

# hormigón en aguas y terrenos agresivos

Trabajo resumido y comentado por PABLO GARCIA DE PAREDES Y GAIBROIS,  
Jefe de la Sección de Estudios Especiales de Aglomerantes del I. E. T. C. C.

El Dr. Ingeniero H. J. Wierig, del Laboratorio de la Industria del Cemento de Westfalia, ha publicado, en la revista «Bau und Bauindustrie» (núm. 6 de 1961), un interesante artículo acerca de la Preparación del hormigón en aguas y suelos agresivos, del cual entresacamos las siguientes notas con la complacencia que supone encontrar totalmente coincidentes, las opiniones del Dr. Wierig con el contenido de las «Recomendaciones» publicadas en la Instrucción sobre hormigón armado H. A. 61 de este Instituto.

## 1. Generalidades

Por fortuna, no es frecuente tener que hormigonar en suelos y aguas agresivas, pero en los casos que esto se presenta es necesario que el ejecutor del proyecto tenga ideas claras sobre las precauciones que debe adoptar; en los casos muy difíciles se impone la consulta a especialistas.

Los agresivos del hormigón se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- 1) Agentes externos, que actúan disolviendo la pasta cementante.
- 2) Agentes, residentes en el hormigón, que lo destruyen por agrietamiento.

Como ocurre siempre que de agentes naturales se trata, existen muchos que pueden incluirse en los dos grupos y otros cuyas acciones poseen, además, otras características.

Muy repartidos en la naturaleza se hallan los representantes de estos dos grupos; tales son las aguas ácidas o muy puras, pertenecientes al primero, y los sulfatos, típicos agresivos del segundo.

Los agentes destructores de las aguas y suelos confieren a éstos unos caracteres externos especiales que sirven de síntoma valioso para anunciar un ataque. Tales son el mal olor, la separación de sales cristalizadas, el color oscuro y la existencia, en las aguas, de burbujas gaseosas. Un conocimiento exacto de su «toxicidad», sólo puede conseguirse a través de un análisis adecuado realizado por los Institutos idóneos.

## 2. Corrosión del hormigón por los ácidos

La hidratación de los conglomerantes utilizados en la Construcción engendra productos de carácter químico «básico», es decir, totalmente antagonista de los ácidos. Cuando el hormigón sufre el ataque ácido, la pasta cementante se disuelve progresivamente y el efecto destructor prosigue su marcha hacia el interior de la pieza atacada (fig. 1).

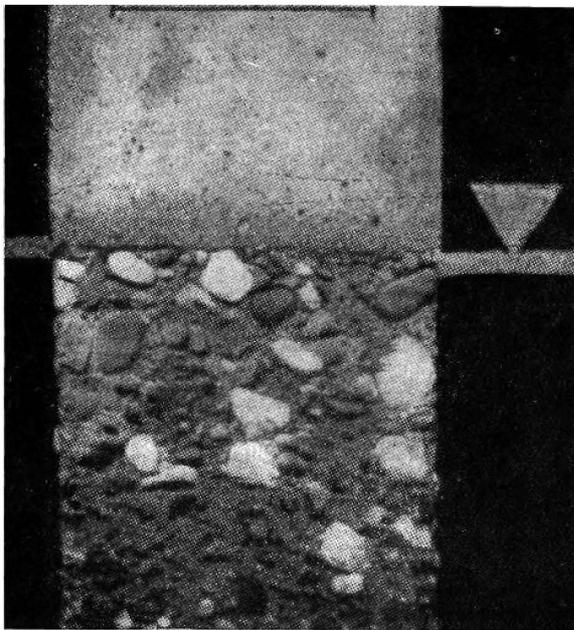


Fig. 1.—Ataque de áridos sobre el hormigón. La parte superior de los prismas de hormigón se sometió al ataque ácido.

La velocidad del ataque depende de la «fuerza» del ácido, indicada por su «pH»; también influyen la edad del hormigón, la naturaleza de los áridos que contenga y, en el caso de una corriente líquida, la velocidad y temperatura de la misma. Es inútil tratar de elegir un conglomerante que resista esta erosión; todos son atacables.

### 3. Corrosión del hormigón por los sulfatos

La forma que reviste el ataque por los sulfatos es radicalmente distinta de la descrita anteriormente.

Entre los compuestos que forman los conglomerantes y a los que deben, cuando se hidratan, sus cualidades hidráulicas, se halla uno, constituido por calcio y aluminio, el aluminato tricálcico. Este se combina con los sulfatos de suelos y aguas y forma otro compuesto cuyo volumen es mayor que la suma de los volúmenes de sus constituyentes; consecuencia de este incremento de volumen es la aparición de una presión en el interior de los poros y canalillos de la masa del hormigón que da lugar a un agrietamiento, con la consiguiente destrucción de la estructura y el progresivo avance del ataque (fig. 2).

Actualmente se fabrican conglomerantes exentos de aluminato tricálcico o que lo contienen en cantidades menores que el 6 por 100 ponderal; esto les confiere una inmunidad frente al ataque por sulfatos incrementada por otros factores que aumentan la compacidad y la resistencia mecánica del hormigón y coadyuvan a la durabilidad del mismo.

En los conglomerantes siderúrgicos es conveniente comprobar la resistencia al ataque, pues las escorias que les componen pueden tener alúmina reactiva frente a los sulfatos.



### 4. Precauciones que deben adoptarse para hormigonar en tierras y aguas agresivas

#### 4.1. Medidas generales:

Es de importancia suma la obtención de un hormigón muy compacto.

1) Hay que procurar alcanzar el mínimo posible en el volumen de poros.

2) El conglomerante debe carecer de tendencia a la segregación. Sobre el tamiz de 4.900 mallas  $\text{cm}^2$ , sólo debe dejar un residuo del 3 al 8 por 100 ponderal.

Fig. 2.—Ataque de sulfatos sobre el hormigón. La parte inferior de los prismas de hormigón se sometió al ataque de sulfatos.

3) El hormigón deberá contener cantidad suficiente de áridos con un diámetro menor o igual a 0,02 mm. La cuantía de éstos depende del tamaño medio de los áridos gruesos. Es conveniente que, en 1 m<sup>3</sup>, se encuentren éstos «muy finos» en las cantidades siguientes:

Para áridos de 7 mm ... ..	500 kg
Para áridos de 15 mm ... ..	450 kg
Para áridos de 30 mm ... ..	400 kg

En estas cantidades se debe incluir el peso de conglomerante proyectado para el hormigón; en caso de no alcanzarse esas cantidades, se pueden completar con puzolanas o con cuarzo molidos finamente.

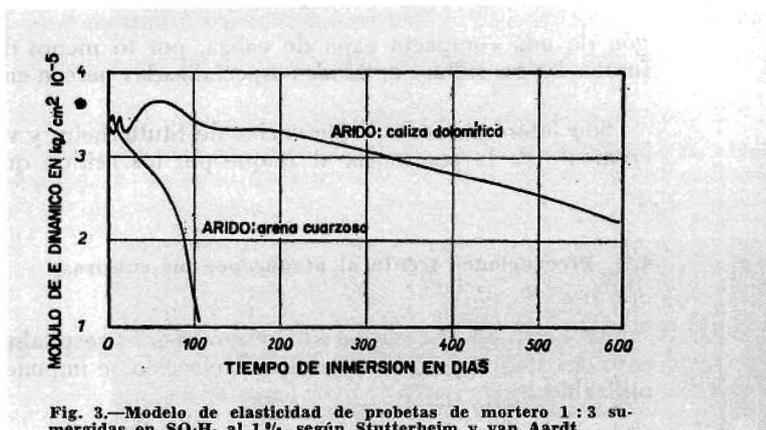


Fig. 3.—Modelo de elasticidad de probetas de mortero 1:3 sumergidas en SO<sub>3</sub>H<sub>2</sub> al 1%, según Stutterheim y van Aardt.

- 4) La granulometría de los áridos debe ajustarse a la línea E de la norma DIN 1045.
- 5) La relación agua/cemento influye extraordinariamente en la compactación; en general, no deberá ser mayor de 0,6 y, ante medios muy agresivos, inferior a 0,5.
- 6) Para obtener un hormigón compacto es necesario un encofrado estanco que evite la pérdida de conglomerante como lechada.
- 7) En cuanto sea posible se cuidará de evitar las soluciones de continuidad entre tongadas sucesivas. Por lo menos se procurará que no se correspondan.
- 8) Es de mucho interés la compactación del hormigón reciente; un índice de ella puede ser la consistencia. Cuando se opera con una relación agua/cemento constante, se puede regular la compactación a través de la cantidad de pasta cementante. En los hormigones secos se consigue la compactación mediante el vibrado; en los semi-secos y blandos, por picado con barra.
- 9) Los fluidificantes pueden disminuir la cantidad necesaria de agua y facilitan la colocación.
- 10) Para evitar la formación de grietas, se mantendrá el hormigón protegido de la desecación durante un plazo no menor de 15 días.

#### 4.2. Precauciones especiales frente al ataque ácido.

Ya se ha indicado que todos los conglomerantes hidráulicos son destruidos por ácidos fuertes.

Las precauciones adoptables variarán según la concentración del ácido (pH) y la clase de suelo o de agua. Por ejemplo, no es indiferente que se trate de agua estancada o corriente.

En general, un hormigón bien preparado y compacto no necesita especial protección si el medio que le rodea tiene una acidez correspondiente a pH entre 6 y 7, y una cantidad de carbónico «agresivo para la cal» de 10 mg/l. Siempre es necesario que el hormigón se conserve, antes de entrar en contacto con el medio agresor, en ambiente húmedo (no bajo agua) por lo menos de 6 a 8 semanas.

Cuando el pH descienda a 6 ó a 5 y el carbónico «agresivo para la cal» suba hasta situarse entre 10 y 30 mg/l, se hace necesario un tratamiento superficial protector; por ejemplo, la fluatización, la pintura con alquitrán caliente, etc.

Para valores del pH menores de 5 es necesario seguir las instrucciones de las normas AIB DIN 4117 o de la DIN 4031. Caso de no poder seguirlas por la naturaleza del trabajo, habrá que recubrir el hormi-