se retuvieron en el embalse parte de las aportaciones entrantes y se vertieron importantes caudales por encima de las compuertas. El resguardo de 14,50 m. entre el nivel de explotación del embalse y la coronación de la presa determinó que las aguas no rebasasen ésta hasta las 16,30 horas, es decir, diez horas después de haberse iniciado la gran avenida.

Durante este tiempo, los caudales entrantes al embalse de Tous han podido calcularse con cierta precisión sumando las aportaciones retenidas en el embalse a los caudales evacuados. Se calcula que se produjeron dos puntas de avenida superiores a los 6.000 m³/seg. hacia las 11 de la mañana, la primera y a las 16 horas la segunda.

Sin embargo, los mayores caudales en este tramo del río debieron pasar en la noche del 20/21, al sumarse los caudales remanentes del Escalona y otros afluentes, a los 4.500 m³/seg., que provenían de la cuenca media del Júcar.

VII) Destrucción de la presa de Tous y su correlación con la avenida

El nivel del embalse de Tous alcanzó la cota 99,60 vertiendo 1,10 m. sobre la coronación de la presa de escollera, lo que determinó la erosión progresiva del espaldón de escollera de agua abajo, pero sin afectar el núcleo de tierras más que en algunas zonas locales, especialmente en los contactos entre el dique de materiales sueltos y los estribos de gravedad. No se inició el proceso crítico de destrucción de la presa hasta las 19 horas y 13 minutos del día 20, en que se escuchó un gran ruido producido, probablemente, por el deslizamiento de una parte del núcleo de la presa y por la caída del muro que separaba el aliviadero del dique de materiales sueltos. Hasta dicha hora, los caudales salientes del embalse de Tous no superaron a los entrantes.

En el curso de la noche del 20 al 21, los grandes caudales naturales erosionaron los restos de los espaldones de escollera y formaron un gran boquete en la zona derecha del núcleo.

Hasta el anochecer del día 20 el embalse de Tous retuvo parte de las aportaciones de la cuenca media del Júcar, retrasando varias horas la gran avenida en el curso inferior del Júcar y reduciendo hasta en 4.000 m³/seg. algunas horas los caudales circulantes con respecto a los naturales. Esta demora permitió durante el día la evacuación de algunas poblaciones.

Como consecuencia de la destrucción de la presa, a partir de las 19,13 horas, del día 20 de octubre, se produjo una onda de avenida con un caudal máximo del orden de 15.000 m³/seg. Esta onda de avenida se propagó hacia aguas abajo a una velocidad de 5 a 8 Km/hora, reduciéndose los caudales al extenderse la inundación, de modo que en la zona de la Autopista no se alcanzaron hasta medianoche los máximos niveles correspondientes a un caudal del orden de 12.000 m³/seg., de parecida magnitud al que hubiera pasado en esta zona varias horas antes, sin la incidencia del embalse de Tous.

Las grandes precipitaciones que cayeron sobre la cuenca media del río Júcar el día 20 de octubre de 1982 fueron causa de una gran avenida en el curso inferior del río Júcar, con independencia de los efectos del embalse de Tous sobre la distribución de los caudales a lo largo del día. El volumen de agua almacenada en el embalse de Tous al iniciarse el temporal, de aproximadamente 50 millones de metros cúbicos o los 80 millones de metros cúbicos que pudieron incorporarse al destruirse la presa, resultan pequeños en compara-

El aliviadero se dimensionó para un caudal máximo de 6.968 m³/seg. En el Informe Hidrológico de Avenidas, que se incluye en el Proyecto Reformado, se justifica este caudal por aplicación de la fórmula de Füller, para un período de retorno de 500 años. Dicho caudal supera ampliamente a los mayores caudales de avenida hasta entonces registrados

Como consecuencia de la destrucción de la presa, a partir de las 19,13 horas, del día 20 de octubre, se produjo una onda de avenida con un caudal máximo del orden de 15.000 m.³/seg.

ción de los 3.200 millones de metros cúbicos de agua que cayeron sobre la cuenca, los 800 millones de metros cúbicos que fluyeron en las primeras treinta horas de avenida o los 300 millones de metros cúbicos que llegaron a acumularse sobre las zonas inundadas.

VIII) Conclusiones

1.^a La cuenca media del río Júcar, no controlada por los embalses de Alarcón y de Contreras, aporta importantes volúmenes de agua.

2.^a No existe otro emplazamiento de presa en este tramo del río Júcar, que proporcione mayor volumen del embalse y controle más superficie de cuenca que el utilizado por la presa de Tous, sin que otras alternativas presenten tampoco ventajas decisivas desde el punto de vista geológico. (La nueva Presa de Tous está situada en el mismo emplazamiento que la antigua).

3.^a La construcción de la Presa de Tous en dos fases estaba justificada, tanto para evitar el adelanto de grandes inversiones antes de que se demandasen los volúmenes de agua regulados, como para evitar el adelantar la inutilización de la central eléctrica de Millares.

4.^a Hay que calificar de acertada la decisión de completar el cierre de Tous con una presa de escollera con núcleo de tierra para tratar la zona central de la cerrada, siguiendo las recomendaciones del Informe Geológico incorporando al Proyecto Reformado. La geología de la cerrada no ha tenido ninguna incidencia sobre la destrucción de la presa.

5.^a Construidos, pues, los estribos de la presa de hormigón, se proyectó la construcción, en dos fases, de un dique formado por un núcleo impermeable de tierra y espaldones de escollera, que completaba la zona central de la presa. Recordamos que en las estadísticas mundiales de grandes presas, son más frecuentes las presas de materiales sueltos que las presas de hormigón.

6.^a Los materiales y métodos utilizados para la construcción de la presa fueron correctos, debiendo destacarse la extraordinaria calidad en la construcción del núcleo impermeable de la presa.

7.^a El dique de materiales sueltos de la presa de Tous y su cimentación, se han comportado correctamente, tanto durante la fase inicial de explotación del embalse, como durante la gran avenida que ocasionó la destrucción de la presa.

8.^a De acuerdo con el Informe Hidrológico de Avenidas que se incluye como Anejo en el Proyecto Reformado, se dimensionó el aliviadero para evacuar 6.968 m.³/seg., que se estima cubre el máximo caudal que puede esperarse de las mayores avenidas del Júcar de los que se tiene noticia, en el emplazamiento de Tous. El proyecto del aliviadero fue modificado como consecuencia de los ensayos realizados en modelo reducido, construyéndose un aliviadero, formado por tres vanos cerrados por compuertas. A nuestro juicio, este aliviadero cumplía los requisitos exigidos en la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas. Otras soluciones con vertedero libre y compuertas en carga a niveles inferiores al del umbral, fueron estu-

diadas y hubieron de desecharse por su defectuoso funcionamiento hidráulico.

9.^a El temporal que afectó a la cuenca media del río Júcar el día 20 de octubre de 1982 ha de calificarse de excepcional por penetrar más profundamente en la Península que otros temporales mediterráneos y por la gran intensidad de las precipitaciones recogidas. La situación meteorológica registrada pocas horas antes de iniciarse el temporal, no permitía prever ni su intensidad, ni su localización.

10.^a Como consecuencia del temporal de lluvias, crecieron los caudales de los afluentes del río Júcar, iniciándose el desbordamiento y las inundaciones en su curso inferior, antes de que llegasen las aportaciones de su cuenca media, aguas arriba del embalse de Tous.

11.^a Por no haber sido posible abrir las compuertas del aliviadero de la presa de Tous, se elevó el nivel del embalse, vertiendo primeramente por encima de dichas compuertas y a partir de las 16 horas 30 minutos del día 20, sobre la coronación de la presa de materiales sueltos con una lámina máxima de agua de 1,10 m.

12.^a El vertido de agua sobre la coronación del dique de materiales sueltos erosionó el espaldón de agua abajo de escollera y a partir de las 19 horas y 13 minutos, se inició la destrucción de un tramo de la coronación del núcleo y tierras. Hasta esa hora los caudales desaguados por la presa habían sido inferiores a los entrantes al embalse a causa de las aportaciones retenidas en este al elevarse su nivel.

13.^a Durante la mayor parte del día 20, hasta las primeras horas de la noche, el embalse de Tous retuvo gran parte de las aportaciones del río Júcar, retrasando muchas horas el crecimiento de la avenida en el curso inferior del Júcar y reduciendo los caudales hasta en 4.000 m.³/seg., lo que permitió disponer de tiempo para evacuar las poblaciones.

14.^a Como consecuencia de la destrucción de la presa, a partir de las 19 horas y 13 minutos, se produjo una onda de avenida, cuyo caudal en el tramo inmediatamente aguas abajo de la presa, pudo alcanzar una cifra del orden de 15.000 m.³/seg. La onda de avenida se propagó hacia aguas abajo a una velocidad entre 8 y 5 Km/hora, de modo que en la Autopista no se registraron los máximos niveles hasta después de media noche. La sobreexposición en las zonas bajas ya inundadas se fue amortiguando hacia aguas abajo debido a la gran superficie ya inundada.

15.^a Así como la onda de avenida causada por la destrucción de la presa elevó notablemente el nivel alcanzado por las aguas en el tramo de unos 10 Km. situado inmediatamente aguas abajo de la presa, a nuestro juicio en el valle inferior del Júcar, no se produjeron, por dicha causa, inundaciones mayores que las que se hubiesen producido varias horas antes al llegar de un modo natural las aguas de una cuenca en la que no se hubiera construido obra alguna.

Esta es la opinión de los Técnicos que suscriben el presente escrito, en Madrid, a 13 de mayo de 1983, Alejandro del Campo A., José Luis Guitart, Felipe Mendaña S., José M. Peironcely y Manuel Romana.■