

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

GRAFICACIÓN SOBRE MAPAS DE FRECUENCIA

Ricardo Ruiz Antúnez¹

Luis Morales Calvo²

RESUMEN: El control de evolución de las filtraciones en una presa se ha hecho, tradicionalmente, utilizando gráficos que relacionan, en un determinado periodo de tiempo, la magnitud de la filtración con el nivel del embalse. En estos gráficos se pueden detectar las anomalías más evidentes pero no sirven, en general, para detectar fenómenos de colmatación o de desarrollo de las vías de filtración y, para ello, se emplearon en su momento otro tipo de gráficos de los que se ha obtenido una interesante información sobre el comportamiento del cimientado de la presa.

Es objeto de la presente comunicación presentar estos gráficos, analizar la información que de ellos se ha obtenido y su evolución hasta la última generación, de reciente creación, en la que los datos de cada elemento aforado, obtenidos a lo largo de los más de 35 años de existencia de la presa, se han trasladado a un sistema cartesiano de caudales en abcisas y niveles de embalse en ordenadas. Esta nube de puntos constituye un mapa de frecuencia y graficando la evolución reciente de la filtración sobre él se obtiene una constatación inmediata del grado de normalidad de la misma y de las situaciones anómalas que requieren una actuación especial.

¹ Ricardo Ruiz Antúnez es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y trabaja como Director de Explotación del Sistema Guadalhorce - Limonero, en la Dirección Provincial de la Agencia Andaluza del Agua en Málaga, Organismo Autónomo adscrito a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

² Luis Morales Calvo es Ingeniero Técnico de Obras Públicas y trabaja como Asesor Técnico en la Explotación del Sistema Guadalhorce - Limonero, en la Dirección Provincial de la Agencia Andaluza del Agua en Málaga, Organismo Autónomo adscrito a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Su trabajo consiste en la Jefatura de Explotación de las Presas de Guadalhorce, Guadalteba y Conde del Guadalhorce, adscritas al Sistema de Explotación.

1. LA PRESA DE GUADALHORCE GUADALTEBA.

1.1. INTRODUCCIÓN

Las Presas del Guadalhorce regulan la cuenca alta de este río y se emplazan en términos municipales de Campillos y Ardales, en el centro de la provincia de Málaga.

Son un conjunto de explotación formado por la presa Conde de Guadalhorce, sobre el río Turón, y la presa de Guadalhorce-Guadalteba, sobre los ríos del mismo nombre. Este conjunto constituye la regulación de cabecera del Plan Coordinado de Riegos del Guadalhorce, cuyos objetivos prioritarios son el abastecimiento a la ciudad de Málaga, el riego de unas 11.000 has. en el valle inferior del Guadalhorce y los aprovechamientos hidroeléctricos subsidiarios.

Los ríos Turón y Guadalteba son afluentes del río Guadalhorce, por su margen derecha, y confluyen en él prácticamente en el mismo punto. Las presas se ubican inmediatamente aguas arriba de este punto de confluencia.

La presa Conde de Guadalhorce está en explotación desde al año 1.921.

La presa de Guadalhorce-Guadalteba entró en servicio en el año 1.973. Es de materiales sueltos con núcleo central de arcilla y espaldones de escollera caliza. Tiene una altura máxima sobre cimientos de 84 m., una longitud de coronación de 790 m. y un volumen de materiales de 3,5 hm³. La coronación se sitúa a la cota 367. El embalse tiene una capacidad útil de 279 hm³.

1.2. GEOLOGÍA

La columna estratigráfica de la cerrada en la que se ubica la presa está constituida por calizas jurásicas, margas cretácicas, areniscas miocenas y depósitos fluviales cuaternarios, de hasta 18 m. de potencia, con limos de reciente sedimentación, propiciada por la construcción inmediatamente aguas abajo de la presa de Gaitanejo, que se excavaron en su totalidad en el área de contacto de la presa con el terreno. La presa se cimentó, casi en su totalidad, en margas y areniscas llegando a aflorar las calizas en el fondo de la excavación de la cerrada de Guadalteba.

Tras este esquema geológico, aparentemente tranquilo, se esconden complejos problema tectónicos y de heterogeneidad de las areniscas que presentan zonas perfectamente cementadas junto con otras sin cementar, bien en forma de bolsadas de arena, bien en alternancia de finas capas de arenisca compacta con otras de arena suelta (areniscas tableadas).

1.3. PRECAUCIONES ADOPTADAS

Los problemas esbozados, detectados en las excavaciones de túneles de desvío y cuerpo de presa y evaluados en toda su amplitud tras la realización de un amplio estudio geológico, llevaron a la redacción de un Proyecto

Reformado en el que, entre otras cosas, se adoptaron las medidas adecuadas para evitar la erosión regresiva y el posible sifonamiento de las areniscas.

Se llevaron a cabo tratamientos en masa del terreno, consolidación de fracturas y pantallas de inyección y de drenaje. Estos tratamientos han sido objeto del informe Q-42 del XI Congreso de Grandes Presas, "Impermeabilizaciones en la presa de Guadalhorce – Guadalteba".

Para el control de las filtraciones y para facilitar los tratamientos que fuesen aconsejables a la vista de su evolución, se construyó una red de galerías visitables de más de 2 km. de desarrollo en la que se instaló la pantalla de drenaje formada por 243 drenes con una longitud total de 4.149 m. Para evitar el arrastre de finos a través de los drenes, se instaló en su interior un filtro formado con tubería de PVC ranurada y revestida con una capa de arena calibrada aglomerada con resina epoxi.

2. CONTROL DE FILTRACIONES.

En los primeros llenados se estableció un dispositivo de evaluación de las filtraciones y de observación de arrastres que llegó, en determinadas ocasiones, a la observación continua de su evolución.

Se aforaban y graficaban todos los puntos de aforo con caudal superior a 1 l/min, utilizando gráficos clásicos (tipo G.2.1.2.), de duración anual, que representan tiempos en abcisas y caudal de filtración y nivel de embalse en ordenadas. A la vista de estos gráficos se decidieron los primeros tratamientos de inyección en zonas de las galerías 2, 4 y 10.

2.1. GRÁFICOS TIPO G.2.1.4.

Con los antecedentes anteriormente expresados, no bastaba con conocer la evolución de las filtraciones en función del nivel del embalse sino que resultaba imprescindible determinar si las vías de filtración se estaban desarrollando o si, por el contrario, el efecto del filtro instalado en los drenes las estaba colmatando, es decir, había que estudiar la evolución en el tiempo de los caudales de filtración con situaciones semejantes de los niveles de los vasos.

Para ello se diseñaron los gráficos tipo G.2.1.4. que representan en abcisas el nivel del embalse y en ordenadas el caudal de filtración. El tiempo queda implícito en la línea que va conectando los distintos puntos. Para facilitar su seguimiento, se representa con un círculo vacío el final de cada mes, con uno lleno el de cada trimestre y con dos circunferencias concéntricas el cambio de año, rotulándose al lado el año que termina y el que empieza. El sentido de avance del tiempo se representa mediante flechas y, para facilitar la identificación de los distintos años, se utiliza un código de colores y tipos de línea.

De esta forma se podía hacer sobre el gráfico el seguimiento de las filtraciones, incluso obtener valores puntuales, pero, fundamentalmente, se comprobaba si los bucles anuales resultantes discurrían a alturas análogas (ni colmatación ni incremento de vías de filtración), más altos (incremento de vías)

o más bajos (colmatación). El estudio de estos gráficos proporcionó, en su momento, una información muy interesante sobre el comportamiento de la molasa pero, al acumularse en ellos datos de más de treinta años, acabaron resultando una maraña difícilmente descifrable de la que, no obstante, se podía seguir obteniendo interesante información. Puesto que cada vez era más difícil obtener datos de esa maraña y para ello se disponía de los gráficos G.2.1.2., se decidió modificarlos como recoge el siguiente apartado.

2.2. PRIMERA MODIFICACIÓN.

La maraña de bucles pasa a representarse en gris, eliminando puntos de fin de mes o trimestre y flechas y se destacan en negro solo los años en los que se ha producido algún aspecto destacable. La evolución de la filtración del año en curso, con sus códigos de puntos y flechas, se representa en línea gruesa sobre ese fondo.

Como Anejos, se presentan los gráficos modificados correspondientes a los dos elementos en los que se dan las mayores filtraciones de la pantalla de drenaje, galería 2 y galería 10. Por su interés, vamos a analizar la información extraíble de cada uno de estos dos gráficos.

2.2.1. Galería 2.

Se ha destacado, en línea continua negra, el año 1977 en el que el embalse de Guadalteba alcanzaba, por primera vez, una cota relevante. Como se ve, comienza el año (1-77), tras un largo período de sequía, con el embalse de Guadalteba en la cota 336 y un caudal de filtración escaso. A medida que se incrementa el nivel del embalse se va incrementando el caudal de filtración de forma que, a finales de marzo, se alcanzan valores de 353,50 y 500 l/min, respectivamente. A partir de ahí, el embalse sube lentamente y el caudal rápidamente hasta que en mayo, con nivel 355 y 1.100 l/min, se decide la inyección de una serie de drenes en la zona central de la galería. Se comprueba sobre el gráfico el efecto de esta inyección y el de la reperfusión posterior y como las filtraciones se sitúan en niveles más moderados. A partir de ahí el gráfico se convierte en una serie de bucles, donde la dinámica de las filtraciones muestra un claro fenómeno de histéresis, debido probablemente a la inercia que comporta el proceso de empapamiento o drenaje de la molasa. Este conjunto de bucles delimita un entorno de normalidad del que sale claramente el año 1996 que vuelve a destacarse. Tras un largo período de sequía, el más severo del siglo XX, la filtración no sigue en su evolución al incremento de nivel del embalse. Esto sucede hasta que la molasa existente entre el embalse y la galería se empapa. A partir de ahí la filtración crece rápidamente y la curva vuelve al entorno de normalidad.

Se representa en línea más gruesa el año 2004, último en el que el embalse tiene fluctuaciones de nivel significativas, observándose que la curva se ha desarrollado dentro de la normalidad e, incluso, saliéndose de ésta por la parte inferior, es decir, acusando colmatación, en todo caso, aunque no de forma concluyente. A partir de este año se inicia un largo periodo de sequía, que aún continúa, en el que el nivel del embalse no supera la cota 338 y las filtraciones los 20 l/ min, por lo que su representación no aportaría nada.

Obsérvese que la síntesis de la maraña de bucles tiene un aspecto curvilíneo (parábola-hipérbola) indicando una relación no lineal entre la filtración y la carga, lo que resulta lógico si se considera la proximidad del embalse a la galería 2.

2.2.2. Galería 10.

Al igual que en la galería 2, se han destacado las primeras subidas representativas del embalse de Guadalhorce en los años 1973 y 1974. Una vez establecida la normalidad, tras las correspondientes inyecciones y perforaciones, los años posteriores se representan en gris estableciendo el correspondiente entorno de normalidad.

Vuelven a destacarse los años 1995 y 1996 en los que se produce un cambio de comportamiento, desplazándose las curvas hacia menor valor de la filtración a igualdad de carga. Este fenómeno debe estar relacionado con la perforación de cuatro pozos en la vaguada de El Coscojal, en el año 1994, para luchar contra la sequía. La vaguada se sitúa junto al estribo izquierdo de la presa y las perforaciones han facilitado el drenaje del macizo de molasa hacia El Coscojal, disminuyendo los caudales captados en la galería 10.

A partir del año 1996, se establece un nuevo entorno, representado en gris, aunque con una forma un tanto atípica de los bucles debida a los diversos desembalses que se hacen para evacuar agua inutilizable del fondo de Guadalhorce. El cambio de comportamiento se hace evidente si comparamos los caudales de filtración que se producen con el embalse lleno en 1979, 1980, 1989 y 1990 y el que se produce, en las mismas circunstancias, en 1997 y 1998.

Se representa en línea gruesa el año 2004 pudiendo parecer, en un principio, que la curva tiene tendencia a volver al entorno primitivo. Es un fenómeno de inercia en el drenaje de la molasa propiciado por el rápido desembalse de abril y mayo (109 hm³ y un descenso de nivel de casi 25 m. en 17 días). Posteriormente se ve que, a pesar de incrementarse el nivel de embalse, la filtración sigue decreciendo y la curva vuelve claramente al segundo entorno.

Al igual que en Guadalteba, el periodo de sequía que se inicia a partir de 1995 hace que las fluctuaciones de nivel del embalse sean escasas y que las filtraciones tengan valores poco significativos por lo que no se representan.

En el caso de este gráfico, la síntesis de ambos grupos de bucles son sendas rectas de distinta pendiente, indicando una relación más lineal entre filtración y carga que en el caso de la galería 2.

2.3. EVOLUCIÓN: MAPAS DE FRECUENCIA.

El paso siguiente ha sido obtener, a partir de los gráficos descritos con anterioridad, mapas de frecuencia: Utilizando una aplicación informática creada al efecto, cada dato de aforo disponible de un elemento determinado (más de 1.500 por elemento) se introduce en un ordenador por sus coordenadas (nivel de embalse/caudal) y se representa como un pequeño círculo de color gradual, más intenso en el centro y difuminado en los bordes.

El conjunto de círculos generado, eliminando los puntos que representan anomalías corregidas, se convierte en un mapa de frecuencias, correspondiendo las más altas a las zonas de color más intenso. El conjunto de la mancha coloreada delimita un entorno de normalidad en el que las filtraciones se han producido sin generar ningún problema. Los datos correspondientes al año en curso se grafican, con la representación clásica de puntos, líneas y flechas, sobre el entorno histórico del elemento, lo que permite comprobar instantáneamente el grado de frecuencia en el que se desarrolla la magnitud del indicador. En caso de que este grado se aproximase al cero, es decir, que la magnitud tendiera a salirse del entorno establecido, el programa generará una alarma que, una vez estudiada por la dirección de la explotación, puede terminar en la activación del escenario "0" de emergencia por condicionantes de auscultación.

Una vez concluido el año, se eliminan las líneas de enlace entre puntos, éstos se convierten en círculos de color difuminado y el entorno queda preparado para que se dibuje sobre él la curva del año siguiente.

El sistema, que en principio se ha aplicado al control de filtraciones, es utilizable para cualquier parámetro de evolución cíclica relacionada con el nivel del embalse.