

# Obras hidráulicas

MANUEL DEL CAMPO, Dr. en Ciencias Químicas

La segunda ponencia de estas jornadas, está dedicada al estudio de los problemas que presenta la durabilidad del hormigón de las estructuras que constituyen las obras hidráulicas.

Si la función específica de la obra hidráulica consiste en:

- a) almacenar el agua para su aprovechamiento adecuado como fuente de energía;
- b) su más correcta distribución sobre la superficie terrestre, llevándose con ello a cabo los amplios planes de regadío, y
- c) el abastecimiento y saneamiento de los centros urbanos, grandes y pequeños.

Se comprende fácilmente el enorme interés que presenta tal tipo de estructuras en un país como el nuestro, en el que por sus características hidrológicas y climatológicas se ha venido encontrando en determinados períodos, fuertemente colapsado en esos tres aspectos anteriormente reseñados.

Que ello es así lo pone claramente de manifiesto el hecho de que las inversiones llevadas a cabo, durante el año 1971 por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, han ascendido a la cantidad aproximada de 16.000 millones de pesetas. Afortunadamente, de esa partida tan importante, tan sólo el 3,0 % está dedicada a la reparación y conservación de la obra hidráulica realizada.

En términos generales, se puede decir que la obra hidráulica se ejecuta sobre la superficie del terreno; es una obra a cielo abierto, sin que ello no implique el que la relacionada con la Ingeniería sanitaria (abastecimiento de agua, saneamiento de poblaciones etc.), tenga, preferentemente, carácter de obra subterránea.

En cualquier caso, el denominador común de la estructura de hormigón dedicado a la obra hidráulica, es la de estar permanentemente en contacto con el agua, lo que lleva implícito una muy elevada posibilidad de deterioro. Ello puede ocurrir no sólo cuando el agua está fuertemente contaminada, sino también, y como es conocido, cuando se trata de aguas muy puras.

En uno u otro caso, el elevado poder de disolución del agua, bien sea sobre el hormigón endurecido o sobre el terreno por el que previamente ha discurrido, ha sido, en un buen número de ocasiones, el motivo suficiente para afectar sensiblemente a la durabilidad del hormigón con ella en contacto.

Pero, puesto que con independencia de ese denominador común de la obra hidráulica que acabamos de citar, las características del hormigón de la presa, el canal o la tubería son totalmente diferentes entre sí, permítasenos hacer unos breves comentarios a todo aquello que, a nuestro juicio, tiene de específico cada tipo de obra, y que de no tenerse en cuenta puede afectar a su durabilidad.

El hormigón fabricado para la construcción de una presa se distingue del hormigón de otro tipo de estructura, no sólo por las condiciones de trabajo a que va a estar sometido, sino por las características especiales de su fabricación y su puesta en obra. La construcción de una presa exige el montaje de complejas instalaciones de hormigonado que permitan fabricar un hormigón homogéneo, de buena calidad y a un ritmo de colocación en obra elevado.

Con independencia de su resistencia mecánica, que en cualquier caso deberá cumplir con la exigida, su impermeabilidad es sin duda la cualidad específica requerida para el hormigón de presa. Esto, no tanto por la importancia de las filtraciones que a través de la masa de hormigón puedan introducirse, sino por el hecho de que, de no darse aquella condición de impermeabilidad, la durabilidad de la obra puede verse seriamente afectada, debido, entre otras causas, a las severas condiciones climatológicas que en términos generales rodean al conjunto de la obra.

Por otro lado, por tratarse de grandes masas de hormigón cuya colocación ha de efectuarse a ritmo elevado, hay que prever se desarrollen cantidades de calor importantes y ello puede dar lugar a la fisuración de la estructura en el lento y desigual proceso de enfriamiento. De ahí la necesidad que tiene el Técnico de elegir el conglomerante más adecuado de acuerdo con esa característica, estudiar la dosificación más correcta, así como vigilar la puesta en obra y curado del hormigón, conjunto de operaciones que, en términos generales, son directamente responsables de la durabilidad de la obra ejecutada.

Por otro lado, el terreno que, en general es siempre un condicionante para la ejecución de todo tipo de obra, cobra una importancia singular en el caso de las presas, y ello es así no sólo porque incide de forma decisiva sobre la economía de la obra, sino porque de él depende en gran parte su seguridad: resistencia, estabilidad e impermeabilidad del terreno. Estos son tres aspectos fundamentales cuyas buenas o malas características afectan, de forma definitiva, a la durabilidad de la estructura.

Por fortuna, la seria responsabilidad de la gran empresa hidroeléctrica, concedora con todo detalle de los muy diversos problemas que presenta el conjunto cerrada-vaso, determina el cuidado exquisito con que lleva adelante todas las fases de estudios previos, proyecto, elección, control de materiales y ejecución de obra y ello es, a nuestro juicio, el factor determinante de la gran durabilidad que, en términos generales, presenta este tipo de estructuras.

Sin duda, uno de los problemas que, de no vigilarse, podría afectar a la durabilidad de ese hormigón, es el relacionado con el deslavado que las aguas muy puras, pueden ocasionar, por su continuo contacto con la superficie del hormigón. El agua de lluvia o la que discurre por la alta montaña no presenta, en general, un contenido elevado de sales disueltas. Sin embargo, suelen tener carácter ácido por su contenido en ácido carbónico, que se ha formado al disolver el anhídrido carbónico de la atmósfera. Para tales aguas, el valor de su pH, no es un índice adecuado para evaluar su agresividad frente al hormigón. Aguas carbónicas que presentan un pH 7, es decir neutro, pero que contienen una pequeña cantidad de bicarbonato cálcico disuelto, pueden ser fuertemente destructivas del hormigón, por el hecho de que tales aguas pueden disolver cantidades importantes de carbo-

nato o hidróxido cálcico. Por el contrario si la concentración de bicarbonato cálcico disuelta en el agua es mayor, aun cuando el agua presente un pH 6 ó incluso 5, pueden no ser agresivas. El equilibrio, bicarbonato cálcico-carbonato cálcico-ácido carbónico, que en uno u otro caso se establece, es el que rige el contenido en carbónico agresivo que el agua contiene que es, en definitiva, el que imprime al agua carácter de agresividad. La presencia, sin embargo, de otras sales disueltas, del tipo de cloruros o sulfatos, modifica el equilibrio comentado anteriormente y con ello el carácter agresivo del carbónico libre, de forma tal que aumenta en presencia de cloruros y disminuye si el agua contiene sulfato cálcico.

Si las características del hormigón empleado en la construcción de canales utilizados para la conducción y distribución del agua almacenada, difieren sensiblemente del empleado en la construcción de la presa, no quiere decir que en la elección de sus materiales (cemento, áridos, agua de amasado) y su ejecución, no exija el tener que tomar todas aquellas precauciones necesarias para que ese hormigón, aparentemente más liviano, sea capaz de cumplir con su misión.

A nuestro juicio, desde el punto de vista de su durabilidad, el hormigón que constituye la canalización, está sometido, en general, a unas acciones agresivas más intensas y variadas que el hormigón de la propia presa. Por un lado la distinta naturaleza de los terrenos en los que el canal se asienta; por otro, la acción disolvente y disgregante que desde el punto de vista químico y físico, ejerce sobre él el agua en movimiento que conduce; y en fin los bruscos cambios de temperatura a los que se puede ver sometido, son todas ellas condiciones adversas que influyen sobremanera en su buen comportamiento.

Sabido es que los terrenos yesíferos han sido, desde el comienzo de la explotación del canal, origen de serias perturbaciones. Pero el rotundo axioma de que “la mejor defensa contra el yeso es huirlo”, además de no ser cierto en un buen número de casos, no es aplicable a la obra de ingeniería hidráulica, donde la rígida imposición de la rasante del canal obliga a atravesar terrenos yesíferos, que no pueden ser soslayados ni siquiera por la construcción de costosos sifones o galerías.

El ingeniero tiene, en estos momentos, a su disposición muy diversos tipos de conglomerantes y técnicas de construcción, entre las que destaca por su importancia la prefabricación, para que bajo su control riguroso, sea posible llevar a cabo canalizaciones de hormigón capaces de resistir acciones adversas del medio que le rodea.

La tubería de hormigón, de amplio uso en el abastecimiento y saneamiento de los centros urbanos, material que también entra dentro del campo de los prefabricados, exige el control esmerado de cada uno de los materiales que la constituyen, así como una buena técnica de fabricación. Una vez más, en este tipo de estructura, las características del terreno sobre el que va a ir depositada y las del líquido que ha de transportar, impondrán las que ha de cumplir el hormigón de la tubería, que en unos casos, actúa como único medio resistente y en otros como protector del alma metálica que constituye el tubo.

Es importante hacer resaltar, que los tratamientos de curado a los que se somete el tubo en el proceso de fabricación, tanto si son naturales como si son artificiales, pueden dar origen al agrietamiento del hormigón. En unos casos tal situación determina la pérdida de estanquidad del propio tubo, y en otros hará ineficaz la protección que se pretende dar a la armadura y estructura metálica incorporada, por lo que puede sobrevenir su corrosión.

Deficiencias en el sistema de juntas utilizado en el empalme de la tubería, suele ser, en buen número de casos, el origen de la destrucción del hormigón como consecuencia de las fugas de agua que ello ocasione y entrar aquélla en contacto con el terreno.

Entre las diversas formas de ataque a que puede verse sometido el hormigón de una tubería, la provocada por agentes biológicos y principalmente microorganismos, sea tal vez la menos conocida. Se puede presentar en instalaciones de alcantarillado, aun cuando también se sabe, se ha producido en aguas de recirculación en sistemas de enfriamiento.

El ataque de hormigón de alcantarillado se puede presentar cuando hay gran cantidad de materia orgánica, como así ocurre muy especialmente en descargas de industrias de alimentos y mataderos.

La presencia de compuestos de azufre es la que “alimenta” la acción de las bacterias, produciéndose la corrosión del hormigón por origen microbiológico. En una primera fase del proceso, las bacterias anaerobias determinan la reducción de los sulfatos y otros compuestos de azufre, dando origen a la formación de ácido sulfhídrico, que poco a poco se va desprendiendo en estado gaseoso y pasa a la atmósfera de la alcantarilla. En una segunda fase actúan las bacterias aerobias, que oxidan el ácido sulfhídrico produciendo, primero, anhídrido sulfuroso, posteriormente, anhídrido sulfúrico y que finalmente se combinan con el agua formando ácido sulfúrico, responsable en último extremo del ataque al hormigón. Esto se pone de manifiesto con la formación de depósitos blancos deleznales, que provocan su desintegración.

Numerosas medidas pueden tomarse para proteger a ese hormigón, cuando sea previsible un ataque como el descrito. Desde la intensa aireación, para conseguir el secado de la clave del tubo, hasta el uso, en la confección del hormigón, de todos aquellos cementos cuya resistencia a la acción de los sulfatos es conocida.

Termino mi exposición agradeciendo a Cementos Molins, S. A., la comunicación que sobre el cemento aluminoso presenta a estas primeras Jornadas de Durabilidad.

Por tratarse de un cemento especial, cuyo uso en determinadas obras hidráulicas que hemos comentado, puede tener una indudable aplicación, merece la pena escuchar con atención las precauciones que hay que tomar en la preparación y puesta en obra del hormigón fabricado con ese cemento.