

Públicas, cuyos Jefes respectivos tendrán la categoría de Subdirectores generales.

Artículo tercero. Por el Ministro de Hacienda se habilitarán los créditos necesarios para el sostenimiento de los servicios establecidos por el presente Decreto.

Artículo cuarto. Se autoriza al Ministro Subsecretario de la Presidencia del Gobierno para dictar las disposiciones que se considere convenientes para el mejor cumplimiento de cuanto en el presente Decreto se establece.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en el Palacio de Ayete a ocho de septiembre de mil novecientos sesenta y dos.

FRANCISCO FRANCO

El Ministro Subsecretario de la Presidencia del Gobierno,

LUIS CARRERO BLANCO

## MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

ORDEN de 21 de agosto de 1962 por la que se aprueba la «Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas».

Ilustrísimo señor:

La Comisión de Normas para Grandes Presas, constituida por Orden ministerial de quince de enero de mil novecientos cincuenta y nueve, ha estudiado y redactado la «Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas», cuyas distintas partes han sido analizadas con gran detalle, recogiendo las últimas experiencias y avances de la técnica.

Sometida a informe del Consejo de Obras Públicas éste, en dictamen de treinta de julio de mil novecientos sesenta y dos, propuso su aprobación previas determinadas modificaciones en algunos capítulos y artículos.

Considerando que la nueva Instrucción está bien estudiada, que recoge los últimos avances de la técnica de presas y que las modificaciones propuestas por el Consejo de Obras Públicas, con algunas variaciones, están debidamente justificadas y son aceptables,

Este Ministerio ha resuelto:

Primero. Aprobar la «Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas», redactada por la Comisión de Normas para Grandes Presas constituida por Orden ministerial de quince de enero de mil novecientos cincuenta y nueve, con las modificaciones propuestas.

Segundo. La Instrucción que se aprueba tendrá vigencia desde la fecha de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado» hasta el treinta y uno de diciembre de mil novecientos sesenta y tres, y la Comisión de Normas para Grandes Presas propondrá el mantenimiento o modificación de su articulado después de la experiencia de su implantación y del estudio de las observaciones que se formulen por las Confederaciones Hidrográficas, Servicios de Obras Públicas y Comisarias de Aguas, a través de la Comisaría Central de Aguas, y por las Empresas concesionarias e Ingenieros especialistas, a través del Comité Nacional Español de la Comisión Internacional de Grandes Presas, el que elevará informe y propuestas de las modificaciones que considere deben introducirse.

Las observaciones, informes y propuestas deberán estar a disposición de la Comisión de Normas antes de primero de octubre de mil novecientos sesenta y tres.

Tercero. Es aplicable esta Instrucción a las obras en curso de ejecución en cuanto la situación de la construcción lo permita. Tanto las presas en ejecución como en actual explotación adoptarán los dispositivos de control y vigilancia que en la Instrucción se marcan, introduciéndose en unas y otras las modificaciones y ampliaciones necesarias para conseguir las condiciones de seguridad en la misma previstas.

Cuarto. La Dirección General de Obras Hidráulicas, durante el período de vigencia temporal de esta Instrucción, podrá

autorizar alteraciones de normas determinadas o excepción de su publicación, previa solicitud justificada tramitada por el organismo Inspector de la obra.

Lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 21 de agosto de 1962.

VIGON

Ilmo. Sr. Director general de Obras Hidráulicas.

### A N E X O

#### Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas

##### CAPITULO PRIMERO

##### Crterios fundamentales

##### Artículo 1.º Ambito de aplicación y excepciones.

A) A los efectos de la aplicación de la presente Instrucción, tendrán la consideración de grandes presas todas aquellas en las que concorra alguna de las características siguientes:

- a) Que su altura sea igual o superior a quince metros.
- b) Que den lugar a un embalse máximo igual o superior a cien mil metros cúbicos.
- c) Que por cualquiera otra circunstancia constituyan una obra importante para la seguridad o la economía públicas.

B) A la vista de las circunstancias específicas que en cada caso particular concurren, el buen criterio del Ingeniero autor del proyecto, Director de las obras o Director de explotación, podrá justificar razonadamente la sustitución del cumplimiento estricto de alguna de las normas contenidas en la Instrucción por otras capaces de asegurar los mismos resultados. La Dirección General de Obras Hidráulicas resolverá discrecionalmente, en última instancia, los casos dudosos.

##### Art. 2.º Definiciones.

Por «máximo nivel normal del embalse» se entiende la cota máxima que el agua puede alcanzar en él en circunstancias normales, sin verter por los aliviaderos.

Por «máximo nivel de embalse en crecidas» se entiende la cota máxima que el agua puede alcanzar cuando ocurre la mayor crecida previsible, funcionando el aliviadero a su plena capacidad.

«Cota de coronación» es la más elevada de la estructura resistente de la presa. Si parte de la presa está ocupada por los aliviaderos, se considerará como coronación la de los estribos; y si toda la presa es vertedero, se tomará como cota de coronación la de máximo embalse en crecidas.

«Altura de presa» es el desnivel entre la cota de coronación y la del punto más bajo de la superficie general de cimientos, excluyendo de ésta la correspondiente a las obras locales, tales como rastrillos, pantallas de impermeabilización o rellenos de grietas.

##### Art. 3.º Clasificación de las presas.

A los efectos de la aplicación de las presentes normas, las presas se clasifican en los siguientes tipos:

##### A) Presas de fábrica:

- a) De gravedad.
- b) En arco (tipos bóveda y cúpula).
- c) De contrafuertes (incluyéndose también en este tipo las de bóvedas o cúpulas múltiples).

##### B) Presas de materiales sueltos:

- a) De tierra.
- b) De escollera.

##### C) Presas mixtas.

##### D) Presas de tipo especial.

Las normas de carácter general contenidas en esta Instrucción serán aplicables a todos los tipos de presas. Cada tipo particular deberá cumplir, además, las prescripciones de carácter específico que para él se establecen en el capítulo correspondiente.

En las presas mixtas, que resultan de la combinación de dos partes de distinto tipo, cada una de ellas deberá cumplir con las normas particulares que le corresponden.

Cuando se pretenda construir una presa de tipo especial, no asimilable a ninguno de los corrientes, en el proyecto deberán justificarse cumplidamente las razones que abogan en favor del tipo escogido, demostrando que el grado de seguridad alcanzado no es inferior al que se prescribe en esta Instrucción para las presas de tipos ordinarios. El proyecto deberá incluir, además, la especificación y justificación detallada de las normas particulares que deben seguirse durante la construcción y explotación de las obras.

Análogo criterio se seguirá cuando para la construcción de presas de tipo normal se preconice en el proyecto la adopción de procedimientos constructivos especiales que constituyan novedades técnicas no reguladas por la presente Instrucción.

#### Art. 4.º Unidad de la obra.

Al proyectar, construir o explotar una presa deben considerarse conjunta y simultáneamente todos aquellos elementos que constituyen con la presa propiamente dicha una unidad orgánica por influir sobre sus condiciones de seguridad o por resultar imprescindibles para su explotación, conservación, inspección y vigilancia.

Todos estos elementos deben quedar incluidos en un proyecto único, en donde se estudiarán, justificarán y definirán.

De modo muy particular se consideran incluidos en esta categoría los elementos siguientes:

- a) El vaso del embalse.
- b) Los terrenos de cimentación y apoyo de estribos, que deberán considerarse como prolongaciones de la estructura resistente.
- c) Los sistemas de impermeabilización y drenajes tanto en la presa como en cimientos y laderas.
- d) Los dispositivos de observación del comportamiento funcional y de la vigilancia en la explotación y control técnico de la estructura.
- e) Los aliviaderos y desagües de fondo.
- f) Las centrales eléctricas de pie de presa.
- g) Las vías de enlace de las obras con la red general, así como los accesos desde aquéllas a todos los puntos esenciales de la obra.
- h) Las instalaciones de telecomunicación e iluminación, especialmente en las casetas de mecanismos, galerías de visita, etcétera.

#### Art. 5.º Unidad de las fases de ejecución.

Las tres fases de proyecto, construcción y explotación por las que sucesivamente pasan las obras tampoco deben concebirse y considerarse aisladamente. Por el contrario, las informaciones previas, estudios y cálculos recopilados en el proyecto deben completarse, ampliarse y contrastarse con la realidad durante la fase de construcción; en la de explotación deben aprovecharse las experiencias obtenidas, con objeto de disponer en cada momento de la información más completa posible acerca del comportamiento de la presa y del terreno, previendo cualquier riesgo eventual con anticipación suficiente para poder adoptar los oportunos remedios.

Es además muy recomendable que de la experiencia particular obtenida en la construcción y explotación de cada presa aislada quede constancia, utilizable posteriormente para el perfeccionamiento de las teorías generales.

Para conseguir estos resultados es indispensable un estrecho contacto y comunicación de informaciones entre los Ingenieros que sucesivamente dirijan las fases de proyecto, construcción y explotación de las obras.

#### Art. 6.º Protección de los intereses nacionales.

Por el elevado coste de las grandes presas, por los daños catastróficos que de su ruina se seguirían y por destinarse a aprovechar aguas y terrenos de dominio público, su construcción afecta siempre a los intereses nacionales, que en todo caso deben quedar salvaguardados.

En consecuencia, al proyectar, construir y explotar las presas, tanto por parte del Estado y Organismos públicos como por los particulares, deben tenerse presentes las siguientes normas:

- a) Garantizar la seguridad de las obras contra toda contingencia previsible de daños graves.
- b) Evitar innecesarios encarecimientos de coste.
- c) Dirigir la explotación de las obras de forma que se lo-

gre el aprovechamiento máximo de todo aquello que pueda contribuir a incrementar la riqueza nacional, aunque tenga carácter secundario respecto del fin principal a que la presa se destina, siempre que ello pueda conseguirse sin desvirtuar este último.

d) Cuidar el aspecto estético de las obras en relación con el paisaje que las rodea, y aprovechar las posibilidades del embalse para lograr zonas de esparcimiento, turismo y deporte.

#### Art. 7.º Seguridad de la presa y economía de las obras.

Es fundamental garantizar en todo momento la seguridad de las obras, sin que ello redunde en elevaciones de coste no justificadas.

A tal fin resulta imprescindible proceder con el siguiente orden:

A) Obtener antes de proyectar las obras una completa y detallada información acerca de

a) Las características topográficas, fisiográficas, geológicas y sísmológicas, especialmente las que influyen sobre su estabilidad, resistencia e impermeabilidad o de cualquier otra manera puedan afectar a la seguridad de las obras.

b) Las características hidrologicas del río, así como las climatológicas de la región.

c) Los materiales de construcción disponibles, tanto en su aspecto técnico como en el económico.

B) Considerar, atentamente todas las eventualidades y riesgos que puedan producirse durante la explotación y prevenirlos de antemano.

C) Deducir de los anteriores datos y consideraciones el tipo de presa más adecuado, es decir, el que sea capaz de garantizar la plena seguridad de las obras con el mínimo coste.

Si el plazo y coste necesarios para el desarrollo del proyecto de esta solución, ni la complejidad de los cálculos, ensayos y colaboraciones técnicas que se requieran para plasmarla en dicho proyecto justificaran la elección de otro tipo menos satisfactorio desde el punto de vista técnico y económico.

D) Cuidar la calidad de la obra durante su ejecución para asegurar el cumplimiento de todas las hipótesis de proyecto.

E) Establecer un programa de explotación en el que se fijen las directrices para llevarla a cabo en forma racional, señalándose normas concretas para el caso de contingencias extraordinarias (averías, avenidas normales y catastróficas, etc.).

F) Vigilar el comportamiento de las obras a lo largo del tiempo a fin de comprobar que se mantiene el grado de seguridad previsto, o en caso contrario tomar las medidas necesarias.

Los temas fundamentales anteriormente reseñados deberán ser objeto de atento estudio en todos los casos, y no será admisible omitir la consideración de ninguno de ellos con el pretexto de sustituirla por una elevación de los coeficientes de seguridad utilizados en la elaboración del proyecto o de las normas de explotación.

## CAPITULO II

### Normas generales para el proyecto de presas

#### Art. 8.º Proyecto y anteproyecto.

La construcción, recrecimiento o modificación de las presas deberá llevarse a cabo con arreglo a un proyecto previo, el cual habrá de definir los distintos elementos integrantes de la presa, según se reseñan en el artículo 4.º, con precisión suficiente para que las obras puedan construirse bajo la dirección de otro Ingeniero distinto del proyectista.

Este proyecto deberá ser examinado y aprobado por las autoridades competentes del Ministerio de Obras Públicas.

A los solos efectos de inclusión en los planes oficiales, así como para tramitar las concesiones administrativas, será suficiente la presentación de un anteproyecto. Sin embargo, aun en estos casos, será preceptiva la redacción y aprobación oficial del proyecto antes de autorizarse la construcción de las obras.

El Ingeniero autor del proyecto responde ante la Dirección General de Obras Hidráulicas de la totalidad del mismo, incluidas las partes que por su naturaleza exigen el asesoramiento de personal especializado. Este responderá también de los trabajos que, autorizados con su firma, se incorporen al proyecto; pero la responsabilidad del Ingeniero autor se extenderá solidariamente a dichos trabajos, sin que pueda alegar como eximente su falta de especialización.

**Art. 9.º Trabajos y ensayos previos.**

La recopilación de los datos e informaciones necesarias para el acertado desarrollo del proyecto, y en especial los mencionados en el apartado A) del artículo 7.º, deberán completarse totalmente con la antelación necesaria e incorporarse al proyecto.

En consecuencia, no será admisible que la definición final de los elementos fundamentales de presa o de alguna de sus características esenciales quede supeditada a la realización de estudios, reconocimientos o ensayos posteriores.

Los proyectos que incumplan esta norma se considerarán como simples anteproyectos y no podrán servir de base para autorizar la construcción de las obras.

**Art. 10. Composición del proyecto.**

El proyecto constará de los siguientes documentos:

- a) Memoria.
- b) Planos.
- c) Pliego de condiciones facultativas.
- d) Presupuestos.

**Art. 11. Memoria.**

La memoria deberá justificar las características de todas y cada una de las obras proyectadas, y el cumplimiento de las normas generales contenidas en el capítulo I de esta Instrucción.

Se indicarán en ella los datos previos, métodos de cálculo y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollos se incluirán en anejos separados.

En particular, la Memoria debe abarcar los siguientes temas:

- a) Referencia al anteproyecto, si lo hubiere, justificando las modificaciones introducidas en él.
- b) Estudio geológico del terreno con el resultado de las labores de reconocimiento mediante sondeos, galerías, pozos y otros medios de prospección, así como pruebas efectuadas directamente sobre el terreno de cimentación por medios geotécnicos y geofísicos. Conclusiones que de ello se deducen, en especial, garantías de impermeabilidad y resistencia.
- c) Estudio de la disponibilidad de materiales de construcción, con especial referencia a los que deban obtenerse en las proximidades de las obras; reconocimientos y cubicación de canteras, graveras, arenos, tierras que se han de utilizar, etc.; análisis y ensayos de los materiales que demuestren su adecuación al uso a que se destinan.
- d) Estudio hidrológico, que debe incluir el de las aportaciones anuales y el de las máximas riadas previsibles. Organos de desagüe normales y de aligeramiento.
- e) Estudio de las soluciones posibles: tipos de presas, aliviaderos, etc., y comparación de sus características técnicas y económicas.
- f) Justificación técnica y económica del tipo de presa preconizado y de su adaptabilidad a las características topográficas y geológicas del terreno, y a los materiales de construcción disponibles.
- g) Cálculos de estabilidad y de resistencia, incluidos los resultados de los ensayos en modelos, si se consideran necesarios.
- h) Dispositivos de control y de vigilancia de la obra y del terreno, tanto durante la construcción como en la explotación. Programa de pruebas y observaciones que deben realizarse y método para interpretación de resultados.
- i) Previsión de las consecuencias de las posibles averías de cualquiera de los elementos o de errores y deficiencias de explotación y métodos propugnados para evitarlas o paliar sus consecuencias en caso de que se produzcan.
- j) Caminos, accesos, telecomunicación, instalaciones de vigilancia y control, precauciones y medios para prevenir a los poblados del valle en caso de peligro.
- k) Procedimientos y plazos de construcción, incluyendo los de las ataguías y desviación del río.
- l) Estudio de las posibilidades del embalse en su aspecto cultural y deportivo.
- m) Justificación de la viabilidad económica del proyecto.
- n) Normas que deben tenerse en cuenta para elaborar el Reglamento de Explotación, en especial las pertinentes a la prevención de riesgos catastróficos.

**Art. 12. Planos.**

En el documento de planos, además de los especialmente requeridos por las particularidades del proyecto, deben figurar los correspondientes a los siguientes apartados:

- a) Situación del embalse, en escala no inferior a 1:100.000, indicando los caminos de acceso al mismo.
- b) Plano de la cuenca alimentadora y la zona de aguas abajo que pudiera ser afectada por la obra, con indicación especial de los núcleos de población a los que alcanzarían los daños en caso de catastrofe.
- c) Plano del embalse con curvas de nivel, en escala no inferior a 1:5.000.
- d) Perfil longitudinal del río, en la zona del embalse y la inmediata aguas abajo, señalando en ésta los niveles de agua normales, de estiaje y de avenidas ordinarias y extraordinarias.
- e) Plano de la cerrada, en escala no inferior a 1:500, señalando en él la situación de los puntos fijos de referencia previamente establecidos, los cuales, a ser posible, deberán quedar enlazados con la red geodésica nacional.

El plano de la cerrada no se limitará a los terrenos ocupados por las obras, sino que deberá extenderse lo suficiente para que queden reflejados en él todos los accidentes geográficos o geológicos que hayan determinado la ubicación de la presa, de forma que ésta quede justificada.

f) Plano general de replanteo, señalando los ejes principales adoptados para definir la posición de cada elemento de obra.

La posición de estos ejes debe quedar inequívocamente enlazada con los puntos fijos de referencia.

g) Secciones típicas de la presa, aliviadero y demás elementos suficientes para definirlos con entera claridad, representando en ellas el terreno y sus accidentes geológicos con todo detalle.

h) Plantas y alzados a escalas convenientes de las obras e instalaciones complementarias, incluidos los órganos de desagüe, ataguías y disposiciones para la desviación provisional del curso de agua durante la construcción.

i) Planos de los dispositivos de control y vigilancia, incluyendo la situación de los aparatos de auscultación, péndulos, galerías, conductos de vigilancia y seguridad, drenaje y referencias para efectuar medidas topográficas de precisión, etcétera.

Se señalarán los lugares apropiados para efectuar el control de filtraciones, medidas de presión intersticial, nivel freático u otra clase de pruebas que se consideren de interés.

j) Planos demostrativos de la viabilidad de los accesos a todos los lugares de la obra para facilitar las inspecciones y el recorrido diario del personal de vigilancia, incluyendo en ellos las instalaciones de iluminación y también los ascensores, cuando su instalación sea preceptiva.

k) Planos de los dispositivos de cierre de seguridad para el caso de rotura de tuberías.

- l) Planos geológicos del vaso y de la cerrada.
- m) Plano de canteras.

Todos los planos deben presentarse en un formato manejable, a ser posible con dimensiones uniformes, para facilitar su utilización en obra.

**Art. 13. Pliego de condiciones.**

El pliego de condiciones que regulará la ejecución de la obra y las pruebas previstas dispondrá en forma de articulado, entre otras materias, las correspondientes a los apartados siguientes:

- a) Descripción de cada una de las partes de la obra especificando la modalidad constructiva y características de los materiales que en su construcción hayan de emplearse.
- b) Procedencia de los materiales y ensayos a que deben someterse tanto en el laboratorio de pie de obra como en un laboratorio oficial.
- c) Normas detalladas para la elaboración de las distintas fábricas; instalaciones que hayan de exigirse y precauciones necesarias durante la construcción.
- d) Programación de obra.
- e) Pruebas de control de calidades y métodos para realizarlas.
- f) Procedimientos para realizar las inyecciones y para la comprobación sistemática del resultado de las mismas.

**Art. 14. Presupuestos.**

Deberán contener el estado completo de mediciones de los distintos elementos de las obras, los cuadros de precios unitarios, los presupuestos parciales de cada elemento y el presupuesto general de la totalidad de las obras.

Los cálculos justificativos de los precios unitarios adoptados se incorporarán al proyecto en uno de los anejos a la Memoria y deberá evitarse en lo posible el uso de partidas alzadas.

**Art. 15. Estudio geológico. Reconocimientos y pruebas en el terreno.**

El estudio geológico del terreno con relación a la obra se realizará, previamente a la redacción del proyecto, por el Ingeniero autor del mismo, asistido, si fuera necesario, por expertos en esta materia.

Aparte del estudio geológico del terreno en su superficie, se realizarán reconocimientos directos en profundidad, mediante galerías, pozos, sondos y otros medios de prospección.

El Servicio Geológico de Obras Públicas informará sobre lo actuado en la materia de su especialidad, proponiendo las ampliaciones y orientaciones que estimare conveniente.

Dentro de lo posible se procurará que, al menos, parte de las obras de reconocimiento puedan mantenerse incorporadas a la obra definitiva, sirviendo así de elementos de control y vigilancia para registrar posibles anomalías en el comportamiento del terreno o de la presa, de las filtraciones, niveles freáticos, etc.

Como complemento del estudio geológico se llevará a cabo la prospección de los materiales de construcción disponibles para la construcción de las obras.

Las pruebas que se realicen para determinar *in situ* las características mecánicas del terreno, por procedimientos geotécnicos o geofísicos, se harán en colaboración con un laboratorio o centro especializado de reconocida solvencia.

El estudio geológico señalará las limitaciones que en su caso deban imponerse al tipo o a la altura de la presa.

Deberán estudiarse las características sísmicas de la zona donde esté ubicada la presa, justificándose debidamente la procedencia de tener en cuenta o no estos efectos en el cálculo de la presa.

**Art. 16. Ensayo previo de materiales.**

Los materiales que hayan de utilizarse en la construcción de la presa deben analizarse previamente para comprobar si sus características resultan adecuadas para soportar los esfuerzos a que han de estar sometidos, en las condiciones de trabajo previstas en el proyecto.

Los resultados de estos ensayos previos se incorporarán al proyecto en forma de anejo.

**Art. 17. Estudio climatológico.**

Es preceptiva la inclusión en el proyecto de un estudio climatológico de la región, que tomará en consideración la pluviosidad, niviosidad, escorrentías, temperaturas máximas y mínimas en el emplazamiento de la presa y cuantos datos puedan ofrecer interés para el comportamiento de las obras.

Cuando las características climatológicas puedan influir sobre las hipótesis de cálculo será preceptivo su registro directo y la incorporación de las estadísticas al proyecto.

**Art. 18. Estudio hidrológico.**

Deberá acompañarse un estudio hidrológico que abarque como temas fundamentales los dos siguientes:

- a) Aportaciones del río, en relación con la regulación posible con el embalse, y
- b) Máxima riada previsible en relación con las características del aliviadero.

Para elaborarlo deberán recopilarse cuantos datos de aforo se posean, sometidos a un análisis crítico y teniendo presentes las conclusiones del estudio climatológico.

El estudio hidrológico se extenderá, si hay lugar, al régimen de las aguas subterráneas de la región y a las posibles alteraciones del nivel freático.

En la determinación de la máxima riada previsible debe evitarse en lo posible el uso de fórmulas empíricas, cuyos resultados son extremadamente variables y poco dignos de confianza.

Si se dispone de una estadística suficiente de crecidas registradas, se procurará analizarla para determinar la función

de distribución de probabilidades del caudal máximo de crecida, a fin de extrapolar los resultados a la previsión de crecidas en periodos más largos que los abarcados por la estadística.

Si no se dispone de suficientes datos, se procurará establecer correlaciones con otras cuencas análogas, a ser posible del mismo río o de ríos próximos, en los que se disponga de estadística suficiente, introduciendo los factores de corrección necesarios para tener en cuenta las diferencias entre las cuencas respectivas.

Se recomienda realizar asimismo un estudio pluviométrico de las avenidas para su contraste con los restantes resultados.

**Art. 19. Elección del tipo y características de la presa.**

La elección del tipo de presa debe estar precedida de un concluyente estudio comparativo de soluciones posibles, en su doble aspecto estructural y económico.

Las consideraciones geológicas y la clase de materiales naturales disponibles en las proximidades de la obra tendrán en la mayoría de los casos un peso decisivo en la elección. Análoga importancia habrá de concederse muchas veces al condicionamiento que sobre el tipo de presa pueden establecer las exigencias del aliviadero.

Cuando la finalidad principal del embalse sea la regulación de caudales o el control de crecidas, el volumen de aquél y, en consecuencia, la altura de la presa deberán justificarse desde el punto de vista económico mediante el estudio de los costes y beneficios marginales de la regulación conseguida.

En el caso de los hiperembalses deberán considerarse por separado y analizarse económicamente los costes y beneficios de las regulaciones anual e interanual.

**Art. 20. Aliviaderos.**

La capacidad de desagüe de los aliviaderos se determinará en función de la crecida máxima previsible. Como mínimo, deberá preverse la evacuación del caudal de riada cuya frecuencia probable sea de una vez en quinientos años, según resulte del estudio hidrológico.

En el caso de que el aliviadero esté dotado de compuertas, se procurará que haya al menos dos, a fin de prevenir el caso de posibles averías en alguna de ellas. Los efectos de estas posibles averías y las soluciones de emergencia que en este caso deban adoptarse se estudiarán detenidamente, formulándose las oportunas recomendaciones para su posterior incorporación al Reglamento de Explotación.

Será preceptivo el estudio de la evacuación del caudal máximo estando averiada y cerrada una de las compuertas si la presa es de fábrica, y dos si es de materiales sueltos. En tal hipótesis serán admisibles sobreelaciones por encima del máximo nivel de embalse en crecidas, siempre que no pongan en peligro la estabilidad de las obras.

Se estudiará también la compatibilidad de la explotación normal del embalse con la amortiguación de las crecidas extraordinarias y los volúmenes de embalse que a tal efecto conviene reservar en cada época del año.

Al estudiar la disposición de los aliviaderos y compuertas deberán tenerse presentes las conveniencias de la laminación de crecidas y las de alejar el riesgo de erróneas o inconvenientes maniobras. En cada caso particular, según las circunstancias que concurren, deberá atenderse preferentemente a unas u otras o llegar a una solución de compromiso.

La solución de los problemas hidráulicos que puedan plantearse en los aliviaderos o en otros órganos de desagüe se comprobará mediante ensayo en modelos, cuyo estudio se hará en colaboración con un laboratorio oficial o, centro de reconocida solvencia y cuyo resultado se incorporará al proyecto.

**Art. 21. Desagües de fondo y de aligeramiento.**

Los desagües de fondo deben servir para controlar la velocidad de llenado del embalse y para permitir el vaciado total del mismo en un tiempo prudencial.

A tal fin, su capacidad debe determinarse con margen suficiente, y al menos deben instalarse dos para prevenir la avería en uno de ellos.

Como mínimo se recomienda que sean capaces de desaguar el triple del caudal medio del río con el embalse a media altura.

Cuando el embalse alimente una central eléctrica cuyas tomas queden por debajo del nivel medio, se admitirá computar a estos efectos la capacidad de desagüe de las turbinas, estando una cualquiera fuera de servicio, para cubrir como máximo los dos tercios de la capacidad recomendada, siempre

que se pueda garantizar en todo tiempo el consumo de la energía producible.

Cuando las circunstancias lo aconsejen, se dispondrán desagües adicionales de aligeramiento que permitan rebajar rápidamente el nivel del embalse y mantenerlo por debajo de una cota determinada.

Los desagües de fondo deberán estar dotados de un doble sistema de cierre, capaz de funcionar con régimen de apertura total durante un tiempo ilimitado sin riesgo de producir vibraciones peligrosas.

Toda tubería o conducción cuya rotura pueda causar daños graves irá también provista de cierres de seguridad, cuya maniobra quedará debidamente garantizada.

Las compuertas de los aliviaderos y los cierres de los desagües deberán poderse operar a mano y mecánicamente, con energía procedente de dos fuentes distintas y totalmente independientes. Todos los puestos de maniobra quedarán enlazados con el puesto central de mandos mediante comunicación telefónica o sistema adecuado de señales.

En el proyecto se estudiará el régimen de maniobras de los distintos órganos de desagüe y las precauciones que durante él deben adoptarse para evitar eventuales daños aguas abajo. Estas precauciones se tendrán presentes luego al elaborar el Reglamento de Explotación.

#### Art. 22. Centrales de pie de presa.

Cuando el embalse haya de alimentar una central de pie de presa, en el proyecto deberá incluirse, al menos, un completo anteproyecto de la central, estudiando detenidamente el régimen previsto para su explotación, el equipo de maquinaria cuya instalación se prevé, los caudales máximos que se van a utilizar y la disposición de las tomas y canal de descarga, así como sus relaciones y posible influencia sobre la presa, aliviaderos y desagües de fondo.

Todo elemento de la central que de alguna manera pueda interferir con las obras de la presa se incluirá en el proyecto de la misma.

#### Art. 23. Dispositivos de control y vigilancia.

Se proyectarán los dispositivos necesarios para poder comprobar en todo momento el comportamiento real de la presa y del terreno en relación con las previsiones del proyecto. A tal fin, en los casos importantes debe acompañarse un cálculo de los corrimientos y giros de la presa y señalar los límites o circunstancias que pudieran indicar anomalía en relación a los aparatos de medida directa, previendo las medidas de los corrimientos absolutos por procedimientos topográficos de precisión.

Deben preverse los aforos de las posibles filtraciones y la medida de la presión intersticial en lugares de interés.

Deben preverse asimismo las observaciones y medidas que respecto al comportamiento de la presa deban realizarse en las distintas fases de la construcción, incluyendo los ensayos con embalses parciales, señalando los aparatos y dispositivos necesarios para estas pruebas.

Los accesos a los puntos importantes serán fácilmente practicables y estarán dotados de iluminación suficiente, a fin de hacer posible una inspección cómoda y eficaz.

En presas de más de cuarenta metros de altura se dispondrán ascensores que faciliten esta operación, o caminos de acceso para vehículos a todos los pisos de galerías.

#### Art. 24. Instalaciones de aforo.

Deberán preverse en el proyecto las instalaciones y dispositivos necesarios para aforar tanto los caudales afluentes al embalse como los desagües de él.

La base fundamental de los aforos la constituirá el registro de las variaciones de los niveles del embalse. A tal fin, en la misma presa o en sus proximidades, pero fuera de la zona afectada por los aliviaderos, se instalará un dispositivo limnigráfico, dotado a ser posible de limnigrafos registradores.

Su alcance deberá extenderse a todas las cotas de embalse comprendido entre los niveles máximo y mínimo de explotación, y la instalación será doble para garantizar la continuidad de los aforos aun en caso de avería en una de ellas.

Se determinarán con toda la precisión posible las curvas de volúmenes de embalse y de desagüe de los aliviaderos.

Cuando éstos estén dotados de compuertas, se definirán las características de desagüe en función de la apertura de aquéllas y de la cota de agua, tabulando los resultados o representándolos gráficamente por medio de ábacos. Se recomienda confirmar los resultados del cálculo por medio de ensayos en modelo reducido.

Los aforos de los caudales desaguados por las centrales de pie de presa podrán determinarse en función del salto bruto y de la potencia instantánea de los grupos, habida cuenta del rendimiento de las instalaciones. En tal caso, cada grupo estará dotado de wátimetro registrador, y en el canal de descarga deberá instalarse otra estación limnigráfica y preverse la comprobación periódica de los rendimientos por medio de aforos con molinetes u otro procedimiento adecuado.

Con todos los datos así recogidos, más el estudio de las pérdidas por evaporación, se podrá estimar la cuantía de pérdidas por filtración que tenga el embalse.

#### Art. 25. Plazos y procedimientos de construcción.

Debe acompañarse un estudio acerca de las velocidades y plazos de ejecución y de los procedimientos constructivos que deben utilizarse, incluyendo la relación de la maquinaria e instalaciones auxiliares necesarias. Se preverá en aquél la disposición de las ataguías y de la desviación del río, señalándose las precauciones especiales que convenga tomar cuando se presenten crecidas o surjan otros problemas constructivos previsibles.

#### Art. 26. Comunicaciones y obras auxiliares.

Se preverá la construcción de los caminos de acceso, alojamientos y urbanización convenientes para la buena construcción de la obra.

Deberá asegurarse la conexión telefónica con la red general. En casos de mayor importancia, podrá exigirse el establecimiento de líneas telefónicas directas o enlaces radiofónicos con los poblados del valle, aguas abajo del embalse.

#### Art. 27. Anteproyectos.

El anteproyecto justificará en líneas generales la factibilidad de la obra en sus aspectos técnico y económico, en forma análoga al proyecto, pero con un desarrollo somero. Se omitirá el pliego de condiciones.

Los ensayos de materiales, sondeos, etc., podrán reducirse al mínimo indispensable para cubrir la finalidad del anteproyecto, pero en todo caso será preceptivo un reconocimiento geológico de los terrenos del embalse y de los lugares en donde se proyecta construir la presa y las obras de interés especial. En el caso de que estos aspectos no queden suficientemente aclarados en el estudio geológico, será necesario acompañar el resultado de reconocimientos complementarios. Los levantamientos topográficos se harán con suficiente aproximación, señalando referencias precisas en el emplazamiento de la presa.

#### Art. 28. Aprobación del proyecto.

Los técnicos competentes de la Dirección General de Obras Hidráulicas encargados de la revisión del proyecto comprobarán si se ajusta a las normas vigentes. El pliego de condiciones será objeto de una atención especial. En el caso de que exista alguna deficiencia subsanable, por cuestión de forma o por quedar algún documento incompleto, propondrá la rectificación pertinente.

La Dirección General de Obras Hidráulicas, a la vista del resultado de los trámites e informes pertinentes, resolverá sobre la aprobación del proyecto, imponiendo las prescripciones que estime procedentes.

Los distintos Organismos encargados de revisar los proyectos e informar sobre los mismos deberán cerciorarse de que cumplen con todas las normas prescritas, y los Ingenieros que suscriban los informes serán responsables de ello ante la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Las modificaciones de detalle que se pretendiera introducir en la obra ajustada al proyecto aprobado, antes o durante la construcción, deberán ser notificadas previamente a la Dirección General de Obras Hidráulicas para su conocimiento y obtención de la oportuna autorización.

### CAPITULO III

#### Normas generales para la construcción de presas

##### Art. 29. Ingeniero director de la obra.

En el caso de las obras ejecutadas por el Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas o Servicios de Obras Hidráulicas, el Ingeniero encargado de las mismas asume su dirección, con las funciones y responsabilidades a que se refiere el presente capítulo, pero dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación de la organización estatal.

Quando la obra se construya por un particular o concesionario, habrá preceptivamente al frente de la construcción un Ingeniero director responsable de la ejecución de la misma, de acuerdo con el proyecto, con obligación de residir en el lugar de los trabajos. Siempre que necesite ausentarse deberá delegar previamente sus funciones en otro Ingeniero o en facultativo suficientemente capacitado a juicio de la Administración.

La Dirección General de Obras Hidráulicas podrá autorizar en obras de importancia reducida o en fases determinadas de una obra cualquiera, que por su simplicidad no requieran una dirección superior permanente, que el Ingeniero director de la obra lleve simultáneamente la dirección de otros trabajos ajenos a la misma, lo que podrá ser considerado como justificación de la ausencia prolongada a que se refiere el artículo siguiente, pero nunca como eximente de la delegación de funciones en otro Ingeniero o facultativo capacitado.

El Ingeniero director de la obra será nombrado, separado y sustituido libremente por el propietario o concesionario de la misma. Deberá hacer constar por escrito la aceptación del cargo en documento que el propietario remitirá a la Dirección General de Obras Hidráulicas a través del Organismo competente. Asimismo, cuando se produzca el cese del Ingeniero director, el propietario vendrá obligado a comunicarlo inmediatamente a la Dirección General de Obras Hidráulicas, remitiendo al propio tiempo el nombre del que debe sustituirlo y la conformidad escrita del interesado.

El incumplimiento de estos requisitos motivará la paralización de las obras en tanto no se subsane aquella falta.

Una vez nombrado, y mientras continúe en el cargo, el Ingeniero director de la obra gozará de la máxima autoridad e independencia de criterio, incluso frente al propietario o el contratista, pudiendo aceptar o rechazar la obra ejecutada, organizar los planes de construcción e incluso suspender las obras cuando lo estime oportuno. Su cargo será, en consecuencia, incompatible con cualquier otro que pueda suponer menoscabo de dicha autoridad.

**Art. 30. «Diario Técnico de la Presa», Boletín de Información.**

Desde el principio de la construcción, el Ingeniero director de la obra llevará un libro, «Diario Técnico de la Presa», foliado, diligenciado y sellado previamente por la Dirección General de Obras Hidráulicas, donde anotará, en forma clara y sucinta, el desarrollo de los trabajos, los ensayos realizados y sus resultados; las observaciones efectuadas y todo otro dato o referencia que contribuya a un mejor conocimiento de los problemas que puedan plantearse respecto a la seguridad y vigilancia de la presa.

La omisión en el «Diario Técnico de la Presa» del resultado de cualquier ensayo efectuado durante el día enervará su fuerza probatoria si es favorable a la construcción, y se presumirá maliciosa, salvo prueba en contrario, si es desfavorable.

La consignación de estos datos se hará diariamente, haciéndose constar la fecha al principio de cada asiento, y el Ingeniero Director dará fe al final de cada uno de ellos de la veracidad de los datos consignados, estampando su firma.

En caso de tener que ausentarse, el Ingeniero hará constar en el libro esta circunstancia, indicando el nombre de la persona que debe sustituirle durante su ausencia y la fecha y hora en que la sustitución se efectuó. Al pie de esta anotación firmarán conjuntamente el Ingeniero director y su sustituto, quien desde este momento se hará cargo de la dirección de la obra y autorizará con su sola firma todas las anotaciones siguientes en el «Diario Técnico de la Presa» hasta el regreso del Ingeniero director.

Un resumen parcial de este diario, en forma de «Boletín de Información», se remitirá por triplicado trimestralmente, por conducto reglamentario, a la Dirección General de Obras Hidráulicas. En el caso de que acontezca algún imprevisto de importancia, se comunicará inmediatamente.

El «Diario Técnico de la Presa» se considerará como documento fehaciente a todos los efectos, y toda alteración del mismo, así como el falseamiento u omisión maliciosa de datos que puedan afectar a la calidad o condiciones de seguridad de la obra constituirá falsedad.

La Dirección General de Obras Hidráulicas podrá exigir la remoción del Ingeniero Director y la suspensión de las obras hasta que aquella tenga efecto, cuando compruebe alguna de las siguientes anomalías:

- a) Ausencias prolongadas e injustificadas.
- b) Falseamiento u omisión de datos de interés en el «Diario Técnico de la Presa».
- c) Retrasos de más de cuarenta y ocho horas en las anotaciones del mismo.

**Art. 31. Registros auxiliares. Archivo Técnico de Construcción.**

Aparte del «Diario Técnico de la Presa», durante la construcción se registrarán con detalle en libros y planos auxiliares cuantos datos de interés se vayan obteniendo, en especial los resultados de los sondeos, inyecciones, pruebas de permeabilidad y ensayos de resistencia, cuidando de utilizar sistemas precisos de referencia que permitan localizar fácilmente en el futuro los puntos en donde se han efectuado.

En unión del «Diario Técnico de la Presa» estos Registros auxiliares constituirán el «Archivo Técnico de Construcción», por cuya conservación deberá velar el Ingeniero Director de las obras.

**Art. 32. Inspección de las obras.**

En el caso de las obras ejecutadas por el Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas o Servicios de Obras Hidráulicas, la inspección se llevará a cabo en la forma jerárquica establecida por la organización estatal, con el asesoramiento o intervención de los organismos especializados que a continuación se hace referencia.

Quando se trate de obra que construya un particular o concesionario, la inspección estará a cargo de la Comisaría de Aguas de la cuenca en que la presa esté ubicada, asistida, en los temas de la especialidad respectiva, por el Servicio Geológico de Obras Públicas, la Sección de Estructuras del Centro de Estudios Hidrográficos y la Sección de Vigilancia de Presas de la Dirección General de Obras Hidráulicas, todo ello sin menoscabo de la alta inspección reservada en todas las obras y servicios del Ministerio de Obras Públicas a los Inspectores generales de Demarcación.

Los mismos organismos encargados de la inspección de las obras durante el periodo de construcción y con las mismas asistencias, serán los que inspeccionen su explotación.

El Inspector examinará el «Diario Técnico de la Presa» y los Registros auxiliares, tomando nota de las incidencias ocurridas en la obra desde la última inspección, así como de los resultados de los ensayos y pruebas realizados.

Terminada la inspección, se redactará un acta resumida del resultado de la misma, la que se anotará en el «Diario Técnico de la Presa», autorizada con la firma del Inspector.

Este dará también cuenta a sus superiores del resultado de su visita a las obras, señalando cualquier anomalía que haya comprobado en ellas o en el «Diario Técnico de la Presa». También podrá proponer la intervención de los organismos asesores del Ministerio de Obras Públicas cuando la índole de los problemas surgidos durante la construcción así lo aconseje.

**Art. 33. Comienzo de las obras.**

No se autorizará el comienzo de las obras sin que previamente se hayan cumplido los requisitos siguientes:

- a) Aprobación oficial del proyecto.
- b) Nombramiento del Ingeniero Director, aceptación escrita del mismo y comunicación de todo ello a la Dirección General de Obras Hidráulicas, a través del conducto reglamentario.
- c) Entrega por la Dirección General de Obras Hidráulicas del libro diligenciado y sellado, para anotar el «Diario Técnico de la Presa», contra recibo suscrito por el Ingeniero Director, en el que se hará constar la fecha de entrega y la numeración de los folios.

**Art. 34. Excavaciones.**

Los trabajos de excavación deben aprovecharse para completar y aun intensificar los reconocimientos del terreno.

Durante el curso de los mismos se levantarán planos detallados indicando en ellos cuantos accidentes de orden geológico se registren, así como cualquier otra particularidad que pueda afectar al comportamiento de las obras como, por ejemplo, las fallas, diaclasas, planos de estratificación, fracturas, cambios en la naturaleza del terreno, manantiales, zonas alteradas de la roca, diques, rellenos de arcilla y posibles superficies de corrimientos. Estos planos se incorporarán al «Archivo Técnico de Construcción».

Se escogerán cuidadosamente los lugares para el depósito de escombreras, de forma que, no puedan perturbar durante

la explotación el funcionamiento de las tomas de agua, desagües de fondo, aliviaderos o canales de descarga. Queda prohibido depositarlas en el cauce del río, en cualquier tramo de aguas abajo, y en el de aguas arriba inmediato a la presa.

Asimismo se prohibirá depositarlos en aquellos lugares donde pudieran dificultar la vigilancia y control de las filtraciones.

Es preceptivo que toda la línea que marca el contacto de la presa con el terreno esté siempre limpia y bien visible, para que se pueda acusar claramente cualquier anomalía que ocurra en zona de tanto interés.

El Servicio Geológico de Obras Públicas deberá tener conocimiento de la fecha en que se prevea realizar el cubrimiento de la excavación con una antelación de treinta días, para lo que ha de serle comunicado con la anticipación necesaria. Antes de dicha fecha prevista, el Servicio Geológico deberá inspeccionar las obras y, a la vista del terreno, comprobará la idoneidad del plano en donde se han señalado los accidentes y particularidades descubiertas, dando su conformidad o disconformidad al cubrimiento de la excavación, que deberá quedar reflejada en el «Diario Técnico de la Presa».

Art. 35. Pruebas y ensayos.

Los materiales de construcción serán ensayados conforme al programa previsto en el proyecto, y el resultado de estos ensayos se anotará en forma resumida en el «Diario Técnico de la Presa» y se incorporará en toda su extensión a los Registros auxiliares.

A tal fin se instalará a pie de obra un laboratorio dotado de los aparatos e instrumentos de medida requeridos, los cuales deberán ser contrastados periódicamente por un laboratorio oficial.

El programa de ensayos previsto en el proyecto podrá ampliarse durante la ejecución de las obras cuando las circunstancias lo aconsejen.

Una vez instalados los dispositivos de auscultación y control, serán vigilados constantemente durante el resto del período de construcción y sus indicaciones se anotarán periódicamente en el «Diario Técnico de la Presa» y en los Registros auxiliares.

La Sección de Vigilancia de Presas mantendrá una inspección directa sobre estos dispositivos, y en las visitas periódicas que realice a la obra redactará la correspondiente nota informativa sobre su funcionamiento o sobre cualquiera otra cuestión relacionada con la seguridad de la presa.

Toda avería o inutilización de alguno de los dispositivos de auscultación o control será comunicada inmediatamente a la Sección de Vigilancia de Presas.

Art. 36. Inyecciones.

Al ejecutar las pantallas de impermeabilización y labores afines se procurará realizar las inyecciones por el sistema de doble circulación, manteniendo limpios los conductos en todo momento después de terminada la inyección, para estar en condiciones de repetirla, si ello fuese necesario.

Se recomienda que los taladros o conductos de estas pantallas se inicien desde galerías o zonas perfectamente defendidas de las aguas del embalse, que permitan continuar los trabajos de impermeabilización después de comprobar los resultados obtenidos durante las pruebas de embalse parcial.

Art. 37. Embalses parciales.

Siempre que la parte construida ofrezca las necesarias garantías, se podrán autorizar embalses parciales a título de ensayo. En estos períodos debe comprobarse minuciosamente el comportamiento de la obra y del terreno.

Los resultados de cada ensayo de embalse parcial, así como las consecuencias de orden técnico que de aquéllos puedan deducirse para la seguridad de la obra o la continuación de la misma, deberán recogerse en una memoria que se elevará a la Sección de Vigilancia de Presas.

Art. 38. Recepción de las obras.

Antes de efectuar la recepción definitiva de la obra, la Sección de Vigilancia de Presas redactará un informe sobre el estado de los dispositivos de control y vigilancia.

El Ingeniero Director de la obra deberá redactar una memoria en donde se resume el desarrollo de la construcción, con especial referencia a las modificaciones de detalle que en el proyecto se hayan introducido en el curso de las obras, así como las razones que las motivaron. A esta memoria se unirá

una colección completa de los planos definitivos de la obra ejecutada.

En el acta de recepción definitiva de las obras se hará constar la entrega de estos documentos, así como de todos los que constituyen el Archivo Técnico de Construcción, por parte del Ingeniero Director de la obra al Ingeniero Director de explotación.

CAPITULO IV

Normas generales para la explotación de presas

Art. 39. Ingeniero Director de explotación.

En las obras explotadas directamente por el Estado el Ingeniero encargado de la explotación asume la dirección de la misma, con las funciones y responsabilidades a que se refiere el presente capítulo, pero dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación de la organización estatal.

Cuando las obras se exploten por un particular o concesionario, habrá preceptivamente al frente de la explotación de cada presa un Ingeniero Director de la explotación, que responderá ante la Dirección General de Obras Hidráulicas del perfecto funcionamiento de los dispositivos de control, órganos de desagüe, accesos y comunicaciones y en general de todo lo relacionado con la inspección, vigilancia, conservación y seguridad de las obras.

Su nombramiento, separación y sustitución corresponde al propietario de las obras, pero deberá darse cuenta de ellas inmediatamente a la Dirección General de Obras Hidráulicas, a través del conducto reglamentario.

En las actas de recepción definitiva de las obras se hará constar asimismo el nombre del Ingeniero Director de explotación, quien se hará cargo de aquéllas, así como de la totalidad del Archivo Técnico de Construcción, desde aquel momento.

Art. 40. Personal auxiliar de explotación.

A las órdenes directas del Ingeniero Director de explotación se organizará un cuerpo de subalternos con el personal auxiliar necesario para atender a los servicios de vigilancia, conservación, aforos y maniobra de compuertas de aliviadero y órganos de cierre de los desagües. El trabajo del personal dedicado a la vigilancia y maniobra se organizará por turnos que cubran todos los días del año y todas las horas del día. Cada uno de ellos debe estar perfectamente instruido, acerca de su cometido, a través de normas concretas.

Art. 41. Normas de explotación, conservación y vigilancia.

El Ingeniero Director de explotación, después de estudiar detenidamente el proyecto y el Archivo Técnico de Construcción, redactará unas normas de explotación, conservación y vigilancia de la presa, que serán sometidas para su aprobación a la Sección de Vigilancia de Presas, de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Estas normas deberán incluir todas las previsiones necesarias para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de las obras, tanto en condiciones normales como extraordinarias, y en particular las siguientes:

- a) Registro de datos meteorológicos interesantes, tales como precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas, etc.
- b) Registro y vigilancia de los niveles de embalse, que deberá ser, a lo menos, diario en épocas normales, y controlarse continuamente en épocas de avenidas, cuando el embalse esté próximo a su nivel máximo. Se especificarán normas concretas para uso del personal auxiliar encargado de estos menesteres.
- c) Aforos de los caudales afluyentes al embalse y de los desagües de él, indicando la frecuencia con que debe procederse a la comprobación de las instalaciones.
- d) Normas para laminación y evacuación de crecidas, especificando los volúmenes de embalse que para ello deben reservarse en cada época del año, el modo de proceder cuando se presente una crecida, la velocidad de apertura y el orden con que deben maniobrase las compuertas y desagües de fondo, y las precauciones que hay que adoptar para prevenir a los habitantes del valle.
- e) Normas para la inspección y conservación de compuertas y mecanismos de aliviaderos y desagües de fondo, incluyendo la periodicidad de las revisiones y ensayos de funcionamiento, que deberán llevarse a cabo como mínimo cada seis meses.

f) Normas para la inspección y vigilancia de las galerías de visita, filtraciones y aparatos de auscultación y control, que deberá llevarse a cabo diariamente.

g) Normas para la conservación de las fábricas de los sistemas de comunicación y de las demás instalaciones.

Una vez aprobadas estas normas por la Sección de Vigilancia de Presas, el Ingeniero Director de explotación responderá de su exacto cumplimiento ante la Dirección General de Obras Hidráulicas. A tal fin, estará obligado a comprobar personalmente su cumplimiento mediante visitas mensuales de inspección que se extenderán a todas las instalaciones incluidas las de aforo, galerías, casetas de mecanismo, etc.

#### Art. 42. Archivo Técnico de Explotación.

En las oficinas de la Dirección de explotación, que a ser posible deben quedar instaladas en las proximidades de la presa o del sistema de presas explotado conjuntamente, se constituirá un Archivo Técnico de Explotación, cuyo fondo inicial estará formado por un ejemplar completo del proyecto, un ejemplar de la memoria mencionada en el artículo 38, junto con la colección completa de planos a ella anexos, y a la totalidad de los documentos que en su día formaron parte del Archivo Técnico de Construcción.

Durante la explotación, el «Diario Técnico de la Presa» será continuado por el Director de explotación, quien anotará en él las observaciones obtenidas en sus visitas periódicas de inspección, así como las incidencias más notables ocurridas durante la explotación, en especial las referentes a averías, evacuación de crecidas y contingencias y riesgos extraordinarios. Toda anotación en este libro deberá estar fechada y autorizada por la firma del Ingeniero Director de explotación.

El Archivo Técnico de Explotación se completará con registros auxiliares en donde el personal anotará sin formalidades especiales las observaciones recogidas. En particular, se llevará una estadística completa de los datos siguientes:

- a) Registro diario de niveles de embalse.
- b) Aforos diarios en épocas normales.
- c) Aforos horarios en épocas de avenidas.
- d) Aforos diarios de las filtraciones observadas en las inmediaciones de la presa y en el interior de las galerías de visita.
- e) Lecturas de los aparatos de control de tensiones, deformaciones y presiones intersticiales.
- f) Registros de datos meteorológicos.

Todos los documentos del Archivo Técnico de Explotación deberán ponerse a la disposición del personal encargado de la inspección, en las visitas que realice. Periódicamente se remitirán a la Sección de Vigilancia de Presas los datos que la misma requiera.

#### Art. 43. Medidas de urgencia.

En caso de que se presenten eventualidades capaces de afectar a la seguridad de las obras, o de que se comprueben indicios de que las condiciones de resistencia de las mismas han sido alteradas, el Ingeniero Director de la explotación dará cuenta inmediata al Servicio Hidráulico encargado de la inspección y a la Sección de Vigilancia de Presas. En casos de tan extremada urgencia que requieran medidas inaplazables, tales como vaciados del embalse, refuerzos o reparaciones provisionales, etc., podrá disponer las mismas dando también cuenta inmediata a dicho Servicio y Sección, debiendo adoptar las medidas adicionales de seguridad que se le marquen.

### CAPITULO V

#### Normas particulares para las presas de fábrica

##### Art. 44. Definiciones y clasificación.

Se consideran presas de fábrica las construidas con áridos naturales ligados con un conglomerante artificial, constituyendo un sólido cuyas propiedades permitan la aplicación de los principios de la Teoría de la Elasticidad a la determinación del régimen de tensiones internas.

Los materiales admisibles para la construcción de las presas de fábrica son exclusivamente el hormigón y la mampostería, esta última con las limitaciones que más adelante se indican.

Las presas de fábrica se clasifican en tres grupos:

- A) Presas de gravedad.
- B) Presas arqueadas:

- a) Presas bóveda.
- b) Presas cúpula.

##### C) Presas de contrafuertes:

- a) De contrafuertes y cabezas, llamadas también «presas de gravedad aligeradas».
- b) De contrafuertes y pantalla
- c) De contrafuertes y bóvedas o cúpulas múltiples

##### Art. 45. Solicitaciones que se han de considerar.

En el proyecto de presas de fábrica deberá tenerse en cuenta la acción de las siguientes sollicitaciones:

- a) Peso propio.
- b) Empujes hidrostático e hidrodinámico
- c) Presión intersticial.
- d) Efecto del olaje.
- e) Empuje de los aterramientos.
- f) Acción del hielo.
- g) Sacudidas sísmicas.
- h) Variaciones de temperatura

##### Art. 46. Peso propio.

Se considerará de ordinario que el peso propio del hormigón es de 2.3 toneladas por metro cúbico. Para admitir pesos más elevados será necesario justificarlos mediante ensayos previos en laboratorio, sobre probetas fabricadas con los mismos áridos, granulometrías y dosificaciones que hayan de utilizarse durante la construcción. En ningún caso se admitirá contar con aumentos de peso debidos a la imbibición del hormigón.

En las presas de mampostería el peso de la fábrica a efectos de cálculo se determinará en todo caso mediante ensayos previos.

Durante el curso de las obras deberá comprobarse periódicamente el peso específico de la fábrica conseguida, y si resultara inferior al supuesto en más del 2 por 100, habrá de comprobarse si ello afecta a la seguridad de las obras.

##### Art. 47. Empujes hidrostáticos e hidrodinámicos.

El empuje hidrostático se calculará en todo caso con el máximo nivel de embalse en crecidas.

Se estudiará también el empuje hidrostático correspondiente a la sobreelevación prevista en el artículo 20.

Si la presa es vertedero se tendrá en cuenta también el efecto de la lámina vertiente cuando el aliviadero esté funcionando, en el caso de que su sollicitación sea desfavorable.

Esta circunstancia puede darse de un modo particular en las crestas de los vertederos, cuando durante el funcionamiento de los mismos pueden originarse presiones negativas.

##### Art. 48. Efecto de la presión intersticial.

El hormigón es permeable y poroso. El ámbito de sus intersticios en comunicación con el embalse está ocupado por agua a presión, que circula lentamente, transmitiendo a la fábrica el empuje del embalse a lo largo de su trayectoria. Igual ocurre en el cimientto. Tanto en la fábrica como en la roca, la inhibición de su estructura porosa y la circulación del agua son fenómenos análogos a los registrados en el seno de un material granular suelto. La circulación del agua responde a la Ley de Darcy, con los parámetros de permeabilidad específicos para cada clase de roca y para el hormigón, según su calidad.

Las presiones del agua intersticial sobre la periferia de las partículas sólidas pueden descomponerse en compresiones uniformes y una resultante sobre cada partícula asimilable a una fuerza de volumen igual al gradiente de presiones intersticiales por un coeficiente de porosidad superficial<sup>(1)</sup>. Estas fuerzas de volumen son las que teóricamente habría que tener en cuenta a efectos de la estabilidad elástica del material. En la comprobación estática del cuerpo de la presa separado por una sección cualquiera habrá de considerarse una fuerza de contorno igual en cada punto de la sección al producto de la presión intersticial por el coeficiente de porosidad superficial.

La presión intersticial como fuerza de contorno considerada en secciones horizontales constituye la subpresión, y es preceptivo tenerla en cuenta en los cálculos de estabilidad de las presas. En aquellas partes de la obra donde pueda tener im-

(1) Este coeficiente, definido teóricamente como valor medio del cociente de la superficie mojada a la superficie total, de árido, sólo puede deducirse experimentalmente, y en todo caso es muy próximo a la unidad.



portancia el efecto de los empujes locales en otras direcciones, tales como cabezas de contrafuertes, voladizos, aligeramientos, etcétera, deberán éstos tenerse en cuenta en los cálculos.

Por lo tanto, es de la mayor importancia la determinación del régimen de presiones intersticiales, que exige el conocimiento previo de las líneas de filtración a través de la presa y del terreno, lo cual presentará muchas veces grandes dificultades.

En los casos ordinarios, y siempre que el coeficiente de permeabilidad sea uniforme, se podrá simplificar el problema admitiendo la distribución clásica de subpresiones en dos tramos lineales, uno desde el paramento de aguas arriba hasta la pantalla de drenes y otro desde la pantalla hasta el paramento de aguas abajo. En las presas de contrafuertes puede admitirse que las trayectorias están contenidas en planos normales a la línea de máxima pendiente del paramento de aguas arriba y que la presión intersticial en la estructura afecta sólo a las cabezas de los contrafuertes.

El valor medio de la subpresión junto a la pantalla de drenes deberá justificarse en el proyecto, de acuerdo con las dimensiones y distribución de éstos.

El régimen de presiones intersticiales en cimientos está determinado principalmente por la cota del agua en el embalse y por el nivel freático o por la cota del agua existente aguas abajo de la presa. Si la permeabilidad del terreno es uniforme, podrá admitirse que las líneas de filtración están contenidas en planos normales al eje de la presa. Sin embargo, debe estudiarse cuidadosamente la estabilidad del terreno de cimentación en las posibles superficies de deslizamiento orientadas de cualquier forma dentro de él y, en especial, las orientadas según planos naturales de estratificación y fractura, considerando la acción de la presión intersticial a lo largo de estas superficies normal a ellas en cada punto y oponiéndose a la compresión mecánica que le transmite la estructura.

Debe, en consecuencia, prestarse primordial atención al proyecto de las pantallas de impermeabilización y drenaje, que representan los procedimientos más eficaces para reducir la acción de la presión intersticial en las fábricas y el terreno. En muchos casos será recomendable acudir a ensayos de laboratorio sobre modelos basados en analogías, a fin de dilucidar estas cuestiones de capital importancia para garantizar la estabilidad de las presas.

#### Ar. 49. Empuje de los aterramientos.

Salvo casos especiales debidamente justificados, se evaluará considerando como si dichos aterramientos carecieran de cohesión y estuvieran saturados de agua. A falta de datos experimentales, siempre muy recomendables, se calculará el empuje horizontal como el originado por un líquido de densidad 1.4, y el vertical, como el de un líquido de densidad 2.

#### Art. 50. Acción del hielo.

Cuando las condiciones climatológicas del lugar de ubicación de la obra lo aconsejen, deberán preverse las consecuencias desfavorables que pueda representar para la presa la congelación del agua.

Por una parte, la formación de capas de hielo en la superficie del agua embalsada puede dar lugar a un empuje concentrado sobre el paramento de la presa, que se tendrá en cuenta siempre que el espesor del hielo pueda alcanzar los 30 centímetros. En tal caso, su acción se considerará equivalente a una presión de 1 Kg. por centímetro cuadrado de proyección vertical de la superficie de contacto del hielo con el paramento. Podrán aplicarse coeficientes de reducción a las cifras anteriores cuando el paramento de aguas arriba sea muy inclinado y las laderas tengan pendientes suaves en los estribos.

La congelación del agua intersticial en la proximidad del paramento de aguas abajo puede producir la impermeabilización total o parcial de éste con el consiguiente resultado desfavorable de elevar las presiones intersticiales en el seno de la fábrica.

Se recomienda tener en cuenta esta posibilidad cuando las condiciones climatológicas lo aconsejen.

#### Art. 51. Efecto del oleaje.

Cuando la dirección e intensidad de los vientos reinantes o dominantes y su orientación respecto del embalse, así como la longitud de éste y su posición respecto de la presa lo aconsejen, se determinará la altura máxima previsible de las olas y sus efectos dinámicos sobre el paramento.

En casos especiales, por ejemplo, si existe la posibilidad de aludes o corrimientos en masa de terrenos en el vaso del embalse, será necesario tener en cuenta los efectos eventuales del tren de ondas que puede originarse por estas causas.

#### Art. 52. Sacudidas sísmicas.

Cuando la historia sismológica de la región así lo exija, se justificarán los efectos de las aceleraciones horizontales y verticales debidas a los fenómenos sísmicos, tanto sobre las fábricas como sobre el agua del embalse.

En las regiones sísmicas de Grado IX (1), los efectos de las acciones sísmicas que se consideren en los cálculos deberán ser del orden de magnitud siguiente:

a) Efecto de las aceleraciones verticales de la fábrica no inferiores a los que resultarían al aplicar a toda ella fuerzas virtuales de masa positivas o negativas, de intensidad no menor del 20 por 100 de las fuerzas de peso propio.

b) Efecto de las aceleraciones horizontales de la fábrica en cualquier dirección no inferiores a los que resultarían de aplicar a toda ella fuerzas virtuales de masa de intensidad no inferior al 10 por 100 de las fuerzas de peso propio.

c) Acciones dinámicas del agua sobre el paramento no inferiores a las que resultarían de un aumento uniforme de la presión hidrostática igual al 5 por 100 de la existente en el pie de la presa.

En las regiones sísmicas de Grado VIII, estas sollicitaciones se reducirán a la mitad, y en las de Grado inferior a éste podrán desprejarse.

#### Art. 53. Variaciones de temperatura y retracción.

Los esfuerzos debidos a la dilatación y contracción del hormigón a causa de las variaciones de temperatura, y retracción debido a la evacuación del calor de fraguado, se deducirán a partir de las condiciones climatológicas de la región, teniendo en cuenta la pequeña conductibilidad térmica de las fábricas.

La amplitud de las variaciones térmicas se determinará a partir del estudio de la variación de las medias mensuales de temperatura.

En presas de dimensiones excepcionales, las variaciones de temperatura del hormigón que hay que introducir dentro de los cálculos de estabilidad, se determinarán dibujando las curvas probables de las isoterms en la sección de presa considerada, correspondientes al fin del periodo frío y del periodo cálido anuales, teniendo en cuenta las características climáticas, el efecto calorífugo del agua embalsada y la acción de los rayos solares y de la humedad, a partir de la temperatura de la fábrica prevista para el cierre de juntas.

En los casos normales, será admisible la simplificación de calcular los esfuerzos térmicos considerando la distribución de temperaturas en la presa como uniforme en el sentido del espesor, y variable de un punto a otro según la ley empírica

$$\Delta \varnothing = \frac{\Delta T}{1 + 0,3 e}$$

en donde  $e$  es el espesor de la presa, en metros, en el punto considerado;  $\Delta T$  y  $\Delta \varnothing$  son, respectivamente, el incremento máximo de la temperatura ambiente (media mensual) y el de la temperatura virtual utilizable para el cálculo de las tensiones, referidos ambos a la temperatura prevista de la presa en el momento del cierre de las juntas.

A embalse lleno y para tener en cuenta el efecto calorífugo del agua será lícito tomar para  $\Delta T$  la media aritmética entre los incrementos máximos de la temperatura ambiente y del agua, a partir de la temperatura de la presa en el momento de cierre de juntas, a condición de que el estudio hidrológico demuestre que no es previsible pasar de embalse vacío a embalse lleno en un plazo inferior a sesenta días.

Si esta condición no se cumple, deberá analizarse detenidamente el régimen de temperaturas previsible en el momento en que se superponen los efectos térmicos a los de las cargas hidrostáticas, teniendo presente el retraso con que se producen las variaciones térmicas en la presa en relación con los del ambiente, que en los casos ordinarios es del orden de uno a dos meses.

Si no se han tenido precauciones especiales en el curado

(1) La calificación de los sismos se refiere a la escala de Mercalli, modificada por Wood y Neuman, que se admite en España.

del hormigón, deberá estudiarse la influencia de la retracción higroscópica del mismo.

No será necesario tener en cuenta estas acciones en las presas de mampostería ni en las de gravedad o de contrafuertes dotadas de juntas de contracción.

Art. 54. Otras acciones que hay que considerar en ciertos casos.

En casos especiales podrá ser necesario tomar en consideración otros efectos, tales como posibles vibraciones u otras acciones dinámicas producidas por el agua en los aliviaderos y órganos de desagüe, impactos directos debidos a eventuales aludes o corrimientos de tierras, etc.

En general, serán casos excepcionales, y siempre será preferible eliminar las causas que pudieran dar lugar a la producción de acciones anormales.

Art. 55. Combinación de solicitaciones.

Las condiciones de estabilidad de la presa, así como sus tensiones internas máximas, deberán estudiarse en cuatro hipótesis distintas, de las cuales dos se consideran normales y otras dos anormales o extremas.

Las condiciones normales son:

N. Peso propio y variaciones de temperatura.

N<sub>1</sub>. Peso propio, empuje hidrostático, presión intersticial, empuje de los aterramientos, empujes del hielo o de las olas y variaciones de temperatura.

Como combinaciones anormales o extremas se consideran las siguientes:

A. La misma combinación N, pero suponiendo ineficaces los drenajes.

A<sub>1</sub>. La superposición de los efectos sísmicos a las combinaciones N<sub>1</sub> y N. En el segundo caso, podrá suponerse el máximo nivel de crecidas. Se supone que la subpresión no es afectada por los mismos.

De las combinaciones anteriores se suprimirán los esfuerzos que no sean aplicables al tipo de presa considerado o a las condiciones climatológicas del lugar.

Art. 56. Estabilidad estática de la presa.

La estabilidad estática de la presa estriba en la imposibilidad de que se produzcan corrimientos o giros relativos en masa en las superficies de transmisión de esfuerzos al terreno.

En las presas de gravedad o contrafuertes la estabilidad estática viene definida por los dos factores de seguridad fundamentales, al vuelco y al deslizamiento efectivo.

El factor de seguridad al deslizamiento efectivo viene expresado por la relación

$$R = \frac{\sum V \operatorname{tg} \varnothing + AC}{\sum H}$$

en donde  $\sum V$  es la suma algebraica de todos los esfuerzos verticales (incluida la subpresión),  $\varnothing$  es el ángulo de rozamiento del material con el terreno, A es la superficie de la sección horizontal de la presa en centímetros, C la resistencia al esfuerzo tangencial de dicha superficie y  $\sum H$  la suma algebraica de las fuerzas horizontales (incluidas eventualmente las presiones hidrostáticas sobre el paramento de aguas abajo).

El factor de seguridad al deslizamiento efectivo debe ser como mínimo 4 (cuatro) para la combinación de solicitaciones N<sub>1</sub> y 3 (tres) para las combinaciones A<sub>1</sub> y A.

El factor de seguridad al vuelco se define como la relación de los momentos de los esfuerzos verticales y horizontales, respectivamente, con relación al pie del paramento de aguas abajo de la presa. No es necesario tener en cuenta, a estos efectos, las acciones sísmicas, dado su carácter oscilatorio y su corto período.

Por regla general, la estabilidad al deslizamiento lleva aneja la estabilidad al vuelco, por lo que este no necesita comprobarse, salvo en casos muy especiales. Cuando esto suceda, deberá contarse con un coeficiente de seguridad al vuelco no menor de 1,5.

En las presas arqueadas (bóvedas y cúpulas) no es necesario comprobar en ningún caso la estabilidad al vuelco. La estabilidad al deslizamiento debe comprobarse aisladamente en cada una de las zonas de apoyo. El factor de seguridad en estos casos puede expresarse en forma totalmente análoga al de las presas de gravedad, sustituyendo las resultantes de fuer-

zas verticales y horizontales por los de fuerzas normales y tangenciales en cada zona de la superficie de apoyo.

Estará justificado exigir un aumento de los coeficientes de estabilidad estática cuando la magnitud de los daños catastróficos que puedan seguirse de la destrucción de la presa sea excepcional.

Art. 57. Estabilidad elástica de la presa.

Para garantizar la estabilidad elástica de la presa será necesario justificar que en ningún punto de la misma ni de la cimentación se producen tensiones superiores a las que el material puede soportar sin riesgo.

El régimen de tensiones internas se determinará por aplicación de los principios de la Teoría de la Elasticidad. En muchos casos es recomendable utilizar ensayos sobre modelo reducido, siempre que se lleven a cabo por un laboratorio de reconocida solvencia.

El proyecto deberá prescribir y justificar los coeficientes de seguridad que deban adoptarse para las tensiones internas respecto de las cargas unitarias de rotura de los materiales.

Como mínimo, se exigirán los coeficientes de seguridad siguientes:

A. compresión:

5 (cinco) en las combinaciones de solicitaciones normales (N<sub>1</sub> y N<sub>2</sub>).

4 (cuatro) en las combinaciones de solicitaciones anormales (A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>).

Sin que en ningún caso se admitan cargas de trabajo superiores a 80 Kg./cm<sup>2</sup>.

A. tracción:

3 (tres) en las combinaciones de solicitaciones normales (N<sub>1</sub> y N<sub>2</sub>).

2,5 (dos y medio) en las combinaciones de solicitaciones anormales (A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>).

Sin que en ningún caso se admitan cargas de trabajo superiores a 12 Kg./cm<sup>2</sup>.

Para las cargas de tracción se establecen además las limitaciones siguientes:

a). No se admitirán tracciones en las presas de mampostería.

b) En las presas arqueadas a embalse vacío, considerando la acción del peso propio y efectos sísmicos, y a embalse lleno, con la combinación de solicitación N<sub>1</sub>, la relación entre el valor de la solicitación en el hormigón de tracción y compresión, calculados en los extremos opuestos de una misma sección, no debe ser superior a 0,25.

c) Para las combinaciones de solicitaciones N<sub>1</sub> y N<sub>2</sub> en las presas de gravedad o contrafuertes, la resultante de esfuerzos verticales en una sección horizontal cualquiera debe ser tal que no dé lugar a tracciones en la hipótesis de variación lineal de tensiones.

Art. 58. Cargas de rotura de los materiales.

La resistencia a la compresión de los morteros y hormigones se medirá a los noventa días de edad, en probeta cilíndrica, de altura doble de su diámetro, de acuerdo con lo dispuesto en la «Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón» del Ministerio de Obras Públicas.

Salvo comprobación experimental, la resistencia a tracción del hormigón se considerará igual a la décima parte de la de compresión.

Cuando para comprobar la calidad del hormigón se saquen probetas testigo de la obra ejecutada, su diámetro no será inferior al triple del tamaño máximo del árido en ellas contenido.

La resistencia a la compresión de las rocas de apoyos de cimentación, así como la de las que se utilicen para la fábrica de mampostería, se medirán en probetas de altura doble de su espesor.

La resistencia a la compresión de las fábricas de mampostería se determinará ensayando por separado la de la piedra y la del mortero, y adoptando como carga de rotura los dos tercios de la más baja de las dos.

Cada uno de los ensayos se efectuará, como mínimo, sobre una serie de diez probetas. Como carga de rotura de la serie no se adoptará la media aritmética de los resultados parciales, sino la que resulta superada o al menos igualada por el 80 por 100 de las probetas ensayadas.

No se admitirán fábricas de carga de rotura inferior a 100 Kg./cm<sup>2</sup>

**Art. 59. Resistencia de cimientos.**

Para valorar la resistencia de los cimientos se tendrá en cuenta la naturaleza y estructura tanto de los terrenos de apoyo directo como de todos aquellos que puedan colaborar en la estabilidad de la presa.

Si los terrenos son rocosos, se determinarán sus características de deformabilidad y resistencia por medio de ensayos de carga «in situ» realizados en las zonas que se considere más necesario. También es recomendable determinar en un laboratorio de reconocida solvencia las cargas de rotura, resistencia a los agentes atmosféricos y solubilidad, ponderando debidamente los resultados. Las pruebas anteriores se harán según la dirección de las máximas compresiones y según dos direcciones normales a ellas. Cuando los resultados según las tres direcciones no sean análogos, se tendrá muy en cuenta esta circunstancia para valorar la resistencia de los cimientos, de acuerdo con las direcciones en que se les transmiten los esfuerzos.

Quando los terrenos no sean rocosos se harán análogos ensayos, de acuerdo con la teoría de la Mecánica de los Suelos, estudiando especialmente la deformabilidad de los cimientos bajo la presión resultante, su influencia en la distribución de tensiones y en la estabilidad de la obra. Asimismo se prestará la debida atención a los problemas de filtración, sobre todo si existe riesgo de sifonamiento o arrastre de los materiales finos.

En presas de gran altura deben tenerse en cuenta las deformaciones y tensiones adicionales del terreno por efecto de la puesta en carga del embalse.

Quando el terreno de cimentación presente discontinuidades geológicas que den lugar a grandes diferencias de resistencia o deformabilidad, deberán tenerse muy presentes sus posibles influencias sobre la estabilidad de las obras y adoptar en consecuencia las precauciones oportunas tanto en el proyecto como durante la construcción.

**Art. 60. Durabilidad de las fábricas.**

Debe prestarse especial atención a las medidas necesarias para garantizar la durabilidad de las fábricas contra los agentes agresivos, en particular la destrucción de los paramentos por el hielo y el ataque por las aguas agresivas, cuya acción puede extenderse también al interior de la presa.

La resistencia a estos agentes agresivos se obtendrá principalmente con la buena calidad del hormigón. Su compacidad e impermeabilidad son la mejor defensa contra el ataque de los agentes agresivos, por lo que es fundamental garantizarlos mediante un cuidadoso estudio de las granulometrias, dosificaciones, métodos de puesta en obra y curado, así como mediante la oclusión de aire en la forma prevista en el artículo 68.

Siempre que las aguas del embalse sean ácidas, contengan exceso de materia orgánica o residuos industriales, o no cumplan con las especificaciones exigidas para el agua de amasado del hormigón se llevarán a cabo ensayos para determinar su agresividad, en especial su efecto sobre la disolución y arrastre de la cal libre de los hormigones. Como resultado de estos ensayos se adoptarán las medidas necesarias, especialmente en orden a la elección del tipo de cemento más conveniente en los paramentos y cuerpo de presa, o eventualmente, al uso de aditivos, previa comprobación experimental.

Asimismo se ensayará la resistencia a las heladas cuando las condiciones climáticas así lo exijan. Los ensayos deberán abarcar un mínimo de ciclos de hielo y deshielo no inferior a 100 ni al doble del número de ciclos de oscilación parcial de embalse previsible durante una temporada invernal.

**Art. 61. Canteras.**

En el proyecto deben figurar la posición y ubicación de las canteras y yacimientos naturales de donde se prevé obtener las gravas, gravillas y arenas para la fabricación del hormigón y los accesos existentes o proyectados.

En cada cantera o yacimiento figurará su descripción petrográfica, así como los resultados de los ensayos realizados para comprobar que cumplen las condiciones exigidas a estos materiales.

Se evitará la elección de canteras cuya proximidad a la presa pudiera entorpecer o hacer peligrosos los trabajos de construcción, o cuya explotación pudiera poner en riesgo la resistencia de los estribos a la estanqueidad del embalse.

Se indicará asimismo la propiedad de las canteras o depósitos naturales.

**Art. 62. Áridos y agua.**

Los áridos y el agua de amasado cumplirán las especificaciones del artículo 7 de la «Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón», del Ministerio de Obras Públicas. Además de las sustancias que en dicho artículo se consideran como nocivas, se incluirán la mica y el ópalo (silice hidratada amorfa).

El tamaño máximo de los granos de arena no será superior a 5 mm., y no podrán contener más de un 15 por 100 en peso de granos inferiores a 0.15 mm.

Podrán utilizarse arenas naturales o artificiales, procedentes del machaqueo de rocas, siempre que sean de grano duro, no deleznable, y de densidad no inferior a 2.4. La utilización de arenas de menor densidad, así como la de las precedentes del machaqueo de calizas, areniscas o rocas sedimentarias en general, exigirá el previo análisis en laboratorio, para dictaminar acerca de sus cualidades.

Las tolerancias admisibles para las materias nocivas contenidas en las arenas no excederán en ningún caso de los límites máximos siguientes:

- a) Arcilla total, limo y demás partículas finas, separables por levigación, 4 por 100.
- b) Arcilla coloidal (incluida en a), 2 por 100
- c) Mica, 2 por 100.

La tolerancia en contenido de ópalo y silice amorfa se determinará ensañando en laboratorio la reactividad de los áridos con el cemento escogido.

Los áridos gruesos podrán obtenerse de graveras o por machaqueo de piedras naturales.

Deberán, lo mismo que los áridos finos, estar exentos de impurezas, admitiéndose las siguientes tolerancias máximas en peso:

Arcillas, limo y partículas finas separables por levigación, 1 por 100.

Las tolerancias en materia orgánica y silice amorfa serán análogas a las establecidas para los áridos finos.

En ningún caso se admitirá la presencia de la arcilla en grumos o terrones, aunque esté contenida dentro de los límites de tolerancia.

El tamaño máximo admisible para los áridos gruesos será de 150 mm. y no podrán contener más de un 5 por 100 de elementos inferiores a 5 mm.

**Art. 63. Granulometría.**

Se prestará especial atención al estudio de la granulometría, con el fin de lograr hormigones compactos, impermeables y de elevado peso específico, que alcancen elevadas resistencias y buena docilidad con reducido consumo de cemento.

La granulometría de las arenas, según el tamaño mínimo de sus granos, podrá ajustarse a uno de los tres tipos siguientes:

Separación de mallas (mm.)	% en peso retenido por cada tamiz					
	4	2,—	1,—	0,5	0,25	0,125
Arena gruesa .....	2-7	25-45	45-70	65-85	80-95	95-99
Arena media .....	0-2	12-25	30-45	50-65	70-85	90-95
Arena fina .....	0	2-12	12-30	30-55	55-70	85-90

Si se utiliza un solo tipo de arena se recomienda que sea el medio. Se recomienda utilizar por lo menos dos tipos de arena, y es conveniente escoger los tipos grueso y fino para obtener así la granulometría óptima.

La utilización exclusiva del tipo de arena fina, que exige grandes consumos de cemento, sólo se autorizará cuando sea imposible obtener ninguno de los otros dos tipos. En tal caso, será obligatoria la adición de productos tenso-activos al hormigón.

Para garantizar la buena dosificación granulométrica de los áridos será receptivo clasificar los áridos gruesos en varios tamaños, recomendándose su gradación con arreglo a la tabla siguiente:

Tamaño máximo (mm.)	Número de fracciones	Tamaños comprendidos en cada fracción (mm.)
40	2	5-20 y 20-40
80	3	5-20, 20-40 y 40-80
150	4	5-20, 20-40, 40-80 y 80-150

A estos efectos se considerará tamaño máximo de los áridos el mayor de entre los que representen más del 10 por 100 y menos del 30 por 100 en peso del total.

La dosificación de cada tamaño de áridos deberá especificarse en el proyecto, después de los ensayos necesarios en laboratorio, sobre muestras de la misma procedencia que las de los que se utilizarán en obra, a fin de obtener la resistencia, compactación e impermeabilidad óptima.

#### Art. 64. Cemento y dosificaciones.

El cemento cumplirá las condiciones que fija el vigente Pliego de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos, incluidas las tres prescripciones especiales contenidas en el apartado 1.23 del mismo.

El almacenamiento de los cementos se organizará de tal modo que cada lote recibido quede separado de los demás o que, en caso de acondicionamiento a granel, puedan hacerse los ensayos de recepción más importantes antes de proceder al almacenamiento. En los silos se tomarán las precauciones necesarias para evitar el fraguado de los cementos almacenados.

Los cementos se emplearán en un plazo máximo de tres meses, a partir de su recepción, pudiéndose acortar este plazo de acuerdo con las condiciones atmosféricas.

Después de una permanencia en almacén superior a la anteriormente indicada, sólo se permitirá su empleo si se prueba por medio de ensayos que el cemento aún satisface las condiciones previstas por las normas.

De los distintos cementos aprobados por el actual Pliego de Condiciones se recomienda utilizar los designados por P-150, SF-250, PUZ-150, PUZ-250 y PUZ-350. Se prohíbe utilizar el cemento aluminoso.

La cantidad de cemento será la mínima necesaria para lograr las características exigidas al hormigón, tanto durante su período de colocación como durante el fraguado. En ningún punto de la presa se deberá admitir una dosificación inferior a los 120 kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón, ni, salvo casos especiales, superior a 300 kilogramos/metro cúbico, y entonces deberán adoptarse las mayores precauciones para asegurar la disipación del calor de fraguado.

El tipo de cemento y las dosificaciones previstas en cada punto de la presa para obtener la ductilidad y resistencia necesarias deberán especificarse en el proyecto después de los análisis y ensayos pertinentes; estos últimos se llevarán a cabo sobre probetas fabricadas con la granulometría óptima, según se especifica en el artículo 63.

#### Art. 65. Aditivos al cemento.

Aunque el cemento debe constituir, en todo caso, el conglomerado principal, puede ser conveniente en muchos casos la adición de otros productos para mejorar su ductilidad, plasticidad y resistencia a los agentes agresivos, principalmente por medio de la fijación de la cal libre.

Entre estos materiales pueden citarse las puzolanas, cenizas volantes y escorias básicas granuladas de altos hornos, finamente molidas y mezcladas con el cemento. Su utilización, previa la regulación de su dosificación y forma de empleo en el Pliego de Condiciones del proyecto, deberá quedar justificada

mediante suficiente número de ensayos de laboratorio. Asimismo deberán justificarse las garantías de uniformidad de calidad durante el curso de ejecución de las obras.

El uso de los plastificantes y productos tensoactivos existentes en el comercio podrá ser autorizado en el Pliego de Condiciones, regulándose sus dosificaciones máximas y mínimas, siempre que se acompañe un certificado favorable expedido por un laboratorio oficial.

Los agentes aireantes que se utilicen en las obras deberán ser ensayados con arreglo a los métodos MELC 5.05. a (1).

#### Art. 66. Hormigones.

El pliego de condiciones del proyecto especificará con todo detalle las características de calidad que deben exigirse en cada caso, y en especial las siguientes: peso específico aparente, impermeabilidad y carga de rotura. Estas características son las que deberán servir para clasificar los diferentes tipos de hormigones y no la dosificación prevista para lograrlas.

Siempre que sea necesario, establecerá las condiciones de resistencia a las heladas y aguas agresivas que deben exigirse.

En caso de grandes estructuras o de presas arqueadas: se especificarán los módulos de elasticidad, a fin de asegurar el cumplimiento de las hipótesis de cálculo y la medida de tensiones y deformaciones.

A efectos del control de la fabricación y puesta en obra, se especificará también la consistencia, plasticidad y tanto por ciento de aire oculto que debe contener.

No se permitirá el empleo del hormigón fluido, y se recomienda limitar la dosificación del agua (o de la relación agua/cemento), a fin de obtener la máxima resistencia con mínimo calor de fraguado y consumo de cemento, todo ello previa la comprobación experimental de los límites asequibles en cada caso.

#### Art. 67. Fabricación de hormigones.

Dosificado el hormigón de acuerdo con lo indicado en los artículos 64 y 65 de estas normas, todos los componentes deben medirse en peso durante la fabricación en obra. El error medio de cien pesadas de los elementos de control será inferior al 1 por 100 para cemento, agua y arena y 3 por 100 para el resto de los áridos.

El tamaño de cada hormigonera debe ser el conveniente no sólo para mezclar íntimamente los componentes del hormigón fresco, sino también para mantener uniforme la distribución de árido grueso durante la descarga. Como orientación, se indica que las cantidades de árido de diámetro superior a 20 mm. contenidas en la primera y en la última cuarta parte que sale de la hormigonera deben diferir en menos del 20 por 100.

Como norma general, las hormigoneras deben alimentarse con una mezcla de áridos y cementos por un sistema continuo, añadiendo al propio tiempo el agua mientras el tambor gira. A falta de este dispositivo de alimentación, se debe emplear el siguiente orden para la carga:

Un tercio del agua, que se colocará en el tambor inmediatamente después de descargada la masada precedente.

La arena, la gravilla y la mitad aproximadamente de los áridos gruesos.

Todo el cemento.

El resto del árido.

El resto del agua de amasado.

Se considera como tiempo mínimo de amasado el que hay que contar a partir del momento en que todos los ingredientes están en la hormigonera, excepto la última parte de agua. Se recomienda, para distintas capacidades de la hormigonera los siguientes tiempos de amasado:

0,75 m <sup>3</sup> o menos .....	1	minuto
1,50 m <sup>3</sup> .....	1 1/2	»
3,00 m <sup>3</sup> .....	2 1/2	»

En caso de que la hormigonera esté provista de un contador de revoluciones, puede controlarse el grado de amasado por el número de vueltas de la máquina, después de relacionar éstas con los tiempos anteriormente indicados.

Se controlará la calidad del hormigón a la salida de la hormigonera siempre que se varíe la dosificación, y aunque no se varíe, cada veinte masadas como mínimo. La prueba

(1) MELC = Métodos de ensayo del Laboratorio Central.

de asiento se realizará de acuerdo con el método de ensayo MELC 5.08-a.

La máxima tolerancia de asiento admisible será fijada en el pliego de condiciones, sin que pueda exceder de tres centímetros.

La humedad de los áridos deberá comprobarse diariamente corrigiendo en consecuencia las dosificaciones de agua.

A título de orientación, se indica que una variación del contenido de agua de sólo un 3 por 100 puede producir una variación en el asiento mayor de dos centímetros, y que un uno por ciento en peso de variación en la humedad de la arena hace cambiar el asiento en algunos casos, en 4 cm.

En la hormigonera no se mezclarán masas frescas conglomeradas con distintos tipos de cemento. Antes de comenzar la fabricación de una mezcla con un nuevo tipo de conglomerante deberán limpiarse perfectamente las hormigoneras.

#### Art 68 Aireación del hormigón

Los agentes aireantes añadidos a una mezcla de hormigón deben provocar la oclusión de partículas de aire o burbujas en forma de esferoides, de diámetros comprendidos entre 75 y 1.300 micras.

A título de orientación, y una vez vibrado el hormigón, el tanto por ciento total de aire debe ser, aproximadamente, el siguiente:

Arido grueso

Tamaño máximo en mm	Tanto por ciento de aire
20	5 ± 1
40	4 ± 1
80	3,5 ± 1
150	3 ± 1

El tanto por ciento de aire ocluido deberá vigilarse escrupulosamente, efectuando una determinación de su contenido cada 20 masadas, o cada vez que se advierta variación en la plasticidad o ductilidad del hormigón, modificando inmediatamente la dosificación del agente aireante si se comprueba que se exceden los límites de tolerancia.

En el hormigón con aire ocluido puede permitirse una reducción de arena aproximadamente igual en volumen absoluto a la cantidad de aire ocluido.

#### Art. 69 Transporte y puesta en obra del hormigón

El transporte y colocación del hormigón se hará de modo que no se disgreguen sus componentes, volviendo a amasar al menos con una vuelta de pala el que acuse señales de disgregación.

Como norma general no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y consolidación. Este plazo deberá reducirse si se emplean cementos especiales, pudiéndose aumentar cuando se adopten las medidas necesarias para impedir la evaporación del agua y la segregación de los áridos, si concurren unas condiciones favorables de humedad y temperatura. En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado, segregación, disgregación o desecación.

En el transporte podrán utilizarse camiones hormigoneras, volquetes, etc., siempre que su empleo no produzca una pérdida de asiento superior a los límites impuestos por el Pliego de Condiciones particulares, pero se prohíbe el empleo de cañetas, trompas o dispositivos análogos para transportes a distancias superiores a cinco metros.

Se recomienda para el transporte del hormigón el uso de calderos o cazos de capacidad suficiente para una masada o múltiplo de ellas y con dispositivos adecuados para poder descargar la totalidad o parte de la masa controlando el tiempo de descarga, pues con este procedimiento se reduce la disgregación a un mínimo.

Se prohíbe el vertido del hormigón desde alturas superiores a uno cincuenta metros, y siempre deberán adoptarse las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla, especialmente cuando el elemento hormigonado no sea de grandes dimensiones. Asimismo se evitará la repetición de vertidos de una misma masada.

La consolidación de los hormigones colocados en obra se ejecutará con igual o mayor intensidad que la empleada en la fabricación de las probetas de ensayo. Esta operación debe continuarse especialmente junto a los paramentos y rincones

del encostrado hasta eliminar las posibles coqueas y conseguir que refluya la pasta a la superficie. El espesor de las masas que hayan de ser consolidadas será el necesario para conseguir que la compactación se extienda sin disgregación de la mezcla, a todo el espesor de la masa.

La consolidación se efectuará en todo caso por vibración. Los puntos de aplicación de los vibradores deberán prodigarse lo necesario para que, sin que se inicien disgregaciones locales, el efecto alcance a toda la masa.

Los vibradores de superficie sólo podrán ser utilizados cuando simultáneamente se emplee una vibración en la masa suficientemente energética y uniforme que asegure una compactación por lo menos análoga a la que aquéllos producirán en los paramentos vistos.

Si se emplean vibradores de aguja, éstos deberán sumergirse profundamente en la masa, retirándose lentamente. La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión deberá ser la apropiada para producir en toda la superficie de la masa vibrada una humectación brillante.

Cuando se hormigone por tongadas se introducirá el vibrador hasta que la punta se introduzca en la capa subyacente anteriormente colocada, excepto en los casos en que el hormigón se coloca sobre capas ya fraguadas. En todo caso, siempre que se empleen aparatos de este tipo se deberá efectuar una pasada final del vibrador por el interior de la masa, poniendo especial cuidado en evitar todo contacto de los vibradores con las posibles armaduras o conductos metálicos alojados en el cuerpo de la presa.

Cuando las superficies que se vayan a vibrar sean inclinadas se comenzará el vibrado por la parte inferior, de forma que la consolidación se incremente con el peso del hormigón añadido.

#### Art. 70. Curado del hormigón. Reanudación del hormigonado.

Durante el primer periodo de endurecimiento se deberá mantener la humedad del hormigón y evitar todas las causas externas, como sobrecargas o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento.

Una vez endurecido el hormigón, se mantendrán húmedas las superficies durante siete días, como mínimo, a menos que antes se recubran con una capa de hormigón fresco. Este plazo de curado deberá ser aumentado hasta diez días como mínimo en tiempo seco, cuando las temperaturas máximas diarias sean superiores a los 35° C.

Cuando por determinadas circunstancias, el curado por riego no sea conveniente, podrán aplicarse a las superficies impermeabilizantes líquidos u otros tratamientos o técnicas especiales, destinados a impedir o reducir eficazmente la evaporación, siempre que tales métodos presenten las garantías que se estimen necesarias en cada caso. Antes de colocar sobre las superficies así tratadas nuevas capas de hormigón, deberán eliminarse los productos del tratamiento mediante el picado y limpieza de las mismas.

En las interrupciones del hormigonado se cuidará de dejar las juntas de acuerdo con lo previsto en el proyecto. En caso de tener que realizarse alguna junta de hormigonado no prevista, se dejará lo más normalmente posible a la dirección de la máxima compresión y donde su efecto sea menos perjudicial.

Antes de hormigonarse una nueva capa sobre otra colocada en el mismo día se limpiará la superficie de elementos poco adheridos y se quitarán los posibles charcos formados por el agua de curado. Si el hormigón antiguo lleva colocado más de un día y menos de tres, se quitará la lechada superficial con cepillo de alambre y se limpiará la superficie de contacto con chorro de aire y agua a presión, procurando que no se formen charcos. Cuando el hormigón fraguado tenga más de tres días, se picará moderadamente la superficie hasta descarnar los áridos y después con chorro de agua y aire a presión con cuidado para que no queden charcos, interponiendo una delgada capa de mortero, de dosificación análoga a la del hormigón que se va a colocar entre éste y la capa subyacente ya endurecida.

Se cuidará especialmente que no queden en contacto masas frescas de hormigones de diferentes tipos de cemento y de limpiar las herramientas y material de transporte al hacer el cambio.

#### Art. 71. Hormigonado en tiempo frío o en tiempo caluroso.

Cuando esta eventualidad se presente se seguirán las indicaciones incluidas en el artículo 19 de la vigente instrucción

para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón» del Ministerio de Obras Públicas.

En caso de emplear agua caliente para fabricar el hormigón se evitará que entre en contacto directo con el cemento. Salvo justificación especial, la temperatura del agua de amasado no excederá de 40° C.

Aunque no es recomendable calentar los áridos para el hormigonado en tiempo frío, en caso necesario podrá tolerarse siempre que la temperatura a que se les someta sea inferior a los 100° C.

**Art. 72. Precauciones para asegurar la disipación del calor de fraguado.**

El proyecto deberá estudiar con detalle el plan de hormigonado de la presa con la división de la obra en bloques, orden de ejecución de éstos, espesores máximos y mínimos de las tongadas e intervalos que deben transcurrir entre la colocación de dos tongadas sucesivas sobre el mismo bloque, a fin de garantizar la disipación del calor de fraguado y evitar la fisuración por retracción. El estudio deberá tener en cuenta las dosificaciones previstas y el calor de fraguado del cemento elegido.

En los casos de presas de gran volumen, con dosificación de cemento elevada, se deberá prever la refrigeración de los bloques o del hormigón en el momento de la fabricación, si la velocidad prevista para la ejecución de las obras así lo exige.

Como regla general, se recomienda que las dimensiones de los bloques no excedan de 15 metros en ningún sentido, disponiéndose a tal fin el número de juntas de construcción necesarias, y se recomienda que el espesor de las tongadas no sea inferior a un metro ni superior a 1.50 metros.

**Art. 73. Juntas de contracción.**

Las juntas transversales de contracción en las presas de hormigón de los tipos gravedad o contrafuertes serán planas, sin dentados ni salientes que puedan coartar el libre juego de movimientos de cada bloque y normales al eje de la presa. Deberán ser provistas de adecuados dispositivos de impermeabilización y disponerse con separaciones del orden de 15 metros.

En las presas bóvedas o cúpulas se dejarán también juntas transversales de contracción sensiblemente normales a la superficie media.

Cuando el espesor de la estructura lo exija se preverán también la ejecución de juntas longitudinales de contracción, cualquiera que sea el tipo de presa.

Para las juntas de contracción deberán preverse los dispositivos necesarios para el fácil y seguro cierre de estas juntas por medio de inyecciones en el momento oportuno. Los conductos utilizados para ello deberán quedar limpios y en condiciones de repetir la operación si ello fuera necesario.

Es admisible la disposición de junta de contracción abierta de dimensiones suficientes para permitir su posterior hormigonado. En tal caso, la superficie interior de las juntas debe picarse, como se indicó en el artículo 70, antes de rellenarse con hormigón.

Deberán dejarse algunos termómetros de lectura a distancia, embebidos en el cuerpo de la presa, a fin de determinar la época en que puede autorizarse el relleno o inyección de las juntas. En general, convendrá efectuarlo cuando esta temperatura sea mínima, es decir, de uno a dos meses después de registrarse la mínima temperatura media mensual del año.

En las presas bóvedas o cúpulas no se autorizará el relleno o inyección de juntas de contracción hasta que la temperatura de los bloques sea la que corresponde a las hipótesis de cálculo, o menos que se garantice la posibilidad de repetir las inyecciones o se compruebe que se mantienen los coeficientes de seguridad prescritos con la nueva combinación de sollicitación.

**Art. 74. Pruebas y ensayos en el hormigón**

La vigilancia y control de calidades de los materiales, de la composición del hormigón y de sus propiedades, deberá realizarse en un laboratorio de obra debidamente equipado para que en él puedan realizarse todos los ensayos fijados en el Pliego de Condiciones. Al frente del laboratorio habrá un técnico de grado medio, y los encargados de la realización de los ensayos deberán tener probada experiencia.

Los resultados de los ensayos obtenidos en los laboratorios de obra, debidamente clasificados, se considerarán como parte

del «Archivo Técnico de Construcción» debiendo ser conservados cuidadosamente.

Asimismo estos resultados se resumirán en el «Diario Técnico de la Presa» y en el «Boletín» correspondiente.

Para la toma de muestras, fabricación, conservación y ensayos de las probetas se seguirán las normas indicadas en la «Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón», del Ministerio de Obras Públicas.

Las probetas deben sacarse directamente del hormigón vertido en la obra, separando los áridos cuyo tamaño máximo exceda de los admitidos en las normas.

Las pruebas del laboratorio de obra deben convalidarse periódicamente con ensayos iguales repetidos en laboratorios oficiales especializados. Asimismo deben contrastarse periódicamente los aparatos del laboratorio de obra.

En los conductos de drenaje accesibles desde las galerías de vigilancia y seguridad de la presa deben efectuarse pruebas periódicas de permeabilidad, consistentes en el llenado de agua y observación de las filtraciones. Los resultados se anotarán en el «Diario Técnico de la Presa» y en el «Boletín» correspondiente.

**Art. 75. Mampostería.**

Las piedras para mampostería deberán poseer solidez suficiente, presentar una textura lo más uniforme y compacta posible, estar completamente sanas y ser resistentes a los agentes atmosféricos. Si van a ser colocadas a mano, su tamaño permitirá que sean manejadas por un obrero o, excepcionalmente, por dos.

Las piedras poseerán al menos una cara adecuada al asentamiento. Deberán quitarse todos los materiales adheridos o exfoliaciones que puedan dificultar la buena adherencia entre la piedra y el mortero. Antes de colocarlas se lavarán y limpiarán bien con cepillos de alambre u otro procedimiento adecuado.

El mortero empleado debe ser impermeable, y su granulometría, dosificación en cemento, tipo de éste y métodos de fabricación, se cuidarán con precauciones análogas a las prescritas para el hormigón de presas.

La consistencia del mortero a la salida de la hormigonera deberá ser tal que permita una buena trabajabilidad en obra, prohibiéndose la adición posterior de agua.

Se cuidará de no deteriorar la mampostería ya ejecutada durante el transporte de las piedras.

Los mampuestos deberán humedecerse antes de asentarlos, debiendo quedar apoyados y envueltos en mortero, sin que exista ninguna discontinuidad en el recubrimiento ni ningún contacto directo entre ellos. El menor espesor del mortero en las juntas deberá ser, por regla general, de unos dos centímetros. Deberán quitarse los pequeños salientes que presenten las superficies de las piedras.

Apoyados los mampuestos en el mortero como se indicó anteriormente, deberán calzarse por la introducción de fragmentos de piedra humedecidos (luzas o riplios). Cuando se utilicen piedras de rocas esquistosas, deberán asentarse de un modo adecuado a la estratificación.

Las juntas laterales deberán llenarse completamente de mortero, introduciéndose luego piedras en los puntos de mayor anchura para asegurar el que las piedras mayores queden lateralmente fijas en sus posiciones relativas y evitar la formación de pequeñas bolsas de aire por asiento del mortero. También se evitará cualquier movimiento o desplazamiento de una piedra ya asentada. Antes de ejecutar una nueva capa de mampostería deberán quitarse de la superficie de asiento todas las piedras sueltas y fragmentos de mortero endurecido.

Las diferencias de altura entre los bloques ejecutados consecutivamente no deberán pasar como regla general de 1,5 metros, para evitar diferencias de asientos, origen de posibles fisuraciones.

La mampostería recién construida deberá protegerse todo lo posible, durante los primeros días, del sol y del viento. En condiciones de frío intenso o heladas deberán suspenderse los trabajos de mampostería y proteger la obra construida de los estragos del hielo con una cobertura adecuada.

Tras periodos largos de interrupción de la mampostería deberán picarse las juntas para obtener la superficie más rugosa posible, debiendo limpiarla de suciedades y elementos sueltos, incluso fragmentos de piedra. En seguida se lavará la superficie con chorro de agua a presión y se barrerá con escobas de alambre. Se asentará entonces la nueva capa sobre un lecho de mortero especialmente rico.

Para garantizar la calidad de la mampostería, no debe ejecutarse por el sistema de destajos.

**Art. 76. Drenajes y galerías.**

Siempre que las dimensiones de la presa lo permitan se dispondrán galerías de inspección y drenaje en la cimentación de la presa, próximas al paramento de aguas arriba, de dimensiones suficientes para ejecutar desde ellas sondeos, inyecciones y pantallas de impermeabilización cuando fuere necesario.

En presas de gran altura se dispondrán también galerías de visita a alturas intermedias. Se recomienda que su separación en vertical no exceda de 30 metros.

Es muy aconsejable prolongar estas galerías en las laderas, a fin de poder inspeccionar el terreno y obtener información directa acerca de las filtraciones que se producen al poner en carga el embalse. Las dimensiones de las galerías serán suficientes para que en ellas puedan trabajar máquinas de perforación e inyección.

El acceso a estas galerías, así como su iluminación, deberá preverse cuidadosamente, a fin de que tanto la inspección como los eventuales trabajos en su interior resulten cómodos y fáciles. Si la presa tiene más de 40 metros de altura deben disponerse las facilidades de acceso indicadas en el artículo 23.

Las galerías de inspección deben enlazarse mediante una red de conductos para disminuir los efectos de la subpresión. Es fundamental que estos conductos se extiendan a la cimentación de la presa, en donde los efectos de la subpresión son máximos y pueden ser más peligrosos. Deben también disponerse algunas galerías transversales que permitan inspeccionar el hormigón de los bloques en todo su espesor. Se recomienda colocarlas en planos alternos de juntas, pues de este modo cada galería permite inspeccionar dos bloques.

La disposición de los conductos debe ser tal que permita su inspección individual y cómoda desde las galerías y su limpieza o reperfectoración en caso de obstrucción.

En las presas bóvedas o cúpulas delgadas puede prescindirse de la red de conductos y galerías, pero deberán conservarse las de cimentación, siempre que ello sea factible.

Deben adoptarse las precauciones necesarias para evitar la inundación de estas galerías por los caudales filtrantes, instalando, si es necesario, pozos de recogidas y bombas de achique. Se procurará separar los caudales filtrantes a distintos niveles y distintos bloques, a fin de poder registrar sus aforos y las variaciones de los mismos con el tiempo.

**Art. 77. Caminos de coronación.**

Por la coronación de las presas de fábrica se dispondrá un camino de servicio, que no deberá quedar interrumpido por los aliviaderos ni por cualquier otra obra de la instalación.

Entre la cota de coronación y la del máximo nivel normal de embalse debe quedar un resguardo no inferior a un metro en las presas de gravedad o bóveda, ni a 1,50 metros en las de contrafuertes. Respecto del máximo nivel de embalse en crecidas, el resguardo será el necesario para evitar el desbordamiento del oleaje.

**Art. 78. Prescripciones especiales para las presas de gravedad.**

Se procurará evitar que un mismo bloque quede cimentado sobre terrenos de resistencia muy distinta, lo que pudiera dar lugar a diferencias de asiento o concentraciones de tensiones peligrosas.

En general, la cimentación de cada bloque comprendido entre dos juntas transversales deberá ser, en lo posible, aproximadamente horizontal, o con ligera pendiente hacia aguas arriba, en la dirección normal al eje de la presa.

En la dirección del eje de la presa se admitirá el escalonamiento de la cimentación para adaptarse a la pendiente de la ladera, pero deberá suavizarse todo lo posible, haciendo coincidir juntas de contracción con los escalones mayores.

En las presas de gran altura se recomienda enlazar los paramentos con la roca de cimentación por medio de acuerdos circulares para evitar concentraciones de tensiones. También es recomendable suavizar en el paramento de aguas abajo los acuerdos entre el talud principal y el vertical de coronación.

**Art. 79. Prescripciones especiales para las presas de contrafuertes.**

No será admisible la mampostería como fábrica utilizable para la construcción de este tipo de presas.

En el proyecto de las de gran altura deben estudiarse con especial detalle los deslizamientos efectivos y el posible pandeo de los contrafuertes, y las tracciones efectivas en las ca-

bezas o pantallas, debidas a su flexión por efecto simultáneo de su peso propio, empuje hidrostático y acción de las presiones intersticiales sobre planos horizontales y verticales.

Si las tracciones rebasan los límites admisibles, las cabezas o las pantallas deberán armarse.

En las presas de pantallas bóvedas o cúpulas múltiples se estudiarán los efectos térmicos y las tensiones debidas a las diferencias de altura de los contrafuertes, así como la transmisión de esfuerzos de aquéllas a los contrafuertes. En las de cabeza se dispondrán juntas permanentes de contracción, cuidando de manera especial su impermeabilización.

Durante la construcción se extremarán las precauciones para evitar posibles fisuras o grietas de retracción en los contrafuertes.

Para la cimentación de estas presas serán de aplicación las mismas normas establecidas para las de gravedad, salvo que no será admisible su escalonamiento en dirección transversal al eje de la presa para un mismo contrafuerte.

**Art. 80. Prescripciones especiales para las presas bóvedas y cúpulas.**

En este tipo de presas adquiere una importancia excepcional la determinación de las reacciones de apoyo en estribos y cimientos y, por consiguiente, la deformabilidad de éstos por la acción de las cargas a ellas transmitidas.

Se estudiará muy especialmente la resistencia de los estribos, el empotramiento de los arcos horizontales con el terreno, la dirección de la resultante de empujes y la seguridad al deslizamiento en el plano de transmisión de esfuerzos.

En el caso de que el régimen de tensiones deducido de la aplicación de los principios de la Teoría de la Elasticidad ponga de manifiesto la aparición de tracciones superiores a las admisibles, cabrá estudiar la distribución que se obtendría en la hipótesis de fisuración total del hormigón sometido a tracción, y justificar que las compresiones máximas así obtenidas no exceden de las cargas admisibles, si se han agotado previamente todos los recursos que la técnica proporciona para mejorar el régimen de tensiones.

En otro caso, las zonas peligrosas deberán dotarse de armadura suficiente para absorber la totalidad de los esfuerzos de tracción.

Es muy recomendable comprobar mediante ensayos sobre modelo reducido la distribución de tensiones resultante de los cálculos.

Cuando se proyecte el vertedero sobre la coronación habrá de evitarse la posibilidad de vibraciones y se adoptarán los dispositivos convenientes para asegurar la protección del pie de la presa, siendo preceptivo el estudio hidráulico sobre modelo reducido del comportamiento de las disposiciones adoptadas para dicha protección.

**Art. 81. Auscultación de presas. Registro de subpresiones.**

Cuando la forma o las dimensiones de las presas así lo aconsejen, en el proyecto figurará un programa de auscultación que comprenda las etapas siguientes:

- a) Construcción.
- b) Puesta en carga hidráulica parcial.
- c) Con embalse lleno hasta la cota normal de explotación.
- d) Sugerencias para el periodo de explotación.

Según la importancia de la solución adoptada, convendrá realizar la auscultación sobre mayor número de magnitudes y en mayor número de puntos.

Es aconsejable:

La medida de movimientos relativos entre la presa y el terreno determinados por métodos geodésicos, topográficos y por péndulos.

La medida de la temperatura en el interior de la presa, en el agua próxima a ella y en el valle en que está situada.

La medida de subpresiones, de movimientos en las juntas entre bloques y en las superficies de cimentación.

En presas de gran altura o cuando las características lo aconsejen, se utilizarán medidores de deformaciones. El programa de auscultación de la presa deberá ir acompañado de la propuesta de ensayos necesarios para conocer las características reológicas del hormigón empleado al ser sometido a variaciones de humedad, temperatura y compresión.

En el proyecto también figurará la utilización que se prevea sacar de los resultados experimentales que comprenda el plan propuesto.

Durante la construcción se vigilará la colocación de los dispositivos para medidas de subpresiones, tensiones, deformaciones, temperaturas internas, etc., evitando que puedan deteriorarse o destruirse las conexiones para lectura a distancia.

Los resultados de las medidas de auscultación se conservarán en el «Archivo de Explotación»

Cuando en el control periódico, durante la explotación, se acusen valores de la subpresión superiores a los admitidos en el cálculo se dispondrán limitaciones en el embalse hasta que no se adopten remedios adecuados para reducirla hasta los límites del proyecto

## CAPITULO VI

### Normas especiales para las presas de materiales sueltos

#### Art. 82. Definiciones y clasificación.

Presas de materiales sueltos son las construidas con elementos no ligados entre sí por conglomerantes hidráulicos.

Según el material de que estén constituidas suelen clasificarse en «Presas de tierra» y «Presas de escollera».

En las presas de tierra cabe distinguir dos subgrupos, las «homogéneas», donde la totalidad del terraplén tiene las mismas características, y las «heterogéneas», donde el terraplén está dividido en zonas con diferentes densidades, permeabilidades y cohesiones.

En las de escollera es corriente considerar tres subgrupos: «escollera no clasificada», «escollera clasificada» y «mampostería en seco», pero en realidad la transición de unos a otros tipos se efectúa gradualmente y no es posible dar normas generales que permitan distinguirlos

#### Art. 83. Normas para el cálculo de presas de materiales sueltos.

El hecho de que la estabilidad de las presas de materiales sueltos dependa principalmente de las fuerzas pasivas de rozamiento complica notablemente los cálculos de estabilidad por ser generalmente inaplicable la teoría de la elasticidad a estos efectos.

Este inconveniente, sin embargo, está contrapesado por las ventajas indudables que las presas de materiales sueltos ofrecen en muchos casos, tanto desde el punto de vista económico como desde el técnico, derivado este último de la facilidad con que pueden soportar sin peligro asentamientos en cimentación o en el cuerpo de presa, así como futuros refuerzos o recementamientos.

Entre los distintos procedimientos utilizables para la comprobación de la estabilidad de este tipo de presa se recomienda, por su sencillez y claridad, el de la comprobación de las distintas superficies de deslizamiento posibles, comparando en cada una de ellas las fuerzas resistentes a los esfuerzos tangenciales con la magnitud de éstos, de acuerdo con la teoría de la Mecánica del Suelo.

El coeficiente de seguridad al deslizamiento, en cada sección, se define por el cociente de la suma de las fuerzas que se pueden oponer al deslizamiento, por la de las que tienden a producirlo, en el supuesto de deslizamiento plano y por el cociente de los momentos de las mismas fuerzas respecto al centro instantáneo de giro en la iniciación del deslizamiento supuesto sobre una superficie de sección curva. La presión intersticial debe incluirse como fuerza desfavorable que se opone en cada punto a la presión normal a la superficie de deslizamiento.

Deben tantearse numerosas superficies de posible deslizamiento para obtener la seguridad de cubrir la hipótesis más desfavorable. En general, suelen utilizarse, para estos tanteos, círculos de diferentes radios y centros, y, en algunos casos, también planos y espirales.

El coeficiente de seguridad para la hipótesis más desfavorable no debe ser inferior a 1,25, a condición de que los mínimos valores posibles de los coeficientes de cohesión y rozamiento que intervienen en su cálculo se hayan determinado con precisión suficiente. En otro caso, los coeficientes de seguridad deben aumentarse prudentemente.

El proyecto de las presas de materiales sueltos requiere de ordinario la colaboración de técnicos especializados en ensayos de materiales y en el estudio de este tipo de estructuras, y siempre es indispensable contrastar los resultados del cálculo con las características de presas similares ya construidas y cuyo comportamiento sea satisfactorio.

#### Art. 84. Solicitaciones que se deben considerar

Debido a la gran masa de estas estructuras y a que su estabilidad exige taludes muy tendidos del lado de aguas arriba, no es necesario tener en cuenta, en los casos ordinarios, los empujes del hielo y de las olas, y raras veces hará falta considerar los efectos sísmicos. Los efectos de la variación de temperatura pueden desprejarse en todos los casos.

Se considerarán en todo caso las sollicitaciones siguientes: peso propio, presión hidrostática con nivel máximo de embalse en crecidas y, sobre todo, la presión intersticial.

Las combinaciones de esfuerzos que se consideren serán las que correspondan a embalse lleno y a embalse vacío siguiente a un desembalse rápido. En algunos casos, sobre todo cuando se trata de presas homogéneas o de núcleos arcillosos, será necesario estudiar también la estabilidad durante la construcción, ya que en esta fase la compacidad y humedad de las tierras no es la definitiva y pueden determinar valores del peso específico y cohesión incompatibles con la estabilidad de la obra construida. También debe tenerse en cuenta que la consolidación mecánica de las tierras arcillosas puede crear un régimen inicial de presiones intersticiales muy superiores a las correspondientes, incluso a la condición de embalse lleno, que pueden mantenerse durante años antes de alcanzar el régimen final de presiones.

El conocimiento de la distribución de presiones intersticiales en cualquiera de las hipótesis de carga es fundamental en este tipo de estructura. Exige una cuidadosa determinación del coeficiente de permeabilidad de los materiales utilizados, y un estudio detenido para fijar los trazados de las líneas de saturación y filtración. Son recomendables los ensayos basados en analogías eléctricas.

#### Art. 85. Condiciones de los cimientos

El terreno de apoyo de la cimentación deberá satisfacer las condiciones de resistencia e impermeabilidad exigidas por los cálculos del proyecto, que deberán investigarse mediante los oportunos ensayos, extendidos a un número suficiente de puntos en toda la superficie.

El resultado de estos ensayos deberá incorporarse al proyecto.

Cuando la presa vaya a cimentarse sobre tierras, arenas u otra clase de materiales sueltos, los ensayos deberán incluir pruebas de consolidación, entumecimiento, permeabilidad granulométrica, índice de huecos, peso específico y ensayo de compresión triaxial para determinar la resistencia al esfuerzo cortante con los materiales de los cimientos.

Se calcularán también los asentamientos posibles en cimientos. Deberán tomarse las precauciones necesarias para que la presión intersticial en los cimientos no sobrepase en ningún punto y con ningún régimen los límites admisibles, y que la velocidad de filtración sea suficientemente reducida para evitar arrastres o sifonamientos. A tal efecto, si el terreno no es suficientemente impermeable se dispondrán rastrillos de impermeabilización mediante zanjas rellenas de hormigón o tierra compacta, pilotes hincados o inyecciones según las características del terreno.

En algunos casos, será conveniente completar esta impermeabilización colocando sobre el terreno aguas abajo del rastrillo una capa de tierra compactada, recubierta de varias otras de áridos de tamaños crecientes, en forma de filtro invertido, para aumentar el recorrido de las líneas de filtración e impedir su penetración en el cuerpo de la presa.

Es fundamental asegurar al propio tiempo la impermeabilidad de las laderas, que deben protegerse con dispositivos adecuados.

Durante la construcción, el terreno de cimentación deberá limpiarse cuidadosamente, eliminando la capa de tierra vegetal.

#### Art. 86. Impermeabilización y drenajes

En las presas de tierra homogéneas la impermeabilidad puede confiarse al propio cuerpo de la presa, si la proporción de materiales arcillosos es suficiente para garantizarla. Ahora bien, como la disipación de la presión intersticial es tanto más lenta cuanto menor sea el coeficiente de permeabilidad, ello exige taludes muy tendidos para aumentar la seguridad al deslizamiento durante el vaciado rápido del embalse. Por tal motivo este tipo de presas es poco recomendable, y sólo debe utilizarse cuando no haya posibilidad de emplear otra solución.

En las presas de tierra heterogéneas, y en las de escollera, la impermeabilidad ha de confiarse a un núcleo impermea-



ble central o mejor todavía, a una pantalla situada en el paramento de aguas arriba o en sus proximidades.

La pantalla de aguas arriba puede ser de hormigón en masa o armado, hormigón asfáltico, tierra compactada u otro material cualquiera que ofrezca garantías de duración e impermeabilidad.

En el caso de pantallas de hormigón deberá estudiarse cuidadosamente la disposición de juntas que garanticen la impermeabilidad, permitiendo el juego de asentos previsible.

Si la pantalla es de tierra su espesor y la granulometría y gradación de finos de sus componentes deberán estudiarse cuidadosamente, previos los ensayos correspondientes, para garantizar una impermeabilidad suficiente, así como para evitar el riesgo de su destrucción por arrastre de los finos a consecuencia de los fenómenos de filtración.

La pantalla, en este caso, deberá ser protegida en el paramento de aguas arriba por una serie de capas de áridos de tamaños crecientes, en forma de filtro invertido, que permitan la rápida disminución de la presión intersticial al vaciarse el embalse. El conjunto se protegerá contra el oleaje por una capa de escollera o mampostería en seco.

Por el lado de aguas abajo deberá también disponerse una protección de filtros para reducir la presión intersticial a embalse lleno lo más rápidamente posible. En muchos casos será conveniente facilitar la evacuación de los caudales filtrados mediante una red de drenajes.

Si la impermeabilización se confía a un núcleo, central éste puede ser de hormigón o de tierras compactadas.

El núcleo de hormigón es generalmente poco recomendable por la facilidad con que puede agrietarse, debido a los asentos de la presa. Sólo podrá utilizarse cuando el terreno de cimentación sea uniforme, resistente y prácticamente indeformable. Estará dotado de juntas de contracción dotadas de dispositivos de impermeabilidad y sus paramentos serán planos sin redentes ni escalones.

Por la parte de aguas abajo deberá dotarse de un sistema de filtros y se recomienda construir al pie del núcleo una galería para inspección de cimientos y recogida de drenajes.

Por la parte de aguas arriba es recomendable enlucirlo con arcilla.

El núcleo de impermeabilización constituido por tierras es preferible en la mayoría de los casos. Deben adoptarse las mismas precauciones que en el caso de pantallas de tierra para la evacuación de los caudales filtrantes.

En general, tanto en las presas de escollera como en las de tierra, la gradación de tamaños del material debe ser creciente desde el núcleo a ambos paramentos.

En las presas de tierra es conveniente disponer un sistema de drenaje con gravas y escollera en la zona del pie de aguas abajo, a fin de rebajar el nivel de la línea freática en el interior del macizo, impidiendo que alcance la superficie.

Cualquiera que sea el tipo de impermeabilización adoptado para la presa deberá quedar asegurado su perfecto enlace con los rastrillos de impermeabilización de los cimientos y laderas.

#### Art. 87. Resguardo y coronación.

En este tipo de presas es fundamental anular todo riesgo de vertido sobre la coronación, para lo cual deberán adoptarse toda clase de precauciones.

No se admitirá la colocación de aliviaderos sobre la presa, y el resguardo de aquella deberá ser, como mínimo, de dos metros sobre el máximo nivel normal de embalse, y de 1,50 metros sobre el máximo nivel de crecidas determinado con arreglo a lo previsto en el artículo 20. Se dispondrá, además, un pretil de hormigón en masa o armado capaz de proteger la coronación contra los rociones o salpicaduras del oleaje, siempre que se prevea que estos efectos pueden ser importantes. Este pretil deberá tener el suficiente número de juntas para que pueda adaptarse a los asentos previsible.

La anchura mínima de la coronación será de tres metros, y sobre ella debe disponerse un camino de servicio.

#### Art. 88. Paramentos.

En las presas de tierra el paramento de aguas abajo deberá protegerse contra la acción erosiva de la lluvia por medio de plantaciones de césped u otros vegetales de raíces poco profundas, si la climatología del lugar lo permite, o con una capa de grava. En presas de gran altura es recomendable que se dispongan banquetas cada 15 metros de elevación aproximadamente, para recoger las aguas pluviales y facilitar la inspección y reparación de los paramentos. Deben dotarse de cunetas de guarda que eviten la penetración del agua o el en-

charcamiento de su superficie. Análogas precauciones se adoptarán en la coronación.

El paramento de aguas arriba debe quedar en todo caso protegido contra los efectos del oleaje por medio de un revestimiento adecuado.

#### Art. 89. Tomas y desagües de fondo.

Debe evitarse la colocación de tuberías metálicas o de hormigón, que atraviesen el cuerpo de presa, por el riesgo que supondrían para la estabilidad de la misma en caso de rotura, y porque aun en circunstancias normales facilitan el camino a las filtraciones.

Las tomas y desagües de fondo se situarán preferentemente fuera del cuerpo de presa en túneles de ladera.

Sólo cuando la cimentación sea rocosa e indeformable se admitirá alojar las tomas en galerías de hormigón dispuestas en zanjas excavadas en la propia cimentación. Aun en estos casos se procurará evitar que la atraviesen por su parte central, acercándolas a las laderas todo lo posible. Asimismo se dimensionarán los espesores del hormigón de tal forma que se asegure su perfecta resistencia a las presiones que han de resistir, tanto durante la construcción como durante la explotación.

#### Art. 90. Tierras.

Las tierras empleadas en la construcción de la presa deberán estar exentas de material vegetal y ser susceptibles de adquirir por consolidación la impermeabilidad y resistencia al esfuerzo cortante que se precisen para las zonas de presa donde vayan a destinarse.

Para conocer estas propiedades deberán ejecutarse los ensayos correspondientes, investigándose en especial las siguientes características: composición granulométrica, permeabilidad, ensayo triaxial, estabilidad en presencia del agua, grado de humedad, límites de Atterberg, peso específico real, peso específico aparente, porosidad, expansibilidad o capacidad de entumecimiento y retracción, ensayos Proctor de compactación y propiedades químicas.

#### Art. 91. Escolleras.

La piedra que se emplee en la construcción de una presa de escollera deberá tener resistencia mecánica y a los agentes atmosféricos para que pueda soportar en buenas condiciones los esfuerzos a que vaya a quedar sometida, y estar limpia de material terroso.

Como datos fundamentales necesarios para los estudios de estabilidad deberá determinarse cuidadosamente su peso específico, ángulo de rozamiento y proporción de huecos de la escollera. Dada su importancia, deberán comprobarse experimentalmente por medio de los oportunos ensayos.

#### Art. 92. Terraplenado y compactación.

Durante la construcción de las presas de tierra deberá cuidarse que todo el cuerpo de la presa adquiera la compactación adecuada para obtener las condiciones óptimas de resistencia.

A tal fin, en el proyecto deberá preverse el grado de compactación que debe conseguirse, como asimismo la composición de las mezclas de tierras, límites de tolerancia admisibles en esta composición o en el grado de humedad, velocidad de ejecución, etc.

Es muy recomendable que el plan de ejecución vaya precedido de ensayos a gran escala, utilizando medios mecánicos del mismo tipo que los que se emplearán en obra.

Los materiales extraídos se transportarán desde la cantera al lugar del vertido por medios mecánicos. La composición granulométrica, humedad y demás características deberán ajustarse a lo ya previsto en el proyecto, y para determinarlos se recurrirá a los ensayos necesarios.

En cantera se determinarán periódicamente la humedad natural y la composición granulométrica que conducirán a las correcciones de composición y contenido de agua que deben hacerse antes del transporte a obra.

En general, resulta preferible que el vertido se haga por tongadas y no en montones posteriormente extendidos, aunque este último sistema es aceptable si se cuida de que el reparto se lleve a cabo con suficiente uniformidad. El espesor máximo de las tongadas y el máximo tamaño admisible de los terrones dependerán de la naturaleza de las tierras y de los medios mecánicos de compactación de que se disponga.

Con los medios corrientes, el espesor de las tongadas puede ser de unos 15 a 25 cm., según sean las tierras más o menos coherentes, y el tamaño máximo de los terrones no deberá exceder de 15 cm.

La compactación podrá hacerse con rodillo (acanalado, de patas de cabra o neumático), o bien con vibradores, según las características del material y en especial la del predominio de las arcillas o arenas en su composición. Siempre será necesario ensayar sobre el terreno el tipo de compactador más adecuado.

El grado de compactación se determinará mediante determinación «in situ» de la densidad del terraplén construido.

La unión del cuerpo de la presa con el terreno se facilitará humedeciendo el terreno después de escarificado éste. Especialmente deberá cuidarse el relleno de la zanja del rastrillo, evitando quede en ella material extraño que pueda perjudicar la impermeabilidad.

Durante la construcción de la presa deberán tomarse muestras del cuerpo de la misma por medio de sondas u otro medio, cuyas muestras se someterán en laboratorio a la determinación de su densidad y contenido de agua, a fin de comprobar la conformidad de los resultados con las previsiones del proyecto. Estas muestras se deberán tomar al menos cada cinco metros de profundidad y en puntos diversos de la obra, especialmente en los sitios de compactación más difícil o menos regular, como en zonas próximas a obras de fábrica, en los bordes o lugares de giro de los elementos de compactación y en la parte superior del cuerpo de presa.

En las regiones y en las épocas lluviosas deberán tomarse precauciones especiales, disponiendo los trabajos de forma que el agua de lluvia pueda evacuarse fácilmente y no se encharque la superficie. Los trabajos de consolidación se suspenderán en caso de lluvia hasta que puedan conseguirse de nuevo las condiciones de humedad óptimas.

La construcción de la presa deberá hacerse con un perfil superabundante, respecto del previsto en el proyecto, a fin de prever los asentamientos de cimientos y presa, cuyos asentamientos también ser objeto de atención y examen continuo.

Después de construida y asentada suficientemente la presa se procederá al perfilado y recubrimiento de protección de los paramentos.

#### Art. 93. Control de humedad.

Para asegurar el grado de compactación deseable, es imprescindible controlar en todo momento el grado de humedad de tierras, procurando que se acerque todo lo posible a la óptima.

Se recomienda efectuar la humectación de las tierras en cantera, añadiendo el agua necesaria y homogeneidad luego por medio de arados de discos, gradas u otros procedimientos adecuados. No obstante, en tiempo caluroso, puede ser conveniente una aspersión superficial de las tierras extendidas en obra para compensar las pérdidas por evaporación.

El contenido de humedad debe vigilarse constantemente por medio de la resistencia a la penetración estableciendo la relación entre ambos con ensayos de muestras compactadas en laboratorio.

#### Art. 94. Ejecución de escolleras.

Deberá establecerse un control en cantera para el examen de la escollera obtenida y comprobación de la calidad de la piedra (resistente y no heladiza, ni descomponible por los agentes atmosféricos) y la clasificación de tamaños.

Serán preferibles las piedras de forma redondeada, y en cuanto a su tamaño, será el máximo que permitan los medios de que se disponga para su manipulación y colocación.

El pedraplén de una presa de escollera debe adquirir la máxima compacidad posible. A este fin, si la construcción se hace por tongadas de pequeño espesor deberá compactarse por vibración u otros medios. Si el recrecimiento se hace por tongadas de gran espesor, deberá regarse la tongada con chorros de abundante agua a presión.

Antes de aplicar una capa de escollera la anterior debe presentar una superficie lo más rugosa y limpia posible, después de eliminar las piedras pequeñas que tuviere.

La mampostería en seco deberá construirse de forma que su terminación en los paramentos resulte lo más normal posible a ellos.

El replanteo de los paramentos durante la construcción deberá hacerse teniendo en cuenta los asentamientos y desplazamientos horizontales previsibles.

Si la impermeabilización es con pantalla deberán esperarse los primeros asentamientos de la escollera para iniciar la construcción de la capa de mampostería en seco, que servirá de asiento a la pantalla.

En cuanto a la propia pantalla de impermeabilización se construirá lo más tarde posible para dar el máximo tiempo para que se produzcan los asentamientos.

Si la impermeabilización es por núcleo de tierras, su construcción se ajustará a las mismas peculiaridades que en el caso de una presa de tierras.

#### Art. 95. Auscultación.

Durante la construcción deberán dejarse montados los elementos de medida que permitan determinar la magnitud de los asentamientos y corrimientos de la presa y cimentación, y las presiones de las tierras y del agua intersticial.

Igualmente se deberán registrar los niveles freáticos del agua en cimientos y cuerpo de presa, aguas abajo del elemento de impermeabilización, y adoptarse dispositivos para medir los caudales filtrantes recogidos por la red de drenaje.

## MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

ORDEN de 29 de julio de 1962 por la que se aprueba el Plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias—Sección de Químicas—de la Universidad de Barcelona.

Ilustrísimo señor:

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 y en la disposición final del Decreto de 11 de agosto de 1953, y de acuerdo con la propuesta formulada por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona y previo informe del Consejo Nacional de Educación.

Este Ministerio ha resuelto aprobar el siguiente plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias (Sección de Químicas) de la Universidad de Barcelona.

#### Primer curso (Selectivo)

Matemáticas.  
Física.  
Química.  
Geología.  
Biología.

#### Segundo curso

Ampliación de Matemáticas.  
Química Inorgánica.  
Ampliación de Física Teórica (Mecánica, Electricidad y Óptica).

#### Estudios complementarios

Técnica de Taller y de Laboratorio.  
Idioma 1.º (Inglés o Alemán).

#### Tercer curso

Ampliación de Química Inorgánica.  
Química Analítica cualitativa.  
Física Industrial (Resistencia de Materiales, Termotécnica y Electrotecnia).  
Termodinámica Química.

#### Estudios complementarios

Idioma 2.º (Inglés o Alemán; el del 2.º curso).

#### Cuarto curso

Química Analítica cuantitativa.  
Química Física.  
Química Técnica (con prácticas de Dibujo Industrial).  
Química Orgánica.

#### Quinto curso

Ampliación de Química Orgánica.  
Tres asignaturas, a elegir entre las que se vayan estableciendo de las siguientes: