

MANUAL DEL VIGILANTE DE LA PRESA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

DGA
DIRECCIÓN
GENERAL DEL AGUA

MANUAL DEL VIGILANTE DE LA PRESA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

DGA
DIRECCIÓN
GENERAL DEL AGUA

MANUAL DEL VIGILANTE DE LA PRESA

Reedición 2024

Autor Dirección General del Agua

Fotografía de cubierta: Presa y embalse Barrios de Luna (León), cedida por Sacyr



**VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO**

**MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO**

Edita:
SUBSECRETARÍA
Gabinete Técnico

Manual del Vigilante de la presa (papel):
ISBN: 978-84-18778-56-8
NIPO: 665-25-002-4
Depósito legal: M-2539-2025

Manual del Vigilante de la presa (línea):
ISBN: 978-84-18778-57-5
NIPO: 665-25-003-X

Ilustraciones: Adrián Peláez. Tragsatec. Grupo Tragsa
Maquetación: Eva Vallejo. Tragsatec. Grupo Tragsa

PRÓLOGO A LA TERCERA EDICIÓN

Esta reedición del Manual del vigilante de la presa surge de la necesidad de seguir contando con un documento histórico que recoja la tarea, muchas veces silenciosa y discreta pero imprescindible, del vigilante de la presa, garante de que estas obras hidráulicas cumplan su función sin poner en peligro a la sociedad.

Este manual, aunque nació hace más de 50 años, concretamente en 1969 y se reeditó en 1984, ha sabido evolucionar a lo largo del tiempo sin perder su esencia. Su base histórica refleja la experiencia acumulada por expertos y técnicos que, durante décadas, han trabajado en la gestión y supervisión de presas en España. No obstante, la obra sigue siendo plenamente vigente en nuestros días. Esta nueva edición ha sido actualizada en algunos aspectos, sin perder de vista los principios básicos que han guiado la vigilancia de presas desde el principio: la observación meticulosa, el mantenimiento preventivo, y la respuesta oportuna ante cualquier señal de alarma.

Con esta tercera edición, desde la Dirección General del Agua esperamos seguir contribuyendo a la profesionalización y mejora continua de la vigilancia de presas y embalses en España, manteniendo vivo el legado de experiencia acumulada a lo largo de los años y abriéndonos a los desafíos del futuro. Este documento no solo es un referente histórico, sino una guía imprescindible que debe estar presente en el día a día de quienes velan a pie de presa por la seguridad y la eficiencia de nuestras infraestructuras hidráulicas.

Diciembre 2024

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN

Desde que se publicó, en el año 1969, la primera edición de este Manual, el número de presas construidas en España se ha visto incrementado considerablemente, ya que de las 611 que estaban en explotación en aquellas fechas se ha pasado actualmente a una cifra próxima al millar.

Esta evolución cuantitativa ha ido acompañada de un desarrollo cualitativo, que ha incorporado nuevas tecnologías a la construcción de presas. La creciente utilización de maquinaria para grandes movimientos de tierra y los mayores conocimientos sobre la mecánica de suelos y rocas han contribuido al importante aumento que ha experimentado la construcción de presas de materiales sueltos.

A finales de 1986, el número de presas de este tipo (tierras y/o escollera) representa un 23 por ciento del total de presas construidas, cuando en el año 1969 ese porcentaje era sólo del 10, aproximadamente.

Paralelamente a ese cambio en la tipología de las presas, han ido evolucionando los procedimientos de auscultación que permiten conocer el comportamiento de tales estructuras, de sus cimientos y de los terrenos que constituyen el vaso.

A tal efecto, es necesario medir las tensiones internas, la deformabilidad del cimiento (construido a veces por depósitos blandos) y su impermeabilidad; los asientos y desplazamientos de la propia estructura; presiones intersticiales, subpresiones y presiones en el contacto de zonas de distinta rigidez, etc. Para esta medición se han creado y perfeccionado aparatos de auscultación tales como las células para medir las presiones efectivas y totales, piezómetros, equipos de alta precisión para colimación y nivelación, redes geodésicas, estaciones de registro sísmico, extensómetros, medidores de asientos, etc.

La mayoría de la instrumentación moderna funciona mediante sistemas hidráulicos, oleo hidráulicos, neumáticos o eléctricos; en cambio, los sistemas mecánicos tienen cada vez menor ámbito de aplicación.

La toma de datos facilitados por los nuevos aparatos de auscultación, que obliga al empleo de medidores de gran complejidad, exige, en ocasiones, la presencia de un equipo de especialistas.

Pero ello no resta importancia a la actuación del Vigilante de la Presa, capaz de conocer con sus propios medios, su experiencia y, sobre todo, a través de sus comprobaciones visuales en los recorridos por el interior y exterior de la presa, las pautas de comportamiento de la estructura, al observar la variación de caudales de filtración, la aparición de fisuras o grietas, etc., lo que permitirá tener una orientación acerca de los parámetros que requieren ser medidos con mayor asiduidad y cuidado.

Otro aspecto en el que es esencial la labor del Vigilante de la Presa es en el control de avenidas, cuyas consignas de actuaciones deben figurar en las Normas de Explotación, que deberá conocer perfectamente, para poder informar y obrar en caso de ocurrencia de riadas.

La conservación de la presa es otro de los cometidos permanentes del Vigilante, que ha de estar pendiente de la limpieza de galerías, de que la iluminación tanto exterior como inferior funcione adecuadamente, del engrase de mecanismos, del correcto funcionamiento de los grupos electrógenos y de la señalización.

La ampliación de sus conocimientos y un entrenamiento permanente debe ser preocupación constante de la Superioridad para conseguir que la figura del Vigilante de la Presa tenga el prestigio y la confianza de toda la sociedad para la que tan útilmente trabaja.

Diciembre de 1986

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Se escriben las presentes líneas a modo de homenaje de gratitud al personal de guardería de las presas que, bajo las órdenes del Ingeniero director de la obra o de su explotación, cumple con fidelidad el importante cometido que se les tiene asignado: observar meticulosamente, denunciando con prontitud, cualquier posible variación que haga sospechar un comportamiento anormal de la obra o del terreno.

La observación no es otra cosa que una conversación técnica e íntima con la presa, con entera voluntad de servirla en su función básica: poner a disposición del país los imprescindibles beneficios del agua embalsada y alejar cualquier indicio de peligrosidad que pudiera derivarse.

Se comprende que para establecer esta conversación no bastará la simple observación directa, por muy detenida que se haga; pueden existir señales interesantes que escapan a los sentidos humanos. Es necesario pues, completarla con medidas en ciertos dispositivos (péndulos, aforadores, piezómetros, etc.) para así obtener la exactitud requerida.

Por lo que respecta al modo de hacer la observación, no es posible establecer unas normas completas aplicables a todas las presas (cosa que, por otro lado, no es la intención de este escrito), pero sí queremos aclarar unas ideas generales de aplicación frecuente y, sobre todo, sentirnos identificados con el personal a quien van dirigidas. Las presas son, posiblemente, las piezas más importantes en la garantía de la supervivencia de todos. Bien merece que unos pocos hombres dediquemos nuestros esfuerzos, con tesón y alegría, a asegurar su funcionamiento y alejar cualquier posible peligro que de ellas puede desprendese.

Diciembre de 1969

ÍNDICE

PRIMERA PARTE. PRESA Y TERRENO

I.	Del concepto de seguridad de la presa.....	13
II.	De los planos y del conocimiento de la presa	16
III.	De los gráficos cronológicos y de los gráficos entrelazados.....	21
IV.	De los pendulos	26
V.	De los péndulos inversos	29
VI.	De otras disposiciones de los péndulos.....	32
VII.	De los medidores de juntas	35
VIII.	De las filtraciones, su aforo y análisis.....	37
IX.	De la subpresión	43
X.	Del nivel freático (piezométrico)	50
XI.	Más acerca de la permeabilidad y de las filtraciones.....	52
XII.	De los clinometros, medidas topográficas, etc.....	54
XIII.	De la temperatura	57
XIV.	De los mecanismos de los desagües y aliviaderos.....	58
XV.	De los accesos, caminos, comunicaciones, etc.	59

SEGUNDA PARTE. VIGILANTE DE LA PRESA

ACTUACION DEL VIGILANTE DE LA PRESA.....	65
EPILOGO.....	75
GLOSARIO.....	81

PRIMERA PARTE

PRESA Y

TERRENO



PRIMERA PARTE

PRESA Y TERRENO

I. DEL CONCEPTO DE SEGURIDAD DE LA PRESA

La PRESA, como toda acción trascendente realizada por el hombre, requiere una vigilancia eficaz que permita eliminar, por una actuación rápida, cualquier peligro que pudiera presentarse. Para que esto pueda efectuarse correctamente, debe responder tal obra a los siguientes principios:

- a) Estar dotada de dispositivos que permitan comprobar, de manera rápida y elemental, si lo imaginado (proyectado) se verifica.
- b) Accesibilidad a los lugares desde donde puedan hacerse las correcciones o reparaciones, en el caso de que el supuesto anterior no se verifique y, en consecuencia, sea necesario un refuerzo de la obra.
- c) Disponer de un sistema de defensas que aminoren automáticamente los riesgos que pudieran desprenderse de una avería accidental.
- d) En caso extremo, la posibilidad de poner la obra fuera de servicio, en un tiempo prudencial, eliminando de esta manera todo riesgo que de ella pudiera desprenderse.

Respecto al apartado a), comprobar si lo hecho corresponde a lo pensado (proyectado), se comprende es una medida elemental que debe tomarse en cualquier acción o trabajo de importancia y, en consecuencia, resulta indispensable por lo que se refiere a una presa.

Una observación directa y concienzuda del comportamiento de la presa se hace indispensable, pero es evidente que la sensibilidad de las personas es limitada. Es pues, también indispensable, acudir a ciertos dispositivos que nos permitan ampliar el conocimiento del comportamiento de la presa.

Esto es lo que se hace mediante mediciones; por ejemplo, los péndulos nos permiten comprobar si los desplazamientos relativos de la presa son los que corresponden a una obra con la necesaria seguridad. Igualmente, la evolución de las filtraciones y subpresiones en lugares determinados, son datos importantes; de aquí la importancia de los dispositivos que permiten estas medidas. Otros muchos aparatos y disposiciones, que más adelante consideramos, contribuyen igualmente a controlar el estado de seguridad de la presa y sus posibles variaciones. En general, una presa estará en mejores condiciones de comprobar su estado de seguridad si dispone de suficientes galerías, accesos a lugares de interés, conductos de observación y drenaje, etc. etc., dispositivos que permiten una inspección directa y eficaz, e igualmente, facilitan la instalación de aparatos y controles para ampliar con medidas rápidas las observaciones directas. Este tema es de una importancia fundamental en la concepción de la presa, no insistiendo sobre él por no ser este su lugar.

Respecto al apartado b), facilidad de acceso a los lugares desde donde sea posible aplicar refuerzos, en el caso de que estos sean aconsejables, es más bien un tema relacionado con el proyecto de la presa, por lo que no insistimos acerca del mismo. En cierto modo participa del siguiente.

Apartado c), dispositivos que aminoran automáticamente el peligro derivado de posibles accidentes. En presas de fábrica se destaca, por ejemplo, el sistema de drenaje, que a su vez participa del apartado a) e incluso del apartado b), en caso de inyecciones o tensado de cables. En presas de materiales sueltos, además del drenaje deben citarse los FILTROS, que defienden los núcleos impermeables de posibles fisuras y arrastres. La atención que merece esta clase de dispositivos es incuestionable.

Y por lo que respecta al apartado d), posibles medios para, en caso extremo, poner temporalmente la presa fuera de servicio o con embalse limitado, se destacan fundamentalmente los órganos de desagüe, especialmente los situados a cierta profundidad y de suficiente capacidad.

El cuidado y vigilancia de los mecanismos correspondientes resulta pues, asunto de la mayor importancia.

En resumen, una presa, en lo que se refiere a su seguridad, debe estar dotada de dispositivos que nos permitan comprobar su comportamiento, aminorar esfuerzos de forma rápida y natural y, en último extremo, poder limitar la altura de su embalse en un período determinado. La vigilancia y conservación de tales dispositivos, así como las observaciones y medidas pertinentes en los mismos, son misión principal del personal encargado de la vigilancia de la presa.

II. DE LOS PLANOS Y DEL CONOCIMIENTO DE LA PRESA

Como todas las cosas a las que queremos bien servir, la presa hay que conocerla en todos sus detalles.

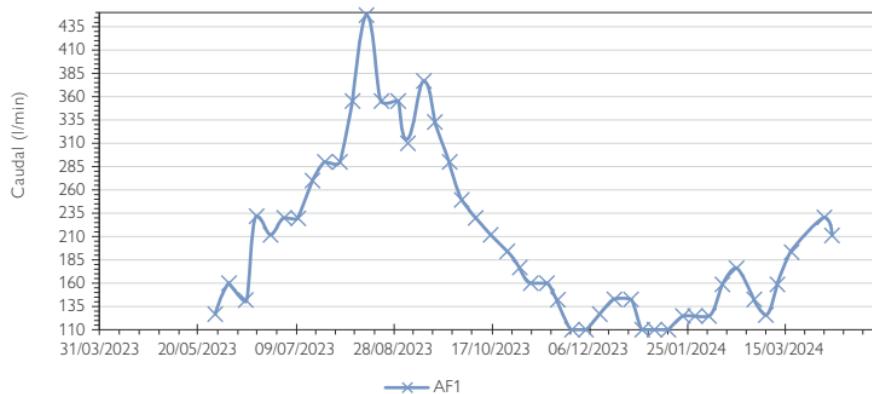
Una ayuda importante para adquirir este conocimiento nos la proporcionan los planos. Los planos que vamos a utilizar podemos clasificarlos en dos tipos: a) los que permanecen en la oficina, y b) los destinados a ser llevados en los recorridos que se efectúan.

Respecto a los primeros, pueden ser de cualquier tamaño, sobre todo si están destinados a fijarlos sobre tableros o tabiques para su rápido y mejor entendimiento.

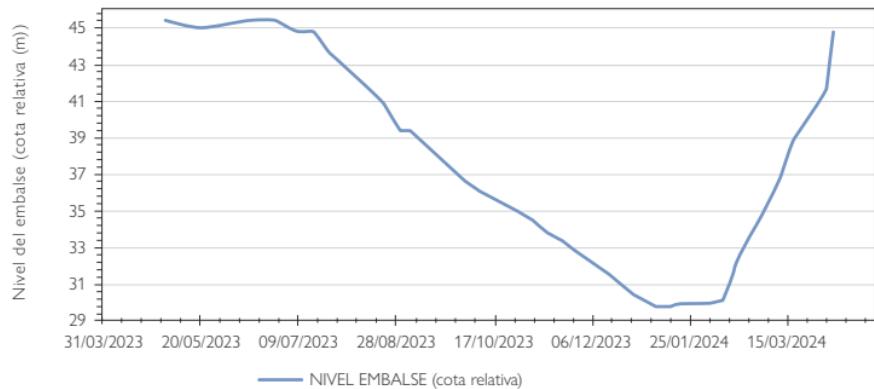
Los planos destinados a ser llevados en las visitas que se hacen regularmente a la presa deben ser manejables. La solución tipo desplegable (análoga a la que se emplea en ciertos mapas de carreteras) es la más apropiada. Aun así, debe evitarse que una misma figura quede partida por el doblez longitudinal (si lo hay). No debe olvidarse que la consulta de estos planos y las anotaciones que sobre los mismos se efectúan, se hacen muchas veces en condiciones difíciles, por lo que si son de manejo complicado resultan completamente inútiles. De estos planos desplegables conviene disponer en abundancia, ya que por el uso a que están destinados se deterioran fácilmente y, por otro lado, es preciso tener ejemplares disponibles para las inspecciones que se efectúen en la presa, independientemente de las que realiza el personal de esta.

En resumen, el personal encargado de la cotidiana vigilancia de la presa dispondrá de los planos necesarios para un mejor conocimiento de la obra. Esta documentación cartográfica puede clasificarse como: a) planos de oficina, en donde se anotarán las observaciones pertinentes, b) planos desplegables, de fácil manejo, destinados a las anotaciones que se recojan durante los recorridos de vigilancia. De estos últimos se dispondrá de suficiente número de ejemplares para cubrir los fines que se han señalado.

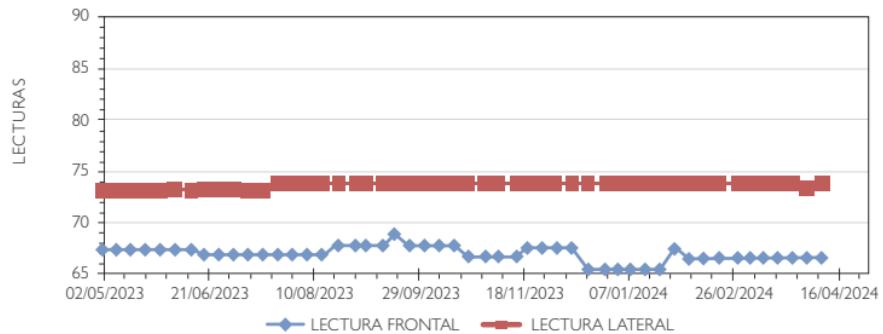
FILTRACIONES.AFORADOR



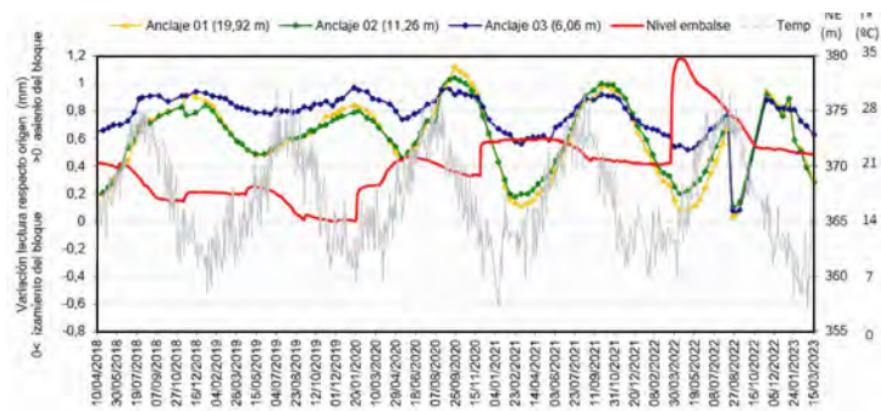
NIVEL DE EMBALSE



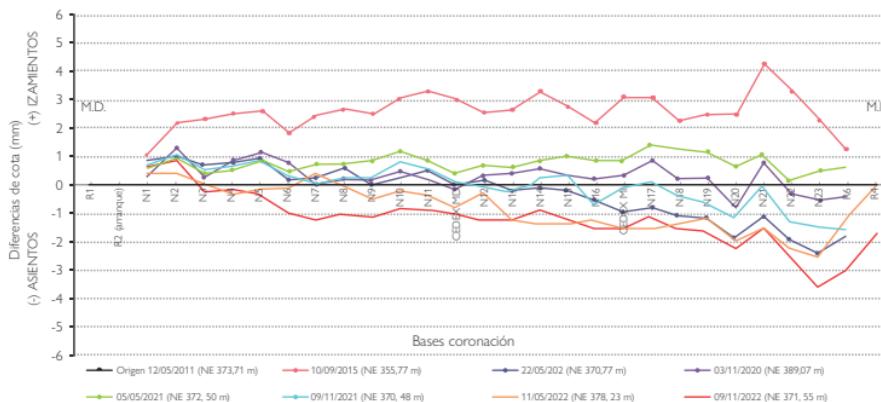
MOVIMIENTO DE PÉNDULO



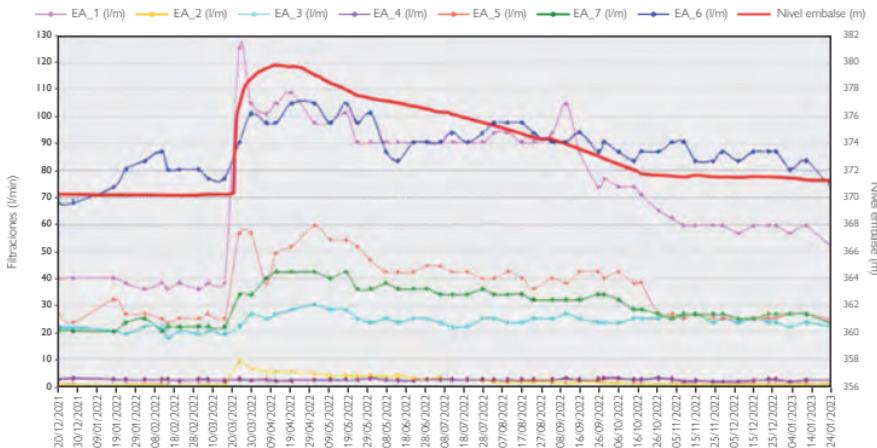
EXTENSÓMETROS DE VARILLAS Y TEMPERATURA



NIVELACIÓN



FILTRACIONES. AFORADORES



PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE

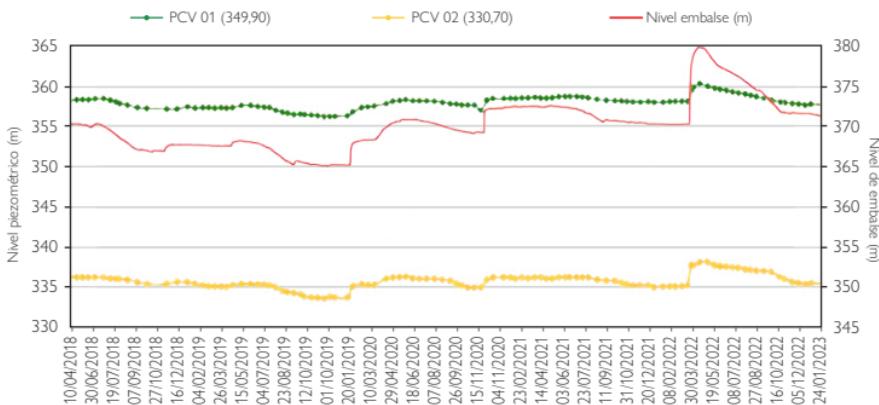


Figura 1.

III. DE LOS GRÁFICOS CRONOLÓGICOS Y DE LOS GRÁFICOS ENTRELAZADOS

Es necesario disponer del material corriente de oficina: cuadernos, compases, etc., utensilios que ni tan siguiera merecen mencionarse por ser de todos conocidos, así como de las nuevas tecnologías que tenemos a nuestro alcance. Vamos a tratar de la representación de un estadillo mediante un gráfico correspondiente a cualquier tipo de observación: si, por ejemplo, disponemos de un estadillo de las cotas que ha alcanzado el agua en un embalse en los sucesivos días del año, nos sería fácil llevarlo a un gráfico, utilizando papel milimetrado o simplemente papel cuadriculado. Bastará señalar en un borde del papel o en una paralela al mismo, espacios iguales que representen la sucesión de los días; luego, en las verticales correspondientes a estos espacios y a la escala elegida, la cota alcanzada por el agua en el embalse. Tenemos así una representación clara de la variación de niveles en el embalse, que acostumbra llamarse el **GRÁFICO CRONOLÓGICO** de los niveles.

De igual manera podríamos representar el gráfico cronológico de las filtraciones, o de una filtración determinada. También el gráfico cronológico del movimiento de un péndulo, temperaturas... en fin, el de cualquier movimiento o variación que nos interese observar.

Hemos mencionado solamente una recta de referencia (un borde del papel o una paralela al mismo) en donde vamos señalando espacios iguales, correspondientes a los días sucesivos, pero se comprende que en otra recta perpendicular a la primera (otro borde del papel) cabe señalar divisiones, a escala conveniente, que representen los diferentes niveles a que puede llegar el agua (si se trata del gráfico cronológico de niveles) o en el caso de una filtración, los diferentes caudales que pueda alcanzar la misma, y así con otra cualquier medida. Tenemos de esta forma dos ejes en el gráfico, que nos permitirán conocer para una fecha determinada el dato correspondiente a la misma, ya se trate del nivel del embalse, caudal

de una filtración, desplazamiento de un péndulo, etc. (naturalmente, para cada una de estas medidas hace falta un gráfico diferente). Bastará referir el punto del gráfico, correspondiente a una fecha determinada, al eje de referencia (nivel del embalse, etc.), para lo cual será necesario, desde dicho punto, trazar una paralela al eje correspondiente de las fechas (dicha paralela no hace falta materializarla por estar ya marcada en el papel milimetrado o cuadriculado), y leer en la otra recta o eje de referencia el dato correspondiente.

Si bien estos gráficos cronológicos (niveles de embalse, filtraciones, movimientos de péndulo, etc.) son muy valiosos, resulta conveniente dibujar también otros gráficos relacionando, en forma análoga, las variaciones que queremos observar con la altura o cota del agua alcanzada en el embalse. Antes de hablar de ellos haremos unos comentarios que nos servirán para aclarar la necesidad de estos nuevos gráficos.

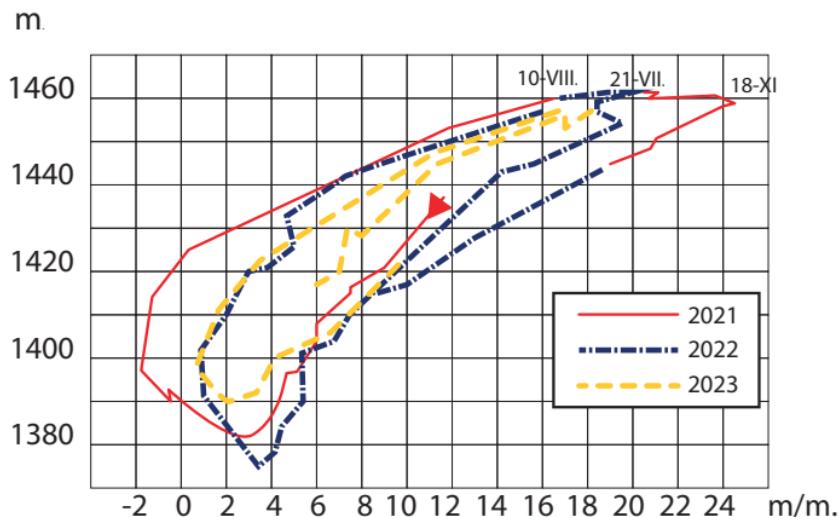
Si todos estamos de acuerdo en que, a cualquier escrito, documento, etc. que se relaciona con el discurrir de nuestras vidas, conviene ponerle fecha, en lo que se refiere a una presa interesa algo más. No solamente la fecha, sino también la cota alcanzada por el agua del embalse en esa fecha, ya que, intuitivamente, nos acude la idea de que todo lo que se relaciona con una presa está ligado al nivel alcanzado por el agua del embalse.

Un ejemplo nos aclarará lo que hemos tratado de exponer en el párrafo anterior: si se nos dice que el desplazamiento de un péndulo el 25 de abril de 2023 era de 5 milímetros y que el desplazamiento de ese mismo péndulo el 25 de mayo de 2023 es de 30 milímetros, con sólo esas referencias, no nos formamos una idea clara de lo que le pasa a la presa. Hubiese sido necesario conocer en cada fecha la cota alcanzada por el nivel del embalse.

Vista la necesidad de tener presente el nivel del embalse, vamos a estudiar ahora otros gráficos en los cuales aparece siempre este dato. Nos bastará

tomar por referencia en uno de los ejes los niveles del embalse y en el otro el dato que queremos estudiar, por ejemplo, el desplazamiento de un péndulo. No cabe duda de que, de esta forma, podremos dibujar un gráfico que hemos ido confeccionando por puntos, marcando para cada nivel del embalse, en la paralela al eje de la escala de desplazamientos, a partir del punto que señala el nivel correspondiente, el valor de dicho desplazamiento. Estos gráficos, cuando se dibujan para repetidas subidas y bajadas del embalse, se presentan en forma de lazos, por lo cual los designaremos con el nombre de GRÁFICOS ENTRELAZADOS. Así tendremos el gráfico entrelazado de los desplazamientos de un péndulo, el gráfico entrelazado de una filtración, etc.

MODELO DE GRÁFICO ENTRELAZADO



MOVIMIENTOS RADICALES DEL PÉNDULO EN FUNCIÓN DEL NIVEL DEL AGUA

Tal como queda descrito, el gráfico entrelazado expuesto tiene el inconveniente de que no aparecen las fechas correspondientes a los diversos puntos figurativos del mismo. Esto puede subsanarse escribiendo al lado de estos puntos la fecha. Claro está que el exceso de escritura haría el gráfico confuso, por lo cual sólo se señalan con la fecha los puntos más destacados.

En resumen, el papel milimetrado o cuadriculado nos permite dibujar fácilmente los gráficos cronológicos de los datos más relacionados con una presa (nivel del embalse, aforo de filtraciones, desplazamientos de péndulos, temperaturas, etc.). También resulta fácil dibujar los gráficos entrelazados, para lo cual uno de los ejes del gráfico debe destinarse a la escala de niveles de embalse y el otro al dato que deba estudiarse (aforo de filtraciones, desplazamiento de péndulos, etc.). En estos últimos gráficos debe ponerse la fecha al lado de los puntos más característicos de la representación.

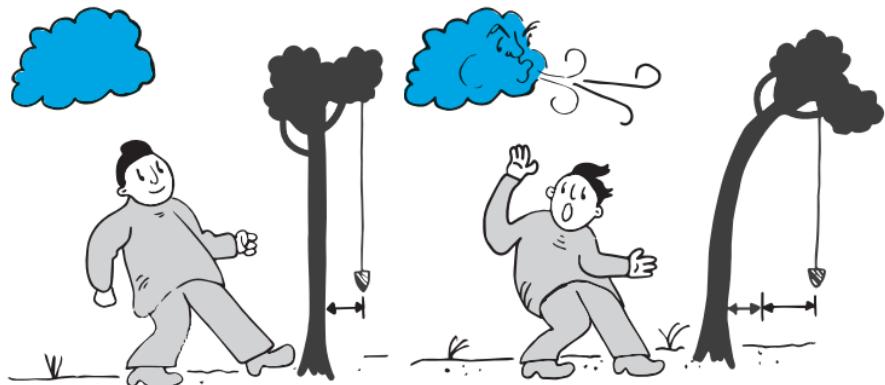


Figura 3.

...veremos que su tronco se curva, si de una de las ramas hemos colgado una plomada...

IV. DE LOS PENDULOS

Todo cuerpo sometido a esfuerzos sufre unas deformaciones más o menos apreciables por nuestros sentidos. Si nos apoyamos contra un árbol lo suficientemente débil, veremos que su tronco se curva. Si de una de las ramas hemos colgado una plomada o PÉNDULO, observaremos que el extremo de la misma experimenta un desplazamiento respecto al árbol.

Análogamente, en una presa se producirán desplazamientos o movimientos debidos al empuje que sobre ella ejerce el agua del embalse. Siguiendo los movimientos de un péndulo fijado en la coronación y cuya pesa llegue a la cimentación (por ejemplo a la galería de fondo), podremos determinar el desplazamiento de la coronación respecto a la galería (figuras 3 y 4) para diferentes alturas del agua en el embalse y, en consecuencia, dibujar el gráfico cronológico y, mejor aún, el gráfico entrelazado del movimiento del péndulo (en este último caso los ejes de escalas son el de las cotas del agua en el embalse y el de los desplazamientos del péndulo).

Naturalmente que, si estas mediciones las tuviésemos que hacer en el suelo directamente, además de ser muy incómodo, resultarían poco precisas. Las referencias necesarias se toman sobre el hilo (en las cercanías de la pesa) y mediante un dispositivo adecuado.

El más cómodo de estos dispositivos consiste en una PLANCHETA fijada, por ejemplo, a una de las paredes de la galería. El hilo del péndulo atraviesa la plancheta por una abertura lo suficientemente holgada.

El desplazamiento del hilo respecto a la plancheta se mide mediante un procedimiento directo. La plancheta tiene en cada uno de sus dos bordes, que son reglas curvadas y graduadas en milímetros, un visor deslizable; además existen dos conos de referencia fijados en la plancheta. Basta con mover cada visor de manera que quede alineado con el hilo y el cono de referencia correspondiente. Las lecturas se hacen en las reglas graduadas de los bordes (figura 4).

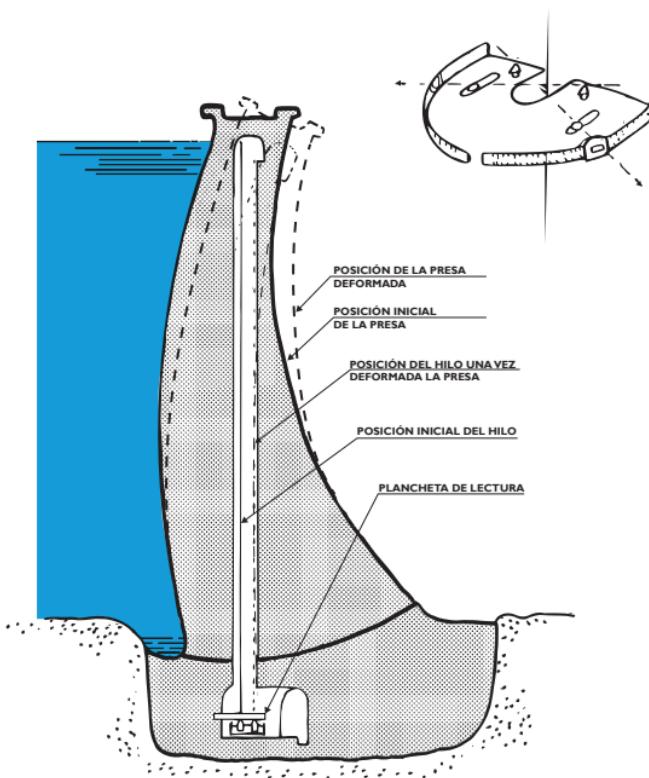


Figura 4.

Péndulo y plancheta

No pretendemos que las explicaciones anteriores basten para comprender el manejo de las lecturas que hay que efectuar en un péndulo; además, este dispositivo es diferente según el tipo y, por consiguiente, conviene más aprender el manejo a la vista de los dispositivos a usar. Solo hemos pretendido dar una idea general, destacando la medida del péndulo mediante visores que, entre otras, tienen la ventaja de quedar fijos después

de la lectura y es inmediato comprobar si ha habido movimiento en el péndulo en las sucesivas visitas de vigilancia. Esta ventaja lleva a colocar planchetas de este tipo aún en los péndulos con dispositivos de medida más precisos, los cuales se reservan para el estudio más meticuloso de los desplazamientos.

En resumen, los péndulos con dispositivo de medida consistente en plancheta provista de visores directos son de fácil manejo; además, permiten averiguar inmediatamente cuándo existe variación en los movimientos. Por estas ventajas suele acoplarse la plancheta con visores aún en los péndulos con dispositivos de medida más precisos.

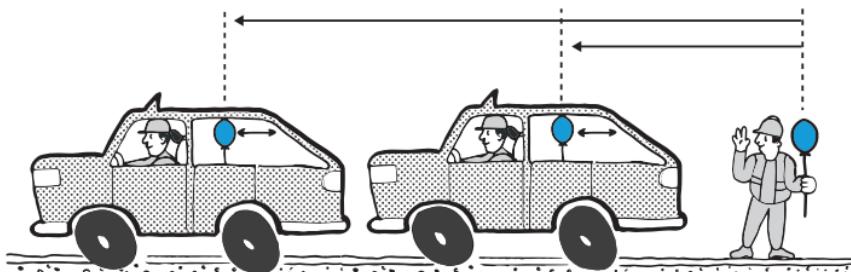


Figura 5.

...al igual que lo que sucede en un coche que se mueve...

V. DE LOS PÉNDULOS INVERSOS

Uno de los movimientos posibles en una presa es que, debido al empuje del agua del embalse, se desplace hacia abajo deslizando sobre una zona del terreno. Esta clase de movimiento no sería acusado por los péndulos, tales como los hemos definido en el apartado anterior, puesto que, al igual de lo que sucede en un coche que se mueve, no es posible medir el desplazamiento respecto al terreno tomando medidas entre dos puntos del interior del vehículo. Será necesario tomar medidas entre un punto fijo del terreno y otro del interior del vehículo; en nuestro caso, este último punto pertenece al cuerpo de la presa, en su cimentación.

En la realidad el problema planteado, (movimiento de una presa respecto a una zona del terreno) se resuelve fácilmente mediante los PÉNDULOS INVERSOS. El péndulo inverso consiste en un flotador que mantiene vertical un hilo, fijado éste a su vez por un anclaje situado en el terreno, a cierta profundidad. Dispone, al igual que el péndulo directo, de elementos para medir el desplazamiento del hilo y, naturalmente, el empleo de planchetas con visores es recomendable, incluso en el caso de que se disponga de un dispositivo para medidas de más precisión (fig. 5 y 6). En las presas, el hilo se fija en el terreno en el fondo de un sondeo o pozo profundo, y la plancheta de medidas en la galería de fondo o perimetral.

En resumen, el deslizamiento de una presa respecto al terreno puede medirse mediante péndulos inversos, en los cuales las medidas se efectúan con igual sencillez que en los péndulos directos.

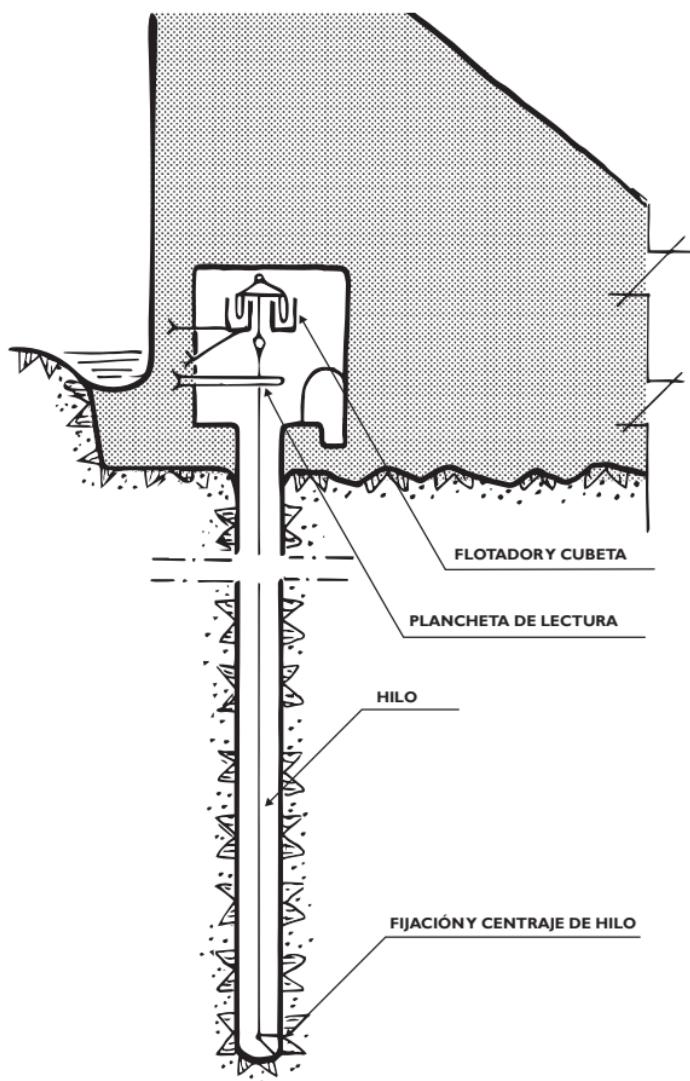


Figura 6.1

Péndulo inverso

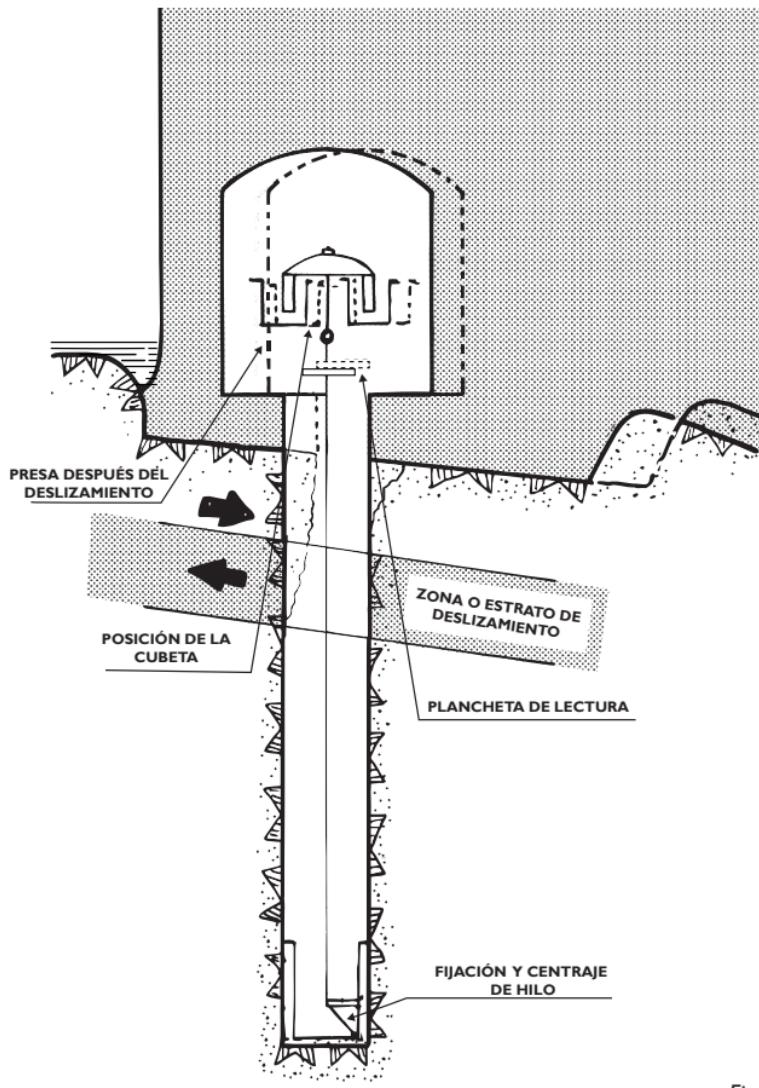


Figura 6.2

Péndulo inverso

VI. DE OTRAS DISPOSICIONES DE LOS PÉNDULOS

En un mismo péndulo, cuyo hilo atraviesa diversas galerías, si se disponen en estas planchetas de medidas, se podrán medir los desplazamientos que sufre la presa a diferentes alturas y, de esta manera, dibujar la nueva forma o deformada de una vertical de la presa como consecuencia de las fuerzas que actúan (empuje del agua, efectos de temperatura, etc.). En nuestro caso del árbol, viene a ser como determinar los desplazamientos que sufre el tronco en diversos puntos, a consecuencia del empuje del viento, o de la acción de nuestro peso.

Otra disposición que permite medir el corrimiento o deslizamiento de la presa respecto al terreno, prescindiendo del flotador, es la que suele llamarse HILO DE FUNDACIÓN.

Consiste esta disposición en un péndulo cuyo punto de fijación se sitúa en el terreno, a suficiente profundidad para que pueda admitirse que no sufre desplazamientos (en la figura 7, señalado con la letra P). El hilo se hace pasar por un juego de poleas, fijadas a una cierta cota (por ejemplo, en la galería de coronación de la presa, posición que designamos en la figura con la letra XK). La pesa del péndulo alcanza la cimentación (galería de fondo) y en sus proximidades se establecen dos planchetas, una correspondiente a cada ramal de hilo del péndulo (en la figura 7 señaladas con las letras A y B respectivamente).

En la plancheta A, correspondiente al ramal de la pesa del péndulo, se miden los desplazamientos correspondientes al punto K de la presa. En realidad, esta zona del dispositivo es un simple péndulo directo.

En la plancheta B, correspondiente al punto de fijación, en el caso de que no exista movimiento de la presa respecto al terreno, sino solamente un giro de la presa respecto a su cimiento, por efecto del agua, etc., se mide el desplazamiento del punto XK, pero en la relación de distancias PB a

PK. Si existe sólo corrimiento de la presa respecto al terreno (traslación) la plancheta B mide este corrimiento, pero en la proporción de distancias KB a KP.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que el corrimiento de la presa respecto al terreno viene dado por la expresión:

$$\text{corrimiento} = \frac{\text{PK}}{\text{KB}} \times \text{corrimiento B} - \frac{\text{PK}}{\text{KB}} \times \text{corrimiento A} \text{ es decir,}$$
$$C = \frac{\text{PK}}{\text{KB}} \cdot b - \frac{\text{PK}}{\text{KB}} \cdot a$$

En resumen, la frecuente disposición de péndulo inverso con flotador puede sustituirse por la disposición de péndulo con hilo de fundación, con lo cual se evitan los flotadores, si bien la medida no resulta tan directa. Existen asimismo otras muchas disposiciones de los péndulos, las cuales pueden ser útiles en algunos casos.

Este sistema de hilo de fundación permite utilizar taladros que no sean perfectamente verticales o que hayan salido desviados.

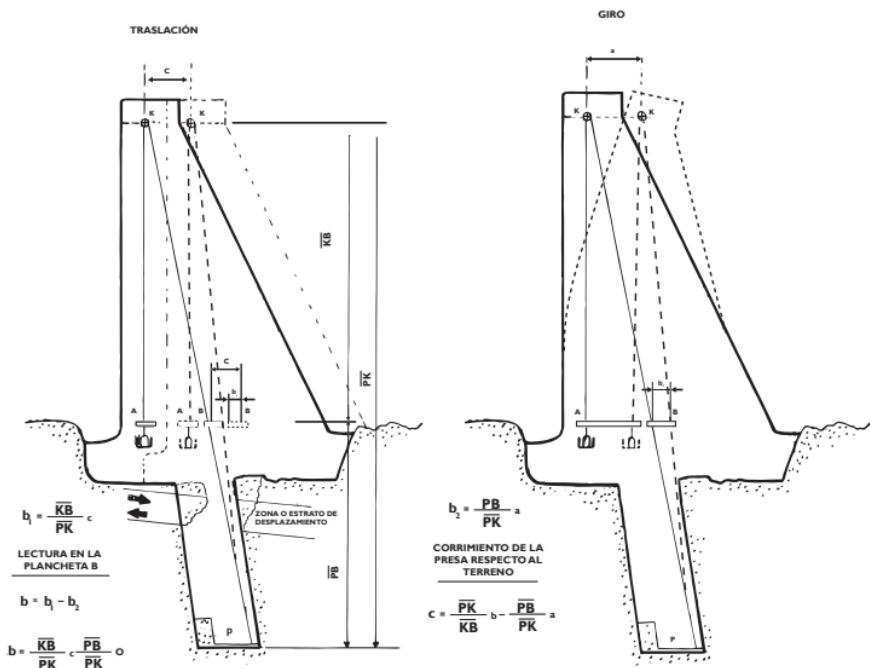


Figura 7.

Hilo de fundación

VII. DE LOS MEDIDORES DE JUNTAS

Es conocida por todos la necesidad de dejar juntas en el hormigón para que pueda seguir su proceso de endurecimiento sin agrietarse. Estas juntas sufren en el transcurso del tiempo algunas variaciones, que interesa observar por si acusan alguna anormalidad. Uno de los movimientos que puede sufrir la junta es la apertura o el acercamiento de sus bordes, pero también es posible el movimiento relativo de los bordes en un plano paralelo a la junta, en sentido vertical e, incluso, en sentido horizontal.

Respecto al primero de los movimientos, resulta fácil observarlo midiendo la distancia entre dos puntos, uno a cada lado de la junta, que se materializan mediante referencias metálicas de precisión. Un procedimiento cómodo para medir los tres movimientos apuntados, consiste en introducir, a cada lado de la junta, tochos metálicos, cuyas cabezas, que sobresalen del hormigón, están fundidas de manera que se solapan en las tres direcciones del espacio. Midiendo entre cabezas, en la dirección que nos interese, tenemos el problema resuelto (Figura 8).

De todas formas, para averiguar si ha existido movimiento en las juntas será necesario medir entre las referencias y aunque esta operación es fácil, requiere un cierto tiempo.

Con objeto de medir solamente en las juntas donde ha habido movimiento, es muy conveniente dejar TESTIGOS vulgares y emprender las medidas cuando estos testigos se han roto. En el caso de que exista en la junta el dispositivo de cabezas solapadas, se unen estas en las tres direcciones del espacio, mediante hilos confeccionados con resina epoxi u otro material análogo: la rotura de uno de estos hilos nos indicará si ha comenzado el movimiento en la junta en la dirección correspondiente. Lo dicho respecto a las juntas en lo que se refiere a sus posibles movimientos es aplicable a cualquier clase de fisura que aparezca de modo accidental.

En resumen, es fácil observar el movimiento en las juntas y posibles fisuras accidentales, mediante medidas entre referencias colocadas a cada lado. Para facilitar estas medidas conviene disponer testigos ordinarios que nos indiquen el comienzo de los movimientos.

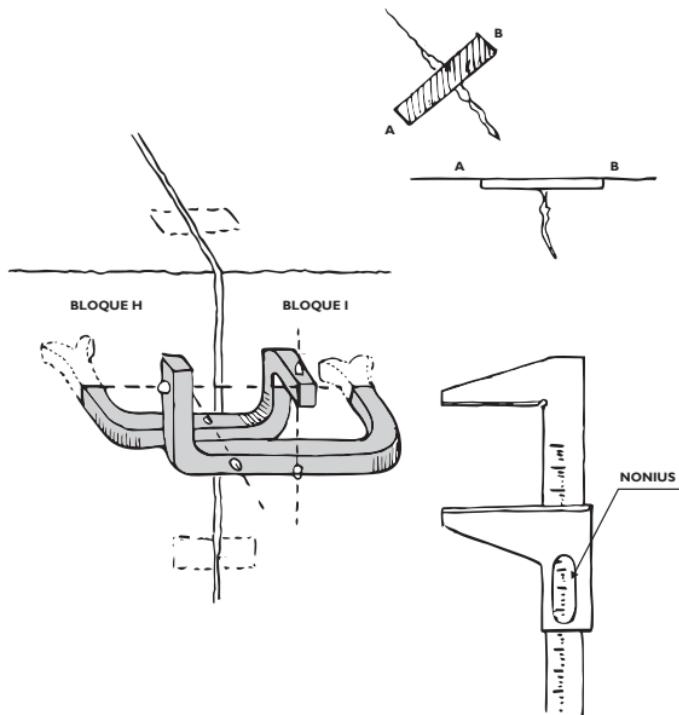


Figura 8.

Medidor de juntas y testigo

VIII. DE LAS FILTRACIONES, SU AFORO Y ANÁLISIS

El paso del agua de un embalse por otros lugares que no sean los previstos (tomas, desagües, aliviaderos, etc.), denota una limitación en nuestras pretensiones, sin que esto indique síntoma alguno de fracaso. Pero para que así sea, estas filtraciones deben estar perfectamente controladas y ser inofensivas para la estructura de la presa y del terreno.

Por otro lado, la observación del caudal de estas filtraciones y el de las presiones del agua en diferentes puntos de su recorrido, proporciona datos interesantes para juzgar el comportamiento de la presa y del terreno.

El sitio indicado para medir el caudal de estas filtraciones es el DRENAGE, dispositivo que no consiste sino en establecer un procedimiento eficaz para que las filtraciones salgan por lugares perfectamente controlados y al mismo tiempo aminorar la presión del agua infiltrada, tanto en la presa como en el terreno.

En casos accidentales pueden aparecer surgencias de agua por otros lugares distintos del drenaje. Filtraciones que será necesario controlar con el mayor cuidado, y si cabe, con mayor detenimiento que las correspondientes al sistema de drenaje. Igualmente, la presencia de humedades ya sea en la presa o en el terreno exige asimismo una observación rigurosa.

La forma de realizar los aforos es generalmente fácil e inmediata. Ante todo, debe disponerse la salida del agua de manera que sea cómodo su acceso y pueda situarse un recipiente graduado. En estas condiciones, con ayuda de un cronómetro, el aforo de los caudales es inmediato.



Figura 9.

...Filtraciones que será necesario controlar con el mayor cuidado...

Cuando las filtraciones son más caudalosas, se suele disponer como aforador un vertedero, consistente en una chapa metálica con una escotadura provista de las correspondientes graduaciones. Observando la altura a que llega el agua se determina el caudal correspondiente, mediante una fórmula, o más cómodamente, mediante una tabla de valores previamente calculada.

Si el volumen de filtraciones es muy variable, es conveniente utilizar aforadores con escotadura triangular, (fig. 12) que se adaptan mejor a caudales pequeños (punta del triángulo) y a caudales grandes cuando la altura h es elevada.

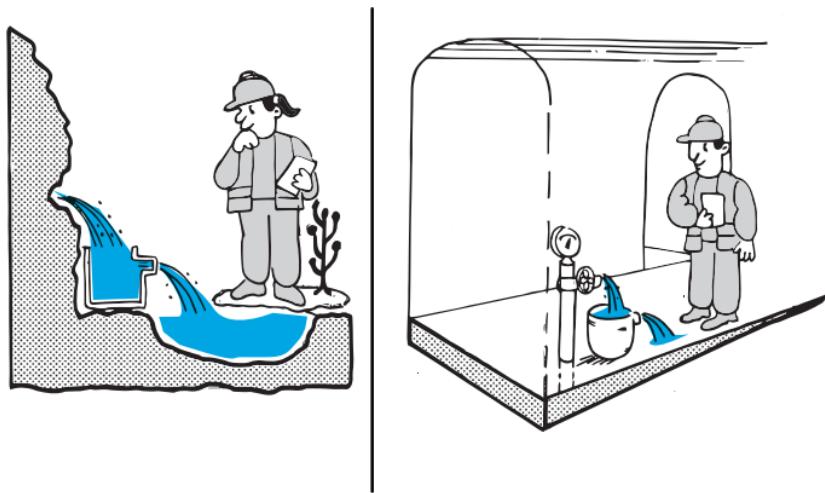


Figura 10.

...y pueda situarse un recipiente...

En el caso de humedades se hace necesario marcar sus límites con pintura, sin olvidarse de reseñar la fecha y la cota alcanzada por el agua en el embalse. Las materias depositadas por estas filtraciones, como los posibles arrastres de material, proporcionan indicaciones valiosísimas. Cuando se limpian las cunetas de las galerías, aforadores, etc., los depósitos deben pesarse y almacenarse en un lugar apropiado de manera ordenada. Respecto a los posibles arrastres, conviene hacer pasar el agua de las filtraciones por un DECANTADOR o FILTRO que nos indique de forma inequívoca la presencia o ausencia de tales arrastres.

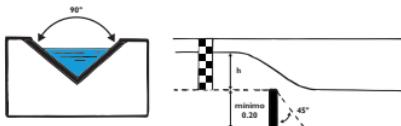
En resumen, el control de las filtraciones incluyendo, además de las que aparecen en el sistema de drenaje, las que accidentalmente pueden presentarse en el terreno o en algún lugar de la presa, es fundamental en lo que respecta a su seguridad. El aforo de filtraciones se realiza con facilidad, bien mediante vertedero graduado, o depósito graduado y cronómetro. Este control hay que extenderlo a las humedades, a los depósitos dejados por el agua y a sus posibles arrastres.



Figura 11.

...conviene hacer pasar el agua de las filtraciones por un filtro...

**CAUDALES EN LTS.POR SEGUNDO (q) Y EN MTS. CÚBICOS
POR DÍA (Q) EN FUNCIÓN DE LA ALTURA "h" EN CMTS. EN UN
VERTEDERO TRIANGULAR DE THOMPSON.**



h cmts.	q litros/seg.	Q m³/día	h cmts.	q litros/seg.	Q m³/día
0,5	0,002	0,173	26	47,817	4.131,389
1,0	0,015	1,296	27	52,519	4.537,642
1,5	0,040	3,456	28	57,486	4.966,790
2,0	0,082	7,085	29	62,724	5.419,354
2,5	0,142	12,269	30	68,238	5.895,763
3,0	0,223	19,267	31	74,032	6.396,365
3,5	0,328	28,339	32	80,109	6.921,418
4,0	0,457	39,485	33	86,476	7.471,526
4,5	0,612	52,877	34	93,135	8.046,864
5,0	0,795	68,688	35	100,093	8.648,035
5,5	1,007	87,005	36	107,351	9.275,126
6,0	1,251	108,086	37	114,916	9.928,742
6,5	1,526	131,846	38	122,790	10.609,056
7,0	1,834	158,458	39	130,978	11.316,499
7,5	2,178	188,179	40	139,484	12.051,418
8,0	2,555	220,752	41	148,312	12.814,157
8,5	2,972	256,781	42	157,459	13.604,548
9,0	3,425	295,920	43	166,949	14.424,394
9,5	3,917	338,429	44	176,765	15.272,496
10,0	4,450	384,480	45	186,918	16.272,715
11	5,639	463,882	46	197,412	17.056,397
12	7,001	604,886	47	208,250	17.992,800
13	8,541	737,942	48	219,437	18.959,357
14	10,268	887,155	49	230,975	19.956,240
15	12,188	1.053,043	50	242,868	20.983,795
16	14,309	1.236,298	51	255,120	22.042,368
17	16,635	1.437,264	52	267,733	23.132,131
18	19,174	1.656,634	53	280,714	24.253,690
19	21,931	1.894,838	54	294,062	25.406,957
20	24,913	2.152,483	55	307,783	26.592,451
21	28,124	2.429,914	56	321,878	27.810,259
22	31,571	2.727,734	57	336,354	29.060,986
23	35,278	3.048,019	58	351,210	30.344,544
24	39,191	3.386,102	59	366,453	31.661,539
25	42,187	3.644,957	60	382,084	33.012,058

Figura 12.

Aforador Thompson

IX. DE LA SUBPRESIÓN

En el apartado anterior hemos hecho mención a este tema, cuando nos referíamos a la presión a que se encuentra sometida el agua procedente de las filtraciones. Efectivamente, el agua que se filtra de un embalse, en las proximidades del lugar por donde se infiltra, tendrá una carga o presión igual a la del embalse en ese punto.

Conforme progresá hacia su salida irá perdiendo presión o carga, hasta igualarse con la presión atmosférica en el punto de surgencia. Esto, claro está, independientemente del caudal de la filtración que, incluso, puede ser tan reducido que no sea posible apreciarlo debido a su rápida evaporación.

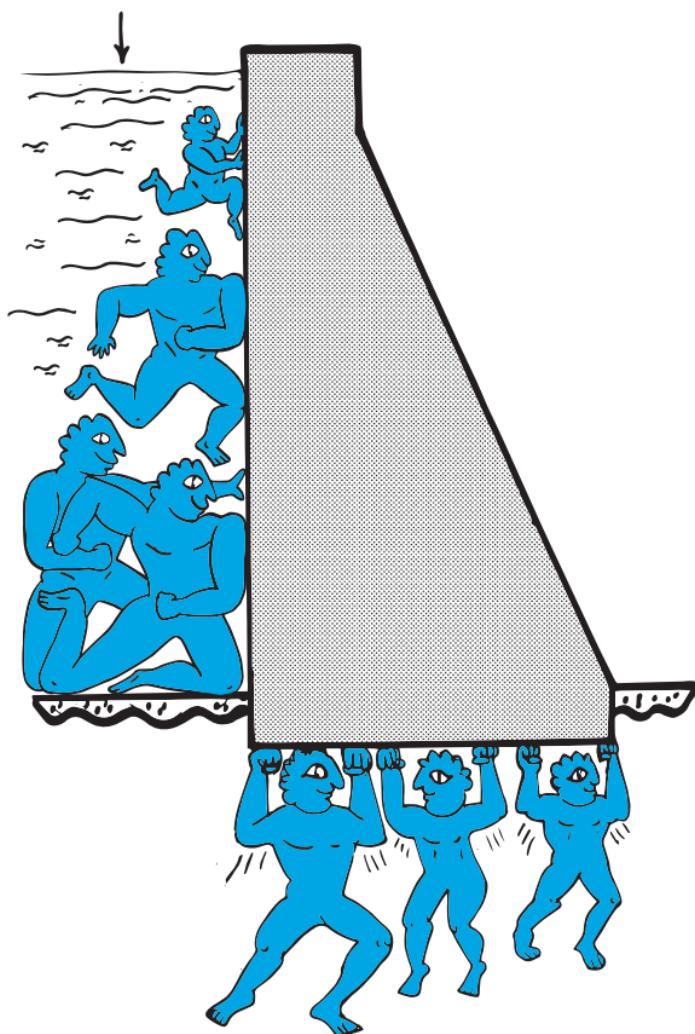


Figura 13.

Presa sin drenar

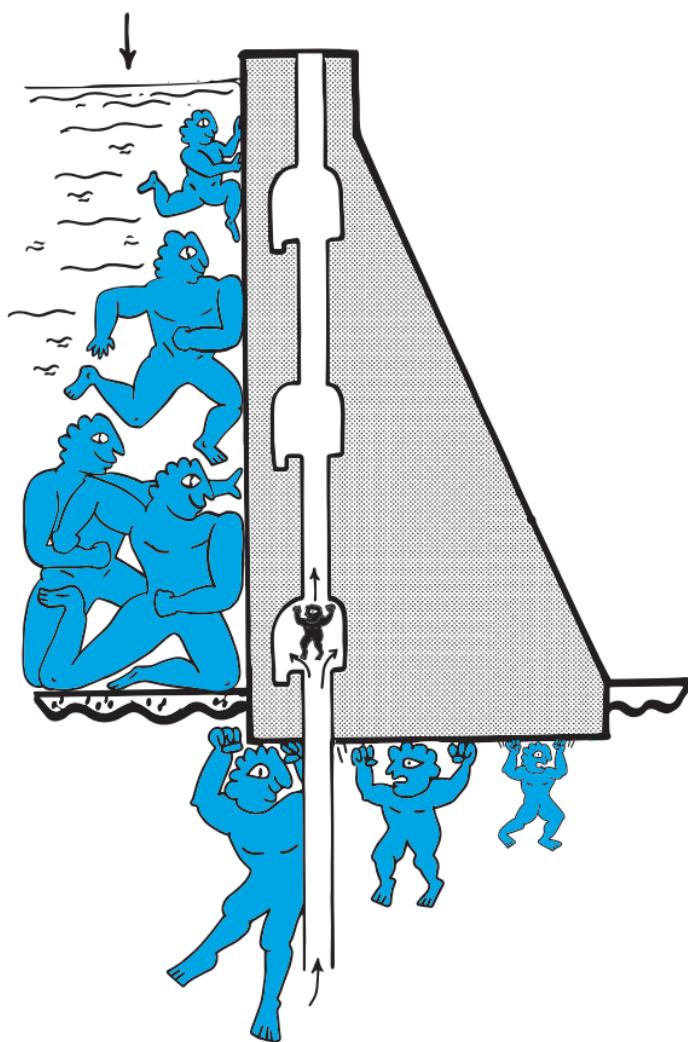


Figura 14.

Presa con drenaje

En otras palabras, dado que tanto el material de la presa como del terreno contiene poros, fisuras e intersticios, es necesario admitir que existe un paso de agua continuo desde el embalse hacia el exterior. Esta masa de agua, en el interior de la presa o del terreno, tiene presiones, que varían entre la carga o presión del agua en el embalse, en el punto de infiltración, y la presión atmosférica en el lugar de la salida, es decir, en la superficie del terreno o en el paramento de la presa.

Con esto no hemos querido otra cosa que destacar que el agua infiltrada puede estar sometida a grandes presiones y, como las superficies en donde actúan estas presiones son también grandes, por esta causa, la filtración del agua del embalse o del mismo terreno puede poner en peligro la seguridad de la obra. Como ya hemos dejado indicado en el apartado anterior, uno de los fines fundamentales del drenaje es aminorar las presiones existentes en el interior de la presa y del terreno. Lo dicho anteriormente justifica la necesidad de medir y vigilar la presión del agua que ocupa los intersticios o poros, a la cual se denomina presión intersticial y otras veces subpresión; especialmente cuando se trata de zonas de cimentación de la presa. La forma de medir estas presiones es sencilla. En muchos casos basta con introducir en un conducto, taladro, dren, etc., un OBTURADOR dispuesto con un manómetro, el cual nos indica la presión buscada (fig. 15).

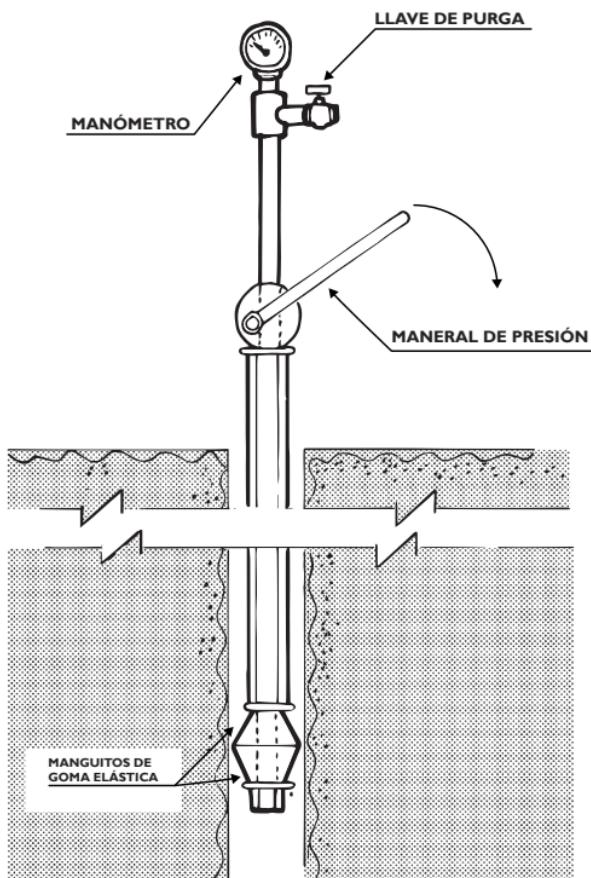


Figura 15.

Obturador. En instalaciones permanentes, el accionamiento de cierre mediante rosca evita el obstáculo que puede representar la palanca

En el caso de que se sospeche comunicaciones entre zonas por debajo del obturador o se trate de aislar con precisión una zona determinada, será necesaria la obturación por doble manguito, entre los cuales se sitúa la zona a observar (fig. 16).

También existen otros dispositivos o piezómetros cuyo manejo no ofrece dificultad. Conviene disponer el obturador no solamente con el manómetro sino también con un grifo, el cual permite ejecutar más fácilmente el cierre y, sobre todo, resulta de gran utilidad para aforar.

Aunque el obturador puede utilizarse en toda una serie de conductos, los más destacados deben permanecer constantemente con este dispositivo, naturalmente, con el grifo abierto en el período que no se miden presiones.

En resumen, mediante un obturador provisto de manómetro y grifo, puede medirse fácilmente la presión intersticial o subpresión existente en un conducto y también aforar la filtración.

TRASLACIÓN

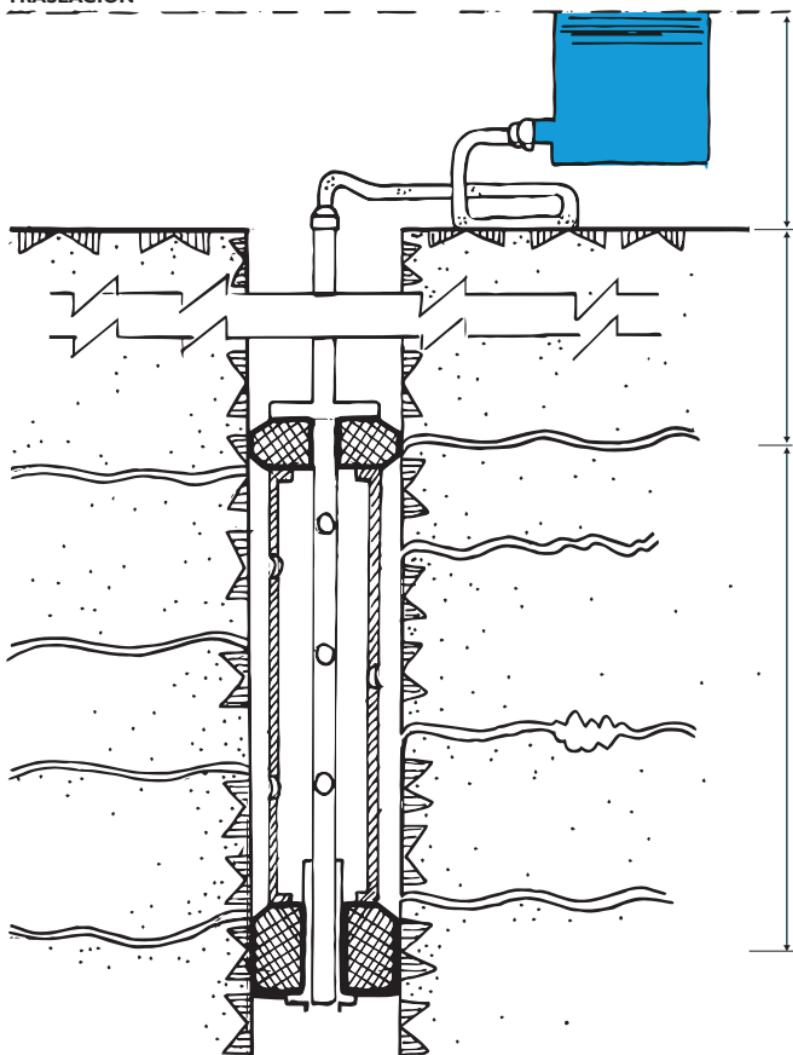


Figura 16.

Obturación con doble manguito

X. DEL NIVEL FREÁTICO (PIEZOMÉTRICO)

No siempre el agua en un conducto o sondeo alcanza la superficie. En estos casos interesa la cota del nivel a que queda el agua en el interior del conducto o sondeo. Si imaginamos una infinidad de sondes en una región, en los que el agua no es surgente, es decir, que queda en el interior de los mismos, la superficie que define el nivel a que queda el agua en cada sondeo, se denomina superficie del NIVEL FREÁTICO (PIEZOMÉTRICO) de esa región. En otras palabras, la superficie del nivel freático es variable.

En primer lugar, la estación del año influye sobre ella, e igualmente, si ha habido un período de grandes lluvias o grandes sequías. En segundo lugar, no por eso menos importante, si hemos actuado en el agua subterránea mediante captaciones, drenajes, etc. y, desde luego, si hemos establecido un embalse que, como hemos visto en el apartado anterior, dará lugar a filtraciones y a modificaciones en la carga o presión del agua subterránea.

Si seguimos recordando el apartado anterior podremos llegar a relaciones interesantes que nos ayudarán a comprender la cuestión en sentido más general, por lo que a un embalse se refiere. Cuando medimos la presión o carga que existe en el agua de un conducto o sondeo de la galería inferior, no hacemos otra cosa que determinar la altura a que llegaría esa agua si añadiésemos un tubo vertical exterior a dicho conducto. Pero esta altura o supuesta cota que alcanzaría el agua no es más que la superficie del nivel freático (piezométrico) que, claro está, en el lugar del conducto está por encima de su boca.

Al establecer un embalse se introduce una modificación sustancial en la superficie del nivel freático de la región que, en líneas generales, viene definida por la superficie del agua embalsada, en la zona ocupada por el vaso, y desde aquí, sufriendo más o menos modificaciones, se enlaza de una manera continua con el nivel freático del terreno, pero a una distancia suficiente para que este nivel no se encuentre modificado por el embalse o prácticamente la modificación sea despreciable.

En algunos casos, el esquema que hemos expuesto sufre modificaciones. Una capa o zona de terreno mucho menos permeable con relación al resto puede dar lugar a zonas de «agua subterránea colgada», pero aún en este caso pueden averiguarse estas particularidades aislando las zonas mediante manguitos.

En resumen, el conocimiento de las variaciones del nivel freático (piezométrico) es interesante para juzgar el comportamiento de un embalse y la seguridad de la presa. La determinación de este nivel resulta fácil, midiendo la profundidad a que queda el agua en los sondeos o taladros, además de tener presentes las medidas de presiones en los conductos o taladros en donde el agua es surgente, incluyendo entre estos los correspondientes a la cimentación de la presa.

XI. MÁS ACERCA DE LA PERMEABILIDAD Y DE LAS FILTRACIONES

Estos temas han sido ya tratados en los apartados anteriores VIII, IX y X; si insistimos de nuevo es porque merece hacerlo.

El fondo de la cuestión es que una presa se construye para retener el agua, con ayuda, claro está, del terreno que integra la cerrada y el vaso, luego es precisamente el comportamiento de esa agua (filtraciones, presiones intersticiales, etc.) respecto a estos elementos lo que en definitiva puede aclararnos más rotundamente si el proyecto realizado se comporta como habíamos imaginado. Y de no ser así habrá que descubrir las anormalidades para acudir prontamente a su remedio. Así, durante el período de construcción de una presa se hacen PRUEBAS SISTEMÁTICAS DE PERMEABILIDAD, consistentes en observar las pérdidas de agua que pudieran existir en conductos moldeados en el hormigón u otra fábrica. Estos conductos pueden organizarse en forma que algunos queden como drenes en la obra terminada.

Durante la explotación del embalse, el aumento del caudal de un dren, sin que otras circunstancias cambien (nivel del embalse, en cierto modo temperatura, etc.) es motivo de ponernos en guardia y, si este aumento de caudal acontece en varios drenes de una zona, sería lógico pensar que la presa se ha fisurado. Las causas de este posible accidente pueden ser diversas: cargas actuando sobre la presa, asientos del terreno, etc., pero no es esto lo que nos interesa destacar, sino que el estudio del comportamiento del agua infiltrada nos guía inequívocamente respecto a la resistencia y seguridad de la presa.

Llevando nuestra imaginación más lejos, es fácil pensar que antes de la destrucción de una presa se presentarían una serie de cambios en el comportamiento del agua infiltrada que, si se observasen debidamente, permitirían tomar las providencias oportunas para evitar la catástrofe.

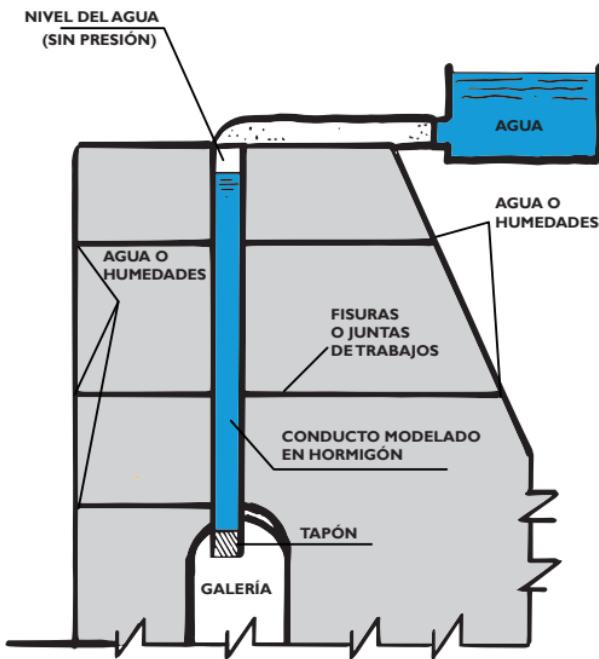


Figura 18.

... observar las pérdidas de agua que pudieran existir en conductos moldeados en el hormigón...

También se comprende que el drenaje, si está debidamente proyectado, aminore las presiones del agua que pudieran aparecer en una fisura accidental, alejando de esta manera el peligro de una rotura progresiva.

Hemos razonado respecto a la presa, pero estos mismos razonamientos son válidos para el terreno de cimentación, laderas e, incluso, en el vaso*.

* No debe olvidarse que la catástrofe del embalse de Vajont (Italia) fue debida a un corrimiento del terreno en el interior del vaso. La presa (tipo bóveda) por cuya coronación pasó una ola de agua de 100 a 200 m de altura, no sufrió desperfectos.

XII. DE LOS CLINOMETROS, MEDIDAS TOPOGRÁFICAS, ETC.

Continuando con los aparatos que se disponen en las presas o en el terreno, debe citarse el CLINOMETRO, que en definitiva es un nivel de burbuja de alta precisión. Se emplea para medir los posibles giros que pueden verificarse en un plano. Esta superficie se materializa, en la presa o terreno, mediante referencias metálicas de precisión, que son los soportes del clinómetro mientras se efectúan las medidas.

Siguiendo en este orden de los dispositivos de medidas, las cuales no se efectúan a un ritmo cotidiano o al menos muy frecuente, podemos citar también las MEDIDAS TOPOGRÁFICAS DE PRECISIÓN. Entre estas últimas, las COLIMACIONES o alineaciones pueden disponerse para una rápida verificación.

Las colimaciones consisten en materializar ciertas alineaciones mediante un aparato topográfico de precisión, al cual le corresponderá una posición fija y bien determinada, por cada alineación que se quiera observar. Midiendo el desplazamiento que respecto a aquellas alineaciones experimentan las referencias dejadas pueden estudiarse estos movimientos a lo largo de la vida del embalse.

Sobre el procedimiento de hacer estas colimaciones pueden introducirse ciertas modificaciones que, por tratarse de mediciones no frecuentes o cotidianas, no nos extenderemos en el tema, ya que en principio exigen el manejo de un aparato topográfico de precisión.

Sin embargo, pueden disponerse colimaciones relativamente rápidas, por ejemplo, midiendo el desplazamiento de uno de los puntos en una alineación establecida entre tres puntos determinados, cosa que a veces

se hace para vigilar el posible movimiento de una ladera, etc. También en las galerías, si son rectas, puede establecerse una colimación mediante un hilo tirante, el cual se relaciona con referencias dispuestas en el paramento de la galería. De esta forma tenemos los desplazamientos relativos de puntos de la presa respecto a la línea determinada por los dos puntos de fijación del hilo.

En forma análoga y mediante dos estaciones fijas, que establecen una base, puede medirse el desplazamiento de los puntos que interese, ya sea en el paramento de la presa o en el terreno.

El procedimiento resulta algo penoso, pero pueden prepararse los cálculos para su resolución automática o bien preparar ábacos, con lo cual estas operaciones no resultan complicadas. Las estaciones suelen referirse a péndulos inversos, para tener en cuenta su posible movimiento.

Esto se hace igualmente en las bases de colimación. Existe, asimismo, un gran número de dispositivos destinados a medidas determinadas, unos de general aplicación a todas las presas, como los empleados en medir tensiones, etc. y otros particularizados, aplicables a casos especiales.

Además de este gran número de dispositivos, que ni tan siquiera mencionamos, puede presentarse la necesidad o conveniencia de observar otro tipo de variación para la que no exista un procedimiento específico. En estos casos, el poder creador del hombre tendrá que resolver el problema, inventando el dispositivo apropiado, naturalmente, mejorable con la experiencia, pero nunca debe dejarse el intentar todas las posibilidades.

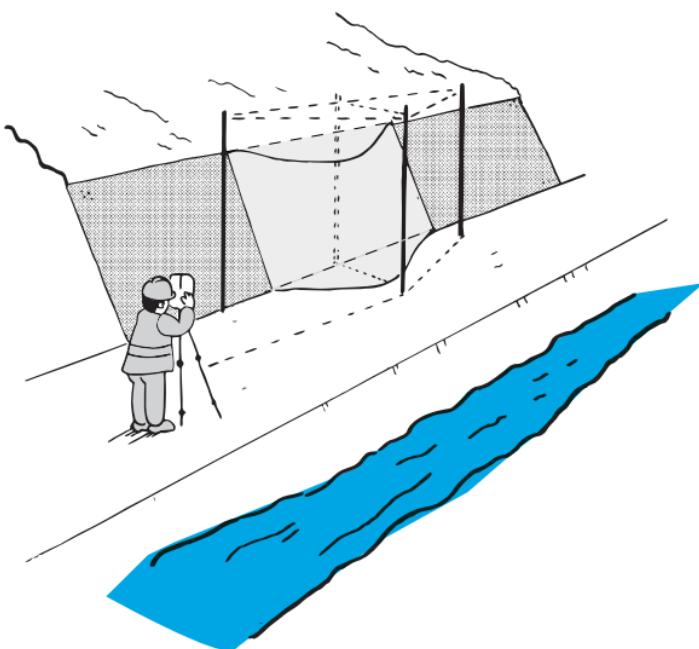


Figura 19.

... las colimaciones consisten en materializar ciertas alineaciones...

En resumen, aparte de las mediciones y observaciones que pudíeramos llamar frecuentes y en cierto modo cotidianas, existen otros dispositivos destinados a otras clases de medidas, que se realizan no con tanta frecuencia y complementan a las primeras. En el caso de que convenga observar algún accidente y no se disponga de los medios apropiados para tal fin, es necesario inventarlos.

XIII. DE LA TEMPERATURA

Si observamos, por ejemplo, los desplazamientos de un péndulo de una presa en diferentes estaciones del año comprobaremos que para un mismo nivel del agua en el embalse los desplazamientos medidos son diferentes. Esto es debido, generalmente, a que la presa por causa de la temperatura sufre deformaciones, las cuales influyen sobre los desplazamientos del péndulo. Este mismo ejemplo podría exponerse por lo que se refiere al movimiento de juntas, etc. En general, los valores obtenidos en las medidas que se efectúan en una presa están influídos por la temperatura.

En líneas generales se tiene en cuenta este efecto de temperatura, pues en los gráficos cronológicos de la variación de cualquiera de las medidas se incluyen explícitamente las fechas del año, que en cierto modo son una indicación de temperaturas medias.

Para estudios más precisos o en lugares determinados de la presa o del terreno, interesa conocer las temperaturas de un modo más exacto. Es necesaria, pues, la colocación de TERMÓMETROS, los cuales pueden consistir en termómetros vulgares de máxima y mínima, para medir temperaturas del aire y del agua en diversos lugares, o aparatos especiales que se introducen en el interior del hormigón.

En resumen, las temperaturas tienen destacada influencia en las variaciones de las medidas que se efectúan en un embalse. En este sentido es necesario registrar las variaciones de temperatura en diversos lugares.

XIV. DE LOS MECANISMOS DE LOS DESAGÜES Y ALIVIADEROS

La importancia que tiene para una presa la conservación de los mecanismos de los órganos de desagüe destaca por encima de cualquier comentario. Basta con imaginarse el desbordamiento de la presa, producido por una crecida a la que no se ha dado salida correcta por los aliviaderos, por no funcionar los correspondientes mecanismos y las consecuentes destrucciones a que puede dar lugar, para prestar a este tema la mayor atención posible.

Por otro lado, en circunstancias especiales puede ser necesario mantener el embalse por debajo de un nivel determinado e incluso vaciarlo totalmente. El correcto funcionamiento de los desagües de fondo es indispensable para que tales exigencias puedan cumplirse.

Resulta imprescindible hacer revisiones periódicas de estos mecanismos. Unas incluyendo personal especializado, si las circunstancias lo aconsejan, y otras de simple comprobación del funcionamiento y conservación.

Aparte de estas revisiones periódicas de inspección, debe prestarse a tales mecanismos una atención permanente en los recorridos cotidianos que se realicen, especialmente al ENGRASADO y REPASO DE PINTURA, para lo cual existirán materiales de esta clase en lugares próximos a los mecanismos. Cualquier anormalidad debe comunicarse inmediatamente.

En resumen, se dedicará una atención especial a los mecanismos de los órganos de desagüe, con vistas a su correcto funcionamiento y conservación.

XV. DE LOS ACCESOS, CAMINOS, COMUNICACIONES, ETC.

La correcta revisión de una presa exige accesos practicables a diversos lugares de la misma. Igualmente puede decirse respecto al terreno, por lo que este participa en la constitución del embalse.

Estos accesos y caminos deben conservarse convenientemente y, ante todo, evitar obstáculos que puedan constituir algún peligro. En las galerías debe evitarse el almacenamiento innecesario de materiales y señalizar destacadamente los pasos peligrosos (cables de tendido eléctrico, si los hubiera, pozos, aparatos, etc.). Las herramientas y materiales que deban situarse en ciertos lugares, se dispondrán de forma que constituyan el menor entorpecimiento posible.

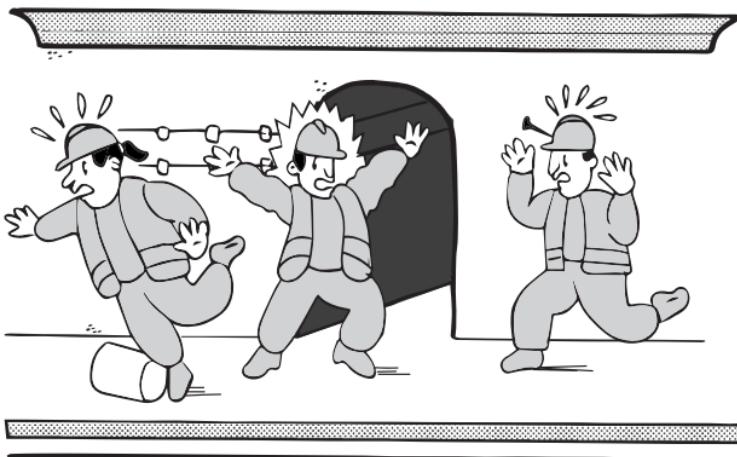


Figura 20.

... evitar obstáculos que puedan constituir peligro...

Por otro lado, los accesos en general y en particular a las galerías constituyen por sí mismos elementos de observación. Su correcta limpieza se hace necesaria, puesto que materias extrañas pueden enmascarar la observación normal. Además, el aspecto correcto del ambiente contribuye a la correcta ejecución de las observaciones y medidas que hay que efectuar en toda presa.

En particular, en las galerías interesa una adecuada SEÑALIZACION, marcando destacadamente las cotas, e incluso en lugares determinados, conviene fijar paneles con esquemas de situación y cortes característicos de la presa.

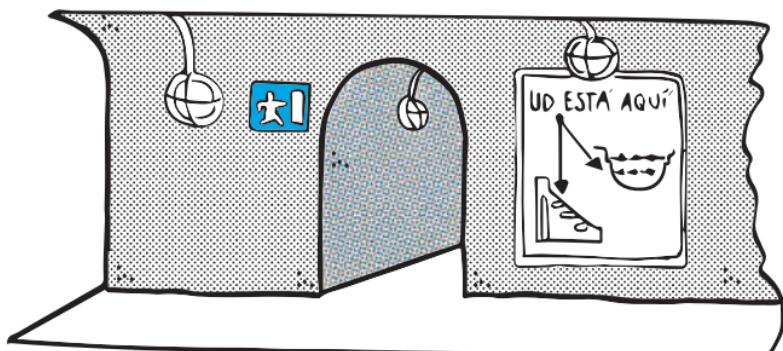


Figura 21.

... conviene fijar paneles con esquemas...

Las COMUNICACIONES, tanto telefónicas o por otros medios, deben constituir objeto de preocupación y, en este sentido, deben vigilarse, denunciando los posibles motivos de averías, para que sean corregidos convenientemente. Es necesario que en toda presa la comunicación rápida con el exterior quede debidamente garantizada.

Las COMUNICACIONES, tanto telefónicas o por otros medios, deben constituir objeto de preocupación y, en este sentido, deben vigilarse, denunciando los posibles motivos de averías, para que sean corregidos convenientemente. Es necesario que en toda presa la comunicación rápida con el exterior quede debidamente garantizada.

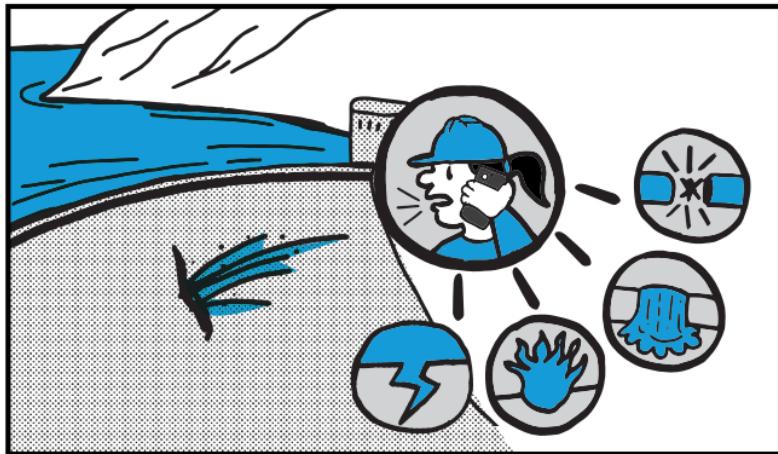


Figura 22.

... las comunicaciones, tanto telefónicas o por otros medios...

SEGUNDA PARTE

VIGILANTE

DE LA PRESA



SEGUNDA PARTE

VIGILANTE DE LA PRESA

ACTUACIÓN DEL VIGILANTE DE LA PRESA

1. En la primera parte de este manual se ha tratado de los dispositivos que normalmente tiene una presa para que pueda ser debidamente vigilada. En esta segunda parte insistiremos acerca de estos dispositivos, pero no ya como meras descripciones o comentarios sino relacionados con los recorridos que el vigilante o vigilantes deben efectuar regularmente en el cumplimiento de la misión que tienen encomendada.
2. Los recorridos y observaciones que deben efectuarse diariamente o bien en forma periódica y regular se harán siguiendo las normas redactadas, para el caso, por el ingeniero encargado de la presa. Esto no exime al vigilante del uso de su iniciativa especialmente en lo que se refiere a descubrir anomalías, ya que debe denunciarlas y comunicarlas debidamente.
3. En los recorridos que se efectúen, el vigilante debe ir provisto de una libreta de apuntes, linterna, lupa y, en casos pertinentes, de prismáticos y cámara fotográfica o dispositivos electrónicos. También es necesario que lleve tiza de varios colores, para señalar humedades o hacer anotaciones provisionales en superficies, paramentos, etc. Hemos omitido deliberadamente, para mejor resaltarlo, el plano desplegable de la presa. Este elemento, como ya hemos dejado dicho en otra parte, es una gran ayuda para situar correctamente anomalías y observaciones, que posteriormente se situarán en los planos de oficina. También es indispensable llevar un cronómetro o al menos un reloj que cuente con segundero, con el objeto de aforar las filtraciones.
4. Otras herramientas se situarán en lugares estratégicos para así servirse más cómodamente. Son necesarios recipientes graduados

para los aforos; obturadores para el mismo fin y para medir subpresiones; mangueras, varillas y alambres para comprobar y limpiar el drenaje; pintura para hacer indicaciones y repasar sus mecanismos y protecciones; grasa destinada a los engranajes y correderas; botas y trajes de agua, si hubiera lugar; recipientes para recoger desprendimientos, deposiciones y arrastres de filtraciones; llaves y otras herramientas para facilitar las operaciones; y cualquier otra cosa de la que sea conveniente servirse.

5. Los aforos de las filtraciones constituyen uno de los medios fundamentales de control de la presa, pero no es necesario realizarlos diariamente con todo detalle. Las filtraciones deben agruparse en lugares determinados y el aforo de los grupos es lo que nos debe dar la pauta para continuar con observaciones y aforos individuales, si en algún grupo determinado se ha encontrado una variación anormal de su caudal. Aún dentro de estos grupos de filtraciones, algunos serán más representativos en el control de la presa y estos son los que deben aforarse diariamente. En igual caso, por lo que se refiere a su importancia, pueden encontrarse las filtraciones de algún taladro o las que tengan lugar por otro sitio. Casos estos accidentales, que requieren el aforo diario individualizado o, al menos, con cierta frecuencia, según su importancia. El resultado de los aforos se anotará en la Libreta de Apuntes, para pasarlos más tarde en la oficina, ordenadamente, al Cuaderno de Aforos de las Filtraciones. Sirviéndonos de estos resultados se dibujarán regularmente los gráficos cronológicos entrelazados de filtraciones.
6. Relacionadas con las filtraciones están las humedades que, si bien no es posible aforarlas, puede seguirse su evolución provisionalmente marcando sus contornos con tiza y más definitivamente con pintura. En la Libreta de Apuntes se anotarán las observaciones que se efectúen, para más tarde pasar los resultados ordenadamente al Cuaderno de Humedades. Respecto a la periodicidad con que deben efectuarse las observaciones de las humedades, es válido lo indicado para los aforos. La importancia de alguna de ellas puede obligar a que

sea observada diariamente, pero por lo regular se hará durante los recorridos a la zona o galería correspondiente.

7. Relacionados también con las filtraciones deben observarse los arrastres de materia y deposiciones que deja el agua. Los arrastres pueden ser peligrosos y en consecuencia este tema debe observarse concienzudamente. Cuando en algún drenaje o en cualquier otro sitio se sospeche la existencia de arrastres, se hará pasar el agua de filtración por un decantador, el cual debe ir provisto de un lienzo filtrante para recoger los arrastres. En el caso de que se trate de un dren, conviene entubarlo y mejor aún, disponer un obturador con sus correspondientes grifo y manómetro. De esta manera se facilita la observación. El agua de filtración puede llevar materias en disolución, las cuales se precipitan, dando lugar a deposiciones más o menos abundantes. Cuando se retiren tales decantaciones deben almacenarse en forma ordenada, para su posible pesado y análisis. Todos estos datos deben figurar en la Libreta de Apuntes y pasarlo después ordenadamente al Cuaderno de Arrastres y Deposiciones. En este mismo cuaderno se harán las oportunas anotaciones en el caso de que existan desprendimientos, cuyos productos también deben guardarse ordenadamente. Asimismo, los arrastres destacados o desprendimientos deben comunicarse inmediatamente al ingeniero encargado. También, regularmente, deben recogerse muestras del agua infiltrada o de los arrastres para su posterior análisis.
8. Las medidas de las subpresiones son también asunto importante para el control del comportamiento de la presa. En los drenajes, especialmente en la galería de fondo, resulta fácil medirlas mediante un obturador provisto de grifo y manómetro. Este obturador puede desplazarse de uno a otro lado, pero en los sitios de especial interés es preferible dejar el obturador fijo, manteniendo el grifo cerrado o abierto según se quiera medir la subpresión o el caudal. Como para otras clases de observaciones, las referentes a la medida de subpresiones se harán regularmente en el recorrido de las galerías u otros lugares. En caso de interés especial puede convenir hacerlas,

en algún lugar, diariamente o a intervalos determinados. Los datos que se recojan en los correspondientes recorridos figurarán en la Libreta de Apuntes, y posteriormente, se pasarán al Cuaderno de Subpresiones en el cual figurará también el aforo de los caudales correspondientes y en la casilla de observaciones, si se perciben arrastres u otro fenómeno. De los datos obtenidos se deducirán los gráficos cronológicos y los gráficos entrelazados que puedan interesar.

9. Relacionadas con las medidas del apartado anterior tenemos las correspondientes al nivel freático. En los sondeos que penetran en el terreno y el agua no sale al exterior interesa medir la profundidad a que queda. Conocida la cota de la boca del sondeo, se deduce la correspondiente al nivel del agua subterránea, (nivel freático) en dicho punto, con lo cual, a la vista de los niveles del agua en varios sondeos, se tiene una indicación de la circulación subterránea en la zona. Las medidas que se hagan del nivel freático deben anotarse en la Libreta de Apuntes y posteriormente registrarse en el Cuaderno de Niveles Freáticos. Cuando se dispone de suficientes datos, es interesante dibujar la superficie topográfica de dicho nivel freático.
10. Los movimientos en las juntas entre bloques, como igualmente en las fisuras, se observarán durante los recorridos periódicos que se efectúan por las galerías y por otros lugares de la presa. En las juntas y en las fisuras se dispondrán testigos para que nos indiquen el comienzo del movimiento. Estos testigos pueden ser de yeso (en los sitios secos), cemento, vidrio y de resina especial. Hay que vigilar cuidadosamente que el testigo no esté despegado de la superficie de fijación en uno de sus lados, con lo cual la indicación sería completamente errónea. Insistimos sobre la buena colocación de estos testigos, que requieren una buena limpieza de las superficies, llegando incluso a dejar el testigo alojado en una caja tallada en las superficies sobre las cuales se coloca. Los ejecutados con resinas especiales requieren, en su colocación, superficies completamente secas; cuando se emplea cemento, la superficie debe mantenerse

húmeda varios días con antelación a la colocación. De todas formas, conviene hacer pruebas de colocación cuyos resultados puedan observarse con facilidad. También es aconsejable que la superficie de pegado ocupe todo el testigo. Otro detalle interesante respecto a los testigos, es que debe señalarse claramente la fecha de su colocación y la cota alcanzada por el embalse. Esto puede hacerse sobre el mismo testigo o en una superficie de su cercanía. Una vez roto el testigo, si se dispone de tornillos de referencia o de medidores de juntas, pueden medirse los movimientos mediante un calibre, bien de tipo vulgar o de tipo especial. También se suele reconstruir el testigo roto pegando sobre el mismo un cordón de resina especial. Lo dicho anteriormente es aplicable a las juntas y a las fisuras, que pueden aparecer accidentalmente. Estas conviene además señalarlas con pintura y sobre todo los extremos, para ver si existe progreso en su extensión. Las observaciones se anotarán en primera instancia en la Libreta de Apuntes, y posteriormente se registrarán en el Cuaderno de Movimiento de Juntas y Fisuras o equivalente. En casos especiales conviene dibujar los gráficos cronológicos y gráficos entrelazados del movimiento de alguna junta o fisura.

11. Los péndulos son dispositivos importantes en el control de la presa. Si disponen de plancheta, la lectura se hace con suma facilidad. Por otro lado, como los visores quedan en la posición de la última lectura, resulta inmediata la indicación de un nuevo movimiento. La observación de los péndulos debe hacerse cuando se efectúe el recorrido correspondiente a la zona en donde se encuentran colocados, de no existir otras razones que aconsejen una observación más frecuente. Las anotaciones, como para otra clase de observaciones, deben recogerse en la Libreta de Apuntes para más tarde pasarse al Cuaderno de Péndulos.
12. En igual sentido debe actuarse respecto a otras observaciones, como las que corresponden a la temperatura, pluviometría, nivel del embalse, movimientos en el terreno, mecanismos de desague, etc. Las observaciones anotadas en la Libreta de Apuntes se pasarán

a los cuadernos correspondientes. Aparte de las observaciones a las que nos hemos referido, pudiera existir la necesidad de hacer otras especiales en casos particulares. Es conveniente pues, disponer de un Cuaderno de Otras Observaciones, y Actuaciones, donde se anotarán los acontecimientos de interés que no tienen cabida en los cuadernos de las observaciones específicas.

13. El vigilante de la presa debe actuar con precaución en el caso de detectar un mal funcionamiento o anomalía que represente un riesgo para la presa, o cuando observe cualquier circunstancia que pueda derivar en una situación que pueda comprometer la seguridad de la infraestructura. En estos casos, deberá informar al Director de Explotación lo antes posible para asegurar una gestión adecuada y oportuna a los efectos del Plan de Emergencia de la presa.

SEGUNDA PARTE. VIGILANTE DE PRESA

EPÍLOGO



EPÍLOGO

La lectura detenida y meditada del presente MANUAL DEL VIGILANTE DE LA PRESA nos enseña que en una presa pueden observarse y medirse determinados indicadores, que nos permiten conocer si el comportamiento de la obra es normal o si, por el contrario, aparecen anormalidades que pudieran afectar a su seguridad. Lógicamente, en un comportamiento normal de la obra, las magnitudes que representan las mediciones en los indicadores (péndulos, filtraciones, subpresiones, etc.), varían de una manera continua y a un ritmo determinado con la evolución de las fuerzas o acciones que actúan sobre ella (nivel del embalse, temperatura, etc.).

Este ritmo de variación, que no es otra cosa que las formas que toman los gráficos entrelazados de la medición correspondiente (desplazamientos de péndulos, caudal de filtraciones, apertura de juntas, etc.) es prácticamente conocido de antemano, entre otras cosas, por su comparación con lo que sucede en presas análogas. De aquí una de las más importantes misiones de los Vigilantes de una presa: acusar con la mayor prontitud posible cualquier variación en los indicadores (péndulos, etc.) que pudiera señalar alguna anormalidad en el comportamiento de la obra o del terreno y comunicarlo inmediatamente. No siempre las magnitudes de las medidas indicadas responden a una variación continua. Especialmente en los primeros llenados suelen presentarse saltos bruscos, los cuales responden a acomodaciones de la presa y a deformaciones plásticas en el terreno. Estas acomodaciones no son siempre indicaciones de anormalidades, pero sí tiene siempre interés acusarlas.

Por otro lado, se comprende que las observaciones y mediciones, para que sean correctas, exigen una conservación adecuada de los dispositivos correspondientes, cometido también importante de los Vigilantes de una presa. Pero, además, hemos visto que algunos de aquellos, por ejemplo, el drenaje, contribuyen a aminorar el peligro que pudiera desprenderse de

una avería accidental. Por último, los dispositivos de desagüe, incluyendo aquellos desagües profundos que permiten mantener el embalse por debajo de un nivel determinado, que en circunstancias críticas puede ser de fundamental importancia, exigen igualmente la atención detenida de los Vigilantes de la presa, en la conservación y revisión de los mecanismos correspondientes.

Y relacionado con los desagües, se presenta otro tema que asimismo requiere su más perfecto conocimiento y especial cuidado. Una maniobra intempestiva en las compuertas y órganos de desagüe puede provocar riadas no previstas aguas abajo de la presa, con daños importantes. Por otro lado, la presencia de compuertas permite una laminación eficaz de las puntas de riada. Esto se consigue, al comienzo de la crecida, dando salida a un caudal superior al de entrada, y cuando la riada se acerque a su punta, invirtiendo los términos. Es decir, almacenando parte de la misma en el volumen de embalse que previamente se había vaciado o del embalse disponible. Las maniobras correspondientes para la apertura de desagües, en estos casos, obligan a un conocimiento suficientemente exacto de la distribución de los caudales de la crecida (hidrograma), del cual se deducen tales maniobras que, expresadas en tablas o gráficos, constituyen la guía fundamental para la citada laminación.

EPÍLOGO

GLOSARIO



GLOSARIO

TÉRMINOS INCLUIDOS EN EL TEXTO SEGÚN ORDEN CONVENCIONAL

Presa (pág. 3)

Barrera artificial generalmente construida en un río, con el fin de almacenar sus aguas, dándoles salida en forma inteligente, tanto en lo que se refiere a su aprovechamiento como a evitar daños aguas abajo de la misma. La seguridad de la presa no solamente está garantizada por la calidad de su proyecto y el cuidado de su construcción sino también, y fundamentalmente, por la vigilancia del equipo encargado de este cometido.

Al servicio de la seguridad, la presa posee dispositivos y aparatos que agrupamos de la manera siguiente: a) aquellos que permiten comprobar, de forma rápida y sencilla (inmediata) si su comportamiento es normal; b) aquellos que aminoran automáticamente el peligro que pudiera derivarse de una avería accidental; c) aquellos que permiten un refuerzo de la obra, en el caso de que este se considere conveniente; y, por último, d) aquellos mediante los cuales se puede mantener el embalse por debajo de un nivel determinado y, en caso extremo, poner la presa fuera de servicio anulando el embalse temporalmente.

Terreno (pág. 3)

Por lo que se refiere a la seguridad, el terreno, especialmente en el emplazamiento de la presa y en otros lugares determinados, debe ser considerado en igual forma que aquella. Dispondrá, pues, a) de dispositivos que permitan comprobar si su comportamiento es normal; b) de dispositivos que aminoren automáticamente posibles accidentes, y c) dispositivos que permiten un refuerzo, en el caso de que esto sea conveniente.

Vigilante de la Presa (pág. 59)

La persona encargada de la seguridad y a las órdenes del ingeniero director de explotación, facilita que la comprobación del comportamiento de la presa se realice prácticamente en todo momento. Es obvio destacar la importancia fundamental de su cometido, así como del cuidado que debe poner en su realización. El cuidado, comprobación y observaciones de los dispositivos de seguridad de la presa es una de sus principales misiones y, sobre todo, debe comunicar inmediatamente cualquier indicio de anormalidad. Sus actividades deben ser registradas debidamente, para lo cual dispondrá de planos, libretas, cuadernos, etc., en donde señalará el resultado de sus observaciones o de cualquier otra actividad relacionada con la seguridad de la presa. En justa compensación y para asegurar debidamente su cometido, el Vigilante de la Presa recibirá especial atención por parte del resto del equipo que vela por la seguridad de la obra, cubriendo sus necesidades de todo género, y particularmente cuidando su ilustración en todo lo que se refiere a sus actividades.

Aprendizaje

Por lo que se refiere al personal que durante la explotación de la obra ejercerá la función de Vigilante de la Presa, interesa que su aprendizaje se realice en el período de la construcción. El conocimiento de las anomalías, accidentes e incidentes que durante este período puedan presentarse en la obra, terreno y mecanismos de desagüe, es de suma importancia para el ejercicio de una vigilancia más perfecta de la presa durante la explotación. Por otro lado, durante la construcción debe mantenerse un riguroso control de lo ejecutado. En otras palabras, debe mantenerse rigurosamente el principio de «si lo ejecutado responde a lo imaginado (proyectado)». En consecuencia, es necesario en este período comenzar las observaciones de vigilancia mediante dispositivos (pruebas de permeabilidad, observaciones de fisuras, movimiento en juntas, observaciones topográficas, observaciones con péndulos, etc.). En realidad, no existe una separación neta, en lo que se refiere a la vigilancia de la presa, entre los períodos de la construcción y de la explotación.

Llenados parciales

Tienen destacada importancia en las posibles comprobaciones del comportamiento de la obra, y, en especial, en lo que se refiere a la permeabilidad, comprobación del sistema de drenaje y orientación de posibles correcciones mediante inyecciones. Esto último, evitando trabajos inútiles y despilfarros.

Primer llenado

Período delicado. Exige un plan bien estudiado en el que se prevean los posibles accidentes y anomalías. Es preciso que en este período estén a punto todos los dispositivos de seguridad y vigilancia y, asimismo, el entrenamiento del personal.

Plano desplegable (pág. 7)

Plano manejable que reproduce en su conjunto y detalles el sistema de dispositivos que garantizan la seguridad de la presa. Es de gran utilidad en los recorridos que se efectúan para la vigilancia de la obra y permite anotaciones que más tarde se pasan a los planos y cuadernos de oficina. En ella se dispondrá de suficientes ejemplares, para su renovación y uso por otras posibles inspecciones.

Planos de oficina (pág. 6)

Los necesarios para un mejor conocimiento de la obra en todos sus detalles y para anotar las disposiciones tomadas, en lo referente a la seguridad de la presa. Estos planos pueden fijarse en paneles o muros para hacerlos más destacables.

Libreta de Apuntes (pág. 59)

La que debe llevar todo Vigilante de Presa para anotar las incidencias y observaciones que realice en sus recorridos de vigilancia de la obra. Más

tarde, en la oficina, deben trasladarse a los correspondientes cuadernos de observaciones y, en su caso, a los planos. Es importante el fechado de estas anotaciones.

Cuadernos de observaciones (pág. 67-61)

En donde se anotan cronológicamente ordenadas las observaciones efectuadas. El empleo de un cuaderno para cada tipo de observación facilita el estudio de estos datos. Estos cuadernos son documentos que tienen inestimable valor en el caso de dilucidar acerca de un posible accidente. Su cuidado y conservación tienen, pues, gran importancia.

Material de oficina (pág. 9)

El normal en estos casos, incluyendo sencillos elementos de dibujo, compás, reglas y escalas. Es conveniente una regla de cálculo, para facilitar posibles operaciones. El uso del papel milimetrado o cuadriculado resulta indispensable para facilitar la confección de gráficos.

Gráficos cronológicos (pág. 9)

Representación gráfica de las magnitudes de una observación en el transcurso del tiempo. En uno de los ejes se representa el tiempo, (espacios iguales por cada día, por ejemplo) en el otro eje (normal al primero) se miden las magnitudes correspondientes a cada fecha. Suele incluirse en esta clase de gráficos, para cualquier observación, el correspondiente al de los niveles del embalse. De esta forma se tiene una orientación de la variación de una magnitud con relación a la altura alcanzada por el agua en el embalse, Naturalmente, en cada uno de los ejes habrá que representar escalas distintas, (la del nivel del agua en el embalse y la de la observación estudiada).

Gráficos entrelazados (pág. 13)

En este caso, en uno de los ejes de referencia se establece la escala de los niveles alcanzados por el embalse y en el otro el de las magnitudes de la

observación estudiada. Las fechas se sitúan sobre puntos destacados del gráfico. Este tipo de gráfico es interesante cuando se dispone de datos correspondientes a diversos llenados. Permite conocer claramente si las magnitudes estudiadas tienden a estabilizarse, disminuir o aumentar.

Drenaje (Subpresiones, presión intersticial) (páginas 33 ,29 y 38)

El sistema de drenaje tiene por finalidad disminuir la presión intersticial del agua infiltrada en el cuerpo de la presa y en el interior del terreno. De esta forma se consigue disminuir las tensiones o esfuerzos que sufren los materiales, y al mismo tiempo, se mejora la estabilidad del conjunto y de sus partes. Aun siendo esta de gran importancia, el drenaje tiene otras importantes aplicaciones: constituye un sistema eficaz para controlar el comportamiento de la presa y del terreno, aminorar el peligro que pudiera derivarse de posibles accidentes y, en cierto modo, permite ejecutar refuerzos con relativa facilidad. En una presa de fábrica el sistema de drenaje está constituido por conductos o perforaciones que se recogen en galerías y lugares determinados. El estudio de las variaciones de los caudales evacuados por los drenajes y el de las variaciones de las presiones en el agua de los mismos permite juzgar acerca del comportamiento de la obra. Es, pues, de gran importancia mantener el sistema de drenaje en perfecto funcionamiento y en condiciones de poder aforar fácilmente y medir las presiones del agua. El aforo de caudales se hace por grupos de drenes o individualmente. Los obturadores, provistos de manómetro y grifo, permiten con facilidad el aforo y la medida de la presión del agua en los conductos. Estas observaciones, dada su importancia, deben recogerse en los cuadernos correspondientes y confeccionarse los gráficos cronológicos y los gráficos entrelazados convenientes. Respecto a la iniciación de una fisura, el drenaje reaccionará por un aumento de su caudal, limitando, al mismo tiempo, la extensión de la misma, al impedir un progreso mayor de la presión intersticial. Respecto a posibles refuerzos, se comprende que las galerías y zonas de drenaje son apropiadas para inyectar, e incluso, establecer cables o barras tensadas, pero siempre respetando la misión principal del drenaje. En las presas de materiales

sueltos, aparte de las posibles galerías y conductos en el terreno y aún en la propia presa, el drenaje se establece mediante zonas de material drenante que, naturalmente, dispone de convenientes registros para observar su funcionamiento.

Erosión regresiva (sifonamiento)

Relacionado en cierto modo con el drenaje, en algunos terrenos y en materiales constituyentes de presas de materiales sueltos, puede presentarse el fenómeno de erosión regresiva. Consiste en el arranque del terreno a la salida y por efecto del agua de filtración. El progreso de este mecanismo de arranque hacia el interior, y finalmente estableciendo una franca comunicación con el agua embalsada, lo hace sumamente peligroso. Deben, en consecuencia, tomarse las pertinentes medidas para su anulación. Consisten estas en hacer pasar el agua de filtración a través de filtros, que permiten el paso del agua y no de las partículas del terreno. Estos filtros están constituidos generalmente por arena de tamaño y peso convenientes. Si el problema se presenta en un conducto, la solución suele resultar fácil anulándolo temporalmente para después rellenarlo de arena o entubarlo con plásticos provistos de ranuras o de otro dispositivo. En el caso de salidas francas por el terreno, son igualmente eficaces los filtros, pero se requiere peso para contrarrestar la presión del agua. La iniciación o indicio de este fenómeno, en cualquier lugar de la presa o del terreno, obliga al Vigilante de la Presa a comunicarlo inmediatamente y prestarle la máxima atención. En el caso de que se trate de un conducto, si los arrastres son destacados, puede taparse total o parcialmente en forma provisional. El accidente debe quedar anotado en el cuaderno correspondiente.

Minadores

Animales cuyas costumbres contribuyen a la destrucción parcial de un embalse.

Deslizamientos y derrumbamientos en el terreno (pág. 46)

Se incluyen toda clase de movimientos de grandes masas de terreno, lentos y rápidos, debidos a la pérdida de equilibrio en el mismo. En las cercanías de la presa pueden poner en peligro su seguridad o, al menos, inutilizar desagües, etc. En el embalse, aparte de disminuir su capacidad, son peligrosos por el efecto que sobre la presa pudieran producir las olas consiguientes. Además, pueden afectar a poblados situados en la zona del embalse.

Charcos

En especial en el pie de presas de tierra, como también en zonas del terreno susceptibles de deslizamiento, se cuidará que no se produzcan charcos o acumulaciones de agua en forma pantanosa, a cuyo efecto se prestará una atención especial a que las cunetas y dispositivos de desagüe se conserven en condiciones.

Aforadores (págs. 30 y 32)

El agua de filtración, tanto la que sale por los drenajes o por otros lugares, hay que disponerla de forma que pueda ser fácilmente aforada. En la mayor parte de las filtraciones esto se hace sirviéndose de un bidón o recipiente graduado y de un cronómetro (en su defecto un reloj con segundero). Otras veces, con filtraciones mayores, pueden utilizarse vertederos de chapa, de pared delgada, debidamente tarados. En aquellos conductos donde interesa conocer también la presión del agua se utilizan los obturadores, que reseñamos a continuación.

Obturadores (págs. 37 y 39)

Estos se disponen con manómetro y grifo. Son de fácil transporte y de profundidad de obturación variable. Conviene disponer en una presa de varias decenas de estos utensilios, pues permiten hacer observaciones precisas en diferentes y extensas áreas del sistema de drenaje.

Nivel freático (piezométrico) (pág. 38 y 42)

Cota de la profundidad a que queda el agua en el terreno. Se mide mediante una simple plomada, o con un aparato más perfeccionado. En los conductos con agua surgente, mediante el obturador citado. También pueden emplearse piezómetros, que vienen a ser dispositivos fijos de obturación. El conocimiento del nivel freático proporciona una idea clara del camino de las filtraciones. La presencia de estratos o formaciones más impermeables y otras circunstancias pueden dar lugar a niveles freáticos colgados.

Humedades (pág. 60 y 62)

Deben señalarse sus límites con pintura y provisionalmente con yeso. La fecha y el nivel del embalse quedarán igualmente señalados. El señalamiento de los límites de las humedades que aparecen en el terreno es también importante.

Hielo.

Las temperaturas ambientes por debajo de cero grados centígrados o próximas a cero, traen consigo que se hielen las aguas de infiltración en su salida, con daños evidentes, así en la obturación del drenaje, como en los dispositivos de accionamiento de válvulas y compuertas y en el deterioro de las fábricas. Todos estos efectos deberán ser meticulosamente reseñados por el Vigilante de la Presa.

Manantiales y fuentes

Deben observarse los que aparecen en la región por su posible relación con el embalse. Son datos interesantes en la determinación de la superficie del nivel freático.

Pruebas de permeabilidad (pág. 39 y 43)

Las que se ejecutan en un conducto midiendo el caudal que se pierde, con el agua a un cierto nivel, generalmente en boca. Mediante obturadores

pueden efectuarse por zonas. También se hacen pruebas por presión que, en el caso de tratarse de terrenos flojos, no son recomendables, o al menos conveniente emplear presiones reducidas para evitar la rotura del terreno. Las pruebas de permeabilidad en fábricas tienen destacada importancia durante la construcción de la presa. Se utilizan conductos, moldeados en la fábrica mediante un tubo que se va retirando. Otras veces se utiliza el drenaje para estas pruebas.

Sonda

Es útil disponer en la presa de una pequeña sonda destinada a la limpieza del drenaje, incluso para abrir nuevos drenes. En este último caso, si se trata de material silíceo, puede ser sustituida ventajosamente por un martillo perforador.

Tomas de agua a presión

En la limpieza de los drenes es conveniente disponer de agua a presión. Si no existen tales tomas, pueden sustituirse por bombas.

Péndulo directo (pág. 16)

Artificio por el que se materializa una línea vertical en la presa, mediante una pesa que mantiene tenso un hilo metálico fijado a un punto de la misma. Midiendo los desplazamientos de este hilo con relación a otro punto de la presa (en las proximidades de la presa, por ejemplo) tenemos el que ha sufrido el punto de fijación del hilo en el supuesto que no se ha movido el punto donde se hace la lectura. Este tipo de péndulo se denomina normal o directo. Las medidas se efectúan mediante una plancheta fijada a la presa, generalmente en la pared de una galería o nicho, o por otra disposición apropiada. Si la presa dispone de varias galerías, pueden tomarse con un mismo péndulo las deformaciones en diversos puntos. Esto último exige la fijación de tantas planchetas de medida como puntos a observar, o bien usar otros dispositivos apropiados. Las mediciones mediante el péndulo se realizan sin dificultad y sus indicaciones son valiosísimas para

juzgar el comportamiento de la presa. Es, pues, el péndulo, un aparato indispensable en presas de mediana y cierta importancia.

Péndulo inverso (pág. 19)

En este caso la verticalidad se consigue mediante un flotador que mantiene el hilo tenso: el punto de fijación se establece en la cimentación, en el fondo de un pozo o sondeo a suficiente profundidad, para que no quede afectado por los movimientos de la presa respecto al terreno. Esta clase de medidas tiene igualmente importancia para valorar el comportamiento de la presa. Lo mismo que en el péndulo directo, la ejecución de estas mediciones no ofrece dificultad.

Hilo de fundación (pág. 21)

Artificio por el cual se consigue suprimir el flotador en un péndulo inverso. Consiste en hacer pasar el hilo, ascendente desde el punto de fijación, por una polea fija en la parte alta de la presa, el hilo continúa descendiendo hacia la cimentación y se mantiene vertical mediante una pesa dispuesta en su extremidad. Hay que hacer lecturas en las dos ramas del hilo, en las proximidades de la cimentación. La lectura en la rama descendente corresponde a la de un péndulo normal y, en consecuencia, sirve para hallar los desplazamientos relativos de la presa. Para hallar el deslizamiento respecto al terreno hay que hacer intervenir las lecturas en ambas ramas del hilo, afectadas por coeficientes de proporcionalidad (de longitudes existentes entre punto de fijación y plancheta de medida, del otro lado, divididas ambas longitudes por la correspondiente entre punto de fijación y polea fija).

Plancheta de medidas (pág. 17)

Al medir el desplazamiento de los péndulos nos hemos referido casi exclusivamente a esta plancheta, sin que esto signifique que no pueda hacerse por otros medios. La plancheta consiste en una superficie metálica

limitada por dos sectores de círculo. Por éstos deslizan sendos visores que establecen ópticamente la alineación compuesta por el punto de mira del visor, hilo del péndulo y referencia del centro del sector del círculo correspondiente. Se fija el desplazamiento del hilo del péndulo mediante la medida de dos ángulos (en la graduación de los bordes de los sectores) con vértices en dos puntos fijos (las referencias de los centros de los sectores). Es pues, una medida que se hace en un sistema bipolar y, en consecuencia, requiere una transformación para referirla a dos direcciones normales, cosa que se hace fácilmente mediante el correspondiente ábaco de transformación. Una de las ventajas de la plancheta es que los visores quedan como indicadores de la última medida, lo cual permite detectar directamente cuando el péndulo adquiere un nuevo desplazamiento. Esta ventaja aconseja montar siempre planchetas de medida en los péndulos, aun cuando se disponga de otro dispositivo, el cual queda relegado para medidas de alta precisión.

Ábaco de transformación

Consiste simplemente en la reproducción, mediante un dibujo de los sistemas de visuales correspondientes, pero no a escala natural sino a una escala 10 o 20 veces mayor. El tamaño del ábaco y su manejo obliga a limitar esta reproducción al entorno de las posibles posiciones del hilo del péndulo.

Medidores de juntas (pág. 25)

La simple variación de la abertura de una junta o de una fisura puede medirse con gran precisión mediante dispositivos adecuados (tornillo micrométrico, etc.). La medida de los desplazamientos según las tres direcciones posibles, se consigue mediante un dispositivo que consiste en dos piezas independientes que se empotran cada una en lados diferentes de la junta. La disposición y forma de las cabezas de estas piezas permiten las mediciones mencionadas mediante un simple calibre.

Testigos (pág. 27)

Aparte de los dispositivos empleados para medir desplazamientos en juntas y fisuras, no debe prescindirse en estas observaciones de los testigos vulgares (vidrio, yeso, mortero, etc.) que incluso pueden confeccionarse con resinas especiales. Hay que observar, en estos testigos, el correcto pegado, pues su defecto puede dar lugar a orientaciones falsas. Es interesante anotar en el mismo testigo fechas y otros datos. Después de la rotura puede seguirse empleando el testigo mediante una reconstrucción parcial del mismo, lo cual suele hacerse con un hilo de resina sintética.

Clinómetros (pág. 46)

Aparatos destinados a medir el ángulo de giro en determinadas superficies. Son, en realidad, niveles de burbuja de alta precisión. Es necesario cuidar los tornillos de asiento, para evitar el falseamiento de estas medidas.

Colimaciones (pág. 46)

Se trata de medir el desplazamiento de ciertos puntos o señales respecto a una alineación, que se considera como fija. Dicha alineación puede establecerse mediante la visual fija de un aparato topográfico de precisión; los desplazamientos se miden con unas miras especiales. También pueden medirse los ángulos correspondientes a la alineación con cada uno de los puntos, y de esta forma, determinar sus desplazamientos. Las colimaciones tienen un amplio empleo para vigilar posibles movimientos en las laderas. Se establecen mediante la alineación de tres señales, de manera que sea fácil su comprobación en los recorridos cotidianos de vigilancia.

Medidas topográficas de precisión (pág. 46)

Requieren teodolitos de alta precisión. Consisten en determinar el movimiento de puntos o señales mediante la resolución de triángulos que se establecen con una base común, determinada por dos estaciones que se suponen inmóviles. La resolución directa de estos triángulos

resulta penosa si no se recurre a ordenadores. La confección de ábacos de transformación para cada referencia, análogos a los empleados en las medidas de los péndulos, permite la resolución rápida de estas medidas. Las nivelaciones de precisión tienen aplicación en la presa, terreno y en sus galerías.

Extensómetros

Permiten conocer las deformaciones en puntos del interior de la presa o del terreno. Su fundamento responde a diversos principios, según los tipos (cuerda vibrante, resistencia eléctrica, etc.). La combinación de varios extensómetros en un mismo lugar permite la determinación de las tensiones mecánicas del material. El concepto de extensómetros abarca medidas de precisión, con hilo de invar, entre referencias determinadas.

Pozo sueco

Disposición en pozo que permite, en presas de materiales sueltos, medir desplazamientos. Admite múltiples variaciones.

Termómetros (pág. 49)

Los situados en el interior de las fábricas y terrenos responden a principios eléctricos o acústicos, según tipo. En presas bóveda especialmente, tienen importancia estas medidas por lo que respecta al sellado de las juntas. También son de aplicación en la determinación de tensiones mecánicas.

Pluviometría.

Las condiciones de lluvia, nieve o deshielo se tendrán en cuenta no sólo al prever la laminación de crecidas, sino también, y muy especialmente las dos primeras, al hacer mediciones de filtración, nivel piezométrico o subpresión, máxime si se trata de mediciones exteriores. En los gráficos entrelazados y cronológicos correspondientes se anotará esta circunstancia, en milímetros de altura.

Otros aparatos de medida (pág. 48)

Pudiera ocurrir que en una presa determinada interese observar un fenómeno especial. Por lo general existen antecedentes y, en consecuencia, los aparatos apropiados o son de fácil adquisición (por intermedio de fabricantes especializados) o no resulta difícil su construcción. En el caso de que esto no exista habría que recurrir a la propia inventiva. Dentro de esta gama de aparatos pueden considerarse los dispositivos destinados a detectar corrimientos, consistentes en cintas conductoras, dispuestas para que se rompan a la iniciación del movimiento; detectores de movimientos de roca, mediante barras aisladas sujetas solamente en su extremidad, etc., aparatos dirigidos a detectar vibraciones y posibles movimientos sísmicos; también los que utilizan vibraciones para efectuar ciertas medidas. En las presas de materiales sueltos, además de las disposiciones comunes con las presas de fábrica, se utilizan por lo general células de presión, células de presión intersticial y entubaciones para medir asientos y movimientos en su interior. También pozos y galerías. Por otro lado, el campo de la investigación en presas obliga a establecer otras muchas disposiciones, que no mencionamos por no ser este el lugar oportuno.

Análisis (pág. 28)

Relacionados con las filtraciones interesa realizar análisis químicos del agua.

Decantadores (pág. 31)

Además del análisis químico de las aguas de filtración, es indispensable observar si estas llevan arrastres, especialmente en lo que se refiere a una posible iniciación del fenómeno de erosión regresiva. Los decantadores y el filtrado de las aguas, haciéndolas pasar a través de una tela, son prácticas recomendables.

Ventilación

Las galerías, cámaras y pozos de visita habrán de estar ventilados de modo que no se produzcan acumulaciones de gases ni condensaciones de

agua, dos efectos de suma peligrosidad y que han ocasionado accidentes mortales (asfixia y electrocución).

Iluminación

Tanto al exterior, en lugares destacados del terreno, como en las galerías de la presa, es recomendable una buena iluminación. En su defecto y casos accidentales, debe disponerse de reflectores portátiles alimentados por baterías eléctricas, además de internas. Es recomendable disponer tomas de corriente en galerías para el suministro de energía a cierta maquinaria (sondas, inyectoras, etc.). Deben quedar correctamente protegidas.

Señalización (pág. 53)

Los lugares destacados del terreno, de la presa y, especialmente las galerías, quedarán correctamente señalizadas con sus cotas y paneles orientativos de cortes esquemáticos. En el exterior los números correspondientes a las cotas podrán leerse a distancia sin dificultad. En lugares donde exista un posible peligro, tales como cables de energía eléctrica, etc. se pondrán carteles de advertencia.

Barca

Preferible con motor. Permite la inspección del paramento de agua arriba de la presa. También interesa en las inspecciones del vaso, en lo referente a deslizamientos de terreno, tragantes, fuentes, etc.

Grasa, pintura y otros (pág. 51)

Deben disponerse en lugares donde su uso es frecuente, como cámaras de mecanismos, etc. De esta forma, el cuidado cotidiano de estos elementos evita daños mayores. Botas y trajes de agua son también indispensables en muchas ocasiones, no solamente para el personal de la vigilancia cotidiana, sino también para otra clase de inspecciones.

Grupo electrógeno

Sustituye, en caso de averías, las fuentes normales de energía de que se dispone, especialmente en lo que se refiere a la maniobra de compuertas y válvulas. Exige revisiones y conservación periódicas.

Gatos, cabrestantes y otros

En roturas de cables, cadenas y otras averías de los medios de elevación de las compuertas pueden ser de primordial importancia. No solamente es necesario disponer de estos elementos, sino que también deben quedar debidamente preparados los dispositivos de aplicación, tales como orejetas de enganche en las compuertas, anclajes en las fábricas, etc.

Limnímetro

Aparato que permite medir el nivel alcanzado por el agua. Cuando es registrador se denomina Limnígrafo. Existen diversos tipos, aplicables para medir la cota del nivel del embalse.

Hidrograma (pág. 73)

Gráfico representativo de los caudales, ordenado cronológicamente. El estudio de estos gráficos, especialmente los correspondientes a períodos de crecida, permite prever en forma conveniente el llenado del embalse y, sobre todo, el laminado de la avenida mediante un inteligente control en la apertura de las compuertas y desagües.

Punta de riada (pág. 73)

Corresponde al caudal máximo, o caudales máximos de una avenida. Se comprende que no es aconsejable en una crecida destacada y a embalse prácticamente lleno dar salida a un caudal, mediante las compuertas y desagües, equivalente al que entra en el embalse. Durante una crecida, a su comienzo, los órganos de desagüe permiten dar salida de

caudales superiores a los que entran en el embalse. De este modo, se consigue disponer de un volumen que permite almacenar parte del agua correspondiente a la punta de riada, dando salida a caudales inferiores al máximo de la riada, con lo que los posibles daños, que pudieran producirse aguas abajo de la presa quedan suprimidos o al menos reducidos. El accionamiento de las compuertas y desagües en la forma prevista obliga a la confección de tablas o gráficos que permitan ejecutar las operaciones de apertura y cierre sin ningún género de dudas.

Comunicaciones (pág. 54)

Aparte del teléfono, conviene el enlace por otros medios con el resto de la cuenca y con otros servicios nacionales y particulares. La comunicación directa mediante vehículos debe estar siempre asegurada.

Filtros (pág. 5)

Mantos de materiales finos (gravilla y arena) que se intercalan entre el terreno filtrante y el terreno impermeable, como por ejemplo, el núcleo de arcilla de una presa de tierra. Van dispuestos en capas cuyo material se gradúa de mayor a menor tamaño o viceversa, y tienen por objeto proteger el núcleo, evitando que el agua fluyente a través de ellos arrastre partículas del material impermeable.

Museo

Aparte del espacio de oficina destinado a contener los planos y documentos que constituyen el Archivo Técnico de la Presa es aconsejable habilitar una dependencia destinada a exponer ordenadamente fotografías, rocas, muestras de materiales, testigos, diagramas, etcétera. Su finalidad, además de responder a la curiosidad ilustrativa de los posibles visitantes, es la de conservar las vivencias de todo género surgidas en la construcción y explotación de la presa.

Iniciativa (pág. 59)

Facultad que debe tener bien desarrollada el Vigilante de la Presa. No significa una actuación independiente del resto del equipo sino, por el contrario, una comprensión perfecta de la misión a desarrollar y por su contacto diario con la presa que le permite resaltar detalles que de otra forma podrían pasar inadvertidos.

GLOSARIO



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



DIRECCIÓN
GENERAL DEL AGUA

