

EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD, tan estudiado y tan bien conocido actualmente, tanto en su sentido digamos filosófico como en su concepto estadístico o probabilístico es, en muchos casos, la causa de una pobre durabilidad. Lo es porque su aplicación a cada tipo estructural requiere un concienzudo estudio que no siempre se está en condiciones de llevar a cabo, y las condiciones límite de servicio pueden, y de hecho se manejan, de forma incompleta, sacrificando en aras de la economía de primer establecimiento, o simplemente de una pereza mental, dimensiones que a efectos de un ensayo en laboratorio apenas si tienen valor, pero que en la realidad de la obra cobran, respecto de la durabilidad, la misma importancia muchas veces insospechada por los propios proyectistas. No olvidemos que en determinadas estructuras, un firme rígido, pongamos por caso, el rebasar un número considerable de veces tensiones no muy superiores al 50 %, de los que en otras estructuras se consideran admisibles, acorta la duración de la obra en proporciones realmente sorprendentes.

Finalmente, la capacidad de duración del material en sí mismo —sin tensiones, con tensiones débiles, prolongadas o repetidas—, es por supuesto un factor importante en la durabilidad de la obra, especialmente si esa obra está sometida al ataque de agentes agresivos. Este es el aspecto sobre el que los Centros de Investigación han concentrado su atención estos últimos años y, por lo tanto, la faceta del problema mejor conocida; pero no debe perderse de vista esta vertiente que, si bien es de gran importancia, no es la única, ni mucho menos, y que a fin de cuentas el comportamiento en el tiempo de una construcción depende, por lo menos, de los parámetros que me he permitido reseñar, a los que estoy seguro que Vds., en estos días, habrán de añadir algunos más.

Cuanto antecede, sin pretender constituya ninguna novedad, señala lo que en mi opinión son algo así como los puntales que sostienen la durabilidad de las obras, o con un criterio más pesimista podríamos decir que son los puntos negros por donde la durabilidad se resiente y no podemos pasar por alto que el objeto último de éstas y otras Jornadas que se sucedan es crear una conciencia y contribuir al estudio y aplicación de unas ciencias, unas técnicas, unas reglas y unos valores numéricos que garanticen, en la medida que esto sea posible que, nuestras viviendas, nuestros edificios, nuestros puentes, nuestros firmes y, en general, todas nuestras construcciones, sirvan para lo que fueron construidas durante todo el tiempo previsto.

Quedan abiertas las Primeras Jornadas de Durabilidad de las Construcciones.

A continuación, el Sr. Arredondo, desarrolló el siguiente tema:

## La durabilidad del hormigón y el medio ambiente

Sean mis primeras palabras para daros la bienvenida y para agradecer a todos vuestra presencia en estas Primeras Jornadas de Durabilidad.

Cuando un grupo de técnicos experimentados se reúne para tratar seriamente de un tema, existe una gran probabilidad de llegar a un fin que tenga interés, de obtener unas conclusiones relevantes y de perfilar unas líneas para el futuro.

No es extraño, entonces, que os demos una cordial bienvenida, que os deseemos una grata estancia entre nosotros, porque, a decir verdad, estas cosas nos gustan, nos apasionan, y estimamos que estudiando juntos con vosotros un problema cumplimos nuestros fines, vivimos vuestra realidad y nos señaláis un camino que es, sin duda, el que a la construcción española le interesa en este aspecto y en este momento.

La vida de nuestras obras está llamada a ser de decenas de años, cuando no de siglos, y durante su vida útil la obra debe dar su servicio correctamente y su coeficiente de seguridad global no debe, en ningún caso, alcanzar valores peligrosos.

La obra debe durar no menos que el tiempo para el que ha sido calculada.

Y téngase en cuenta que no atribuyo aquí la falta de duración de la obra a unos efectos mecánicos que pueden producirse por: un proyecto equivocado, una ejecución defectuosa, un aumento imprevisto de los esfuerzos que actúan sobre ella, etc. Me refiero a la resistencia que debe tener la obra y los materiales con que está hecha, al medio ambiente que la rodea; a ese terreno en el que se asienta, a ese agua que baña sus paramentos, o a ese aire en el que está inmersa.

Esto es, a grandes rasgos, lo que entendemos por durabilidad, y esta propiedad de las construcciones nos preocupa, y cada día el problema se agrava porque, por una parte, la presión económica y hasta en cierto modo la estética, nos fuerzan a soluciones más esbeltas, más airovas, con menores espesores y en peores condiciones, por tanto, para resistir los probables ataques del exterior; y por otra parte las condiciones externas son cada vez más agudas, más duras, más agresivas.



Como he dicho, este problema se agrava de día en día y esto es lo que nos ha movido a organizar unas Jornadas de Durabilidad.

Al estudiar los materiales de construcción siempre hablamos de que hay unos más durables que otros; siempre ponemos como ejemplo de durable a las piedras naturales, sobre todo a algunas, y, en cambio, si medimos a todos los materiales con este rasero queda muy mal parada la madera ya que, por proceder de un ser vivo, su muerte es inevitable.

Y hablamos de estos materiales porque son los que desde épocas prehistóricas se han utilizado para la construcción; pero existen otros materiales más modernos y de primera fila que, por serlo, reclaman vehementemente nuestra atención; me refiero a los materiales metálicos y al hormigón.

Es cierto que el hormigón se ha usado desde muy antiguo; nos hablan los libros de los hormigones que hacían los romanos con cal y puzolana, pero no nos referimos a estos hormigones, nos referimos al hormigón tal como lo conocemos hoy, al hormigón estrella de primera magnitud en el firmamento de los materiales y éste es mucho más reciente.

El hormigón nace de la piedra y vuelve a ser piedra, y si a efectos resistentes tiene ventajas aquél sobre ésta, desde el punto de vista de la durabilidad la cosa no es tan clara. El hormigón tiene un principio activo, el cemento, cuyo comportamiento ante ciertos agresivos puede ser peor que el de la piedra.

Los primeros ensayos para producir el cemento portland se hicieron hace dos siglos, y las primeras patentes son de hace siglo y medio; no puede el hormigón compararse en edad con los menhires de Karnak, con las pirámides de Egipto o con el más reciente acueducto de Segovia.

Con el ímpetu que le confiere su juventud, el hormigón ha recorrido su camino rápidamente y ha alcanzado un puesto privilegiado entre los materiales de construcción, sobre todo cuando en perfecto maridaje con el acero, con o sin tensión previa, ha hecho que no haya un rincón del mundo sin su presencia.

Como el saber humano es cada vez mayor, y como el hablar de la durabilidad de todos los materiales que concurren en una obra pública y más aún en un edificio, nos llevaría meses, nos hemos visto obligados a reducir el tema; y vistas las características que presenta el hormigón, con acompañamiento o no de acero, vamos a limitarnos a estudiar la durabilidad del hormigón, vamos a poner el teleobjetivo a nuestra máquina de fotografía, con lo cual reducimos el campo y ampliamos la imagen.

En otras segundas, terceras, cuartas, etc. Jornadas de Durabilidad trataremos de otros materiales, si es que Dios quiere que nuestra durabilidad personal sea suficientemente elevada.

Siempre que se quiere recalcar la firmeza, la estabilidad, la permanencia de una cosa la comparamos con la piedra: "Es firme como una roca" es frase corriente. Siendo el hormigón una piedra, aunque sea artificial, debía ocurrirle lo mismo. Pero esto no es así porque tampoco las piedras son tan firmes y tan estables como parecen a primera vista. No es extraño ver por el campo esos violentos plegamientos que a veces nos ofrece la naturaleza originados sin duda por un esfuerzo continuo y perseverante a través de los tiempos; o esas gargantas que en la roca ha formado el agua en su incesante discurrir.

Lo mismo le ocurre al hormigón; y dejando a un lado los problemas reológicos, porque no son del caso, también el suplicio de la gota de agua le afecta como a cada fiel cristiano. Y hago la comparación con el suplicio de la gota de agua porque siempre en los problemas de durabilidad está presente el agua de una forma o de otra.

El hormigón no es inalterable frente al ambiente que le rodea. Hay ambientes, claro, más inofensivos que otros, pero hay ambientes francamente agresivos. Ahora bien, todo proceso de alteración del hormigón es, por lo menos en sus comienzos, un fenómeno esencialmente superficial. Si reducimos, entonces, la posible superficie de ataque estaremos protegiendo al hormigón. Y para disminuir esa posible superficie de ataque nos veremos obligados a establecer una composición granulométrica del árido idónea, a amasar con poca agua, a compactar el hormigón cerrándolo perfectamente y a curarlo como es debido.

Si además usamos los materiales, conglomerantes y áridos adecuados, nos aproximaremos aún más al éxito.

Y todo esto, señores, tiene su importancia. El hacer bien el hormigón tiene una repercusión apreciable en su comportamiento futuro frente al medio ambiente en que tiene que realizar su función. De lo contrario, su vida se acorta y llegará antes a salirse de un límite razonable de seguridad, porque de acuerdo con esa frase castiza que dice que “todas las coplas acaban en Juan” también podemos decir que todos los problemas de durabilidad tienen como final que la resistencia mecánica se esfuma.

Pero, además, se nos presenta otro agravante que es la incesante variación de todo en esta vida. La frase lema de Heráclito de Efeso era ya en el siglo V antes de Jesucristo *Panta rei, todo fluye, todo evoluciona, todo cambia, nada es sino que todo deviene*. Y en efecto, hoy sigue teniendo actualidad completa esta frase, porque en un corto número de años, digamos desde principio de siglo, los cementos, ese medio activo del hormigón, han seguido una veloz carrera hacia la adquisición de mayores resistencias mecánicas y hacia que éstas sean más rápidamente adquiridas. Esto se consigue variando la composición química del cemento, principalmente aumentando la proporción de silicato tricálcico, o aumentando la finura de molido. Ambas cosas afectan desfavorablemente a la durabilidad.

La prisa, que es una de las plagas de nuestra época, hace que nadie se pare a seleccionar los áridos y a comprobar si su naturaleza o su excesiva finura pueden ser perjudiciales para el conjunto. Y claro, para ser rápidos los períodos de curado, no se respetan.

Pero no sólo cambia nuestro protagonista, el hormigón, sino que también cambia el medio ambiente que lo rodea y los procesos de contaminación que se están produciendo en los tres medios habituales: atmósfera, agua y tierra, empiezan a preocupar al mundo entero. Antes no nos preocupaban, y casi ni nos dábamos cuenta, del progresivo enrarecimiento de la atmósfera, de la inutilización de importantes recursos hidráulicos, etc., y si nos enterábamos lo considerábamos como un impuesto más que había que pagar para disfrutar de un mayor nivel de vida. Hoy sí nos damos cuenta y ya estamos empezando a pensar que dicho impuesto es demasiado alto.

Alguien ha dicho que el desequilibrio ecológico pone en peligro a la humanidad en el plazo de diez años. Estimamos que no hay que ser tan pesimista, porque si fuera cierto el peligro y fuera verdad el plazo, no merecía la pena que nos esforzáramos en prolongar demasiado la vida del hormigón.

Todo ha cambiado. La atmósfera de nuestros campos ya no es la que respiraba “la vaquera de la Finojosa”. Las aguas de nuestros ríos no son las aguas puras y limpias que

bebían los rebaños apacentados por Salicio y Nemoroso. Nuñez de Arce, en uno de sus poemas de mayor fuerza expresiva, nos habla de una torre

... ..  
que un rey mandó edificar  
a manera de atalaya  
para defender la playa  
contra los riesgos del mar.

Nos vemos hoy obligados a defender nuestras construcciones de los riesgos del mar, si bien es cierto que son muy otros de los que imaginara el poeta.

Y ¿qué decir de las atmósferas urbanas? En estos ambientes, según parece, la combustión es el peor contaminante atmosférico agravado hoy por los productos de escape de los motores de combustión interna.

Ya en el siglo XIII este problema dio origen a un edicto real que prohibía el uso de carbón en las ciudades, debido a su olor desagradable y a que irritaba las mucosas nasales y la garganta.

En el siglo XIII no existía el hormigón de cemento portland, pero hoy sí, y el azufre contenido en los carbones, después de las transformaciones correspondientes, es altamente perjudicial para el hormigón en las ciudades industriales modernas.

Otro gallo nos cantara si hubieramos seguido la idea de un autor mejicano que, por obsequiar a una dama, pretendía nada menos que “alfombrar con claveles la Gran Vía”!

Es cierto que existen medios tecnológicos para purificar el ambiente que nos rodea, ya que los vertidos gaseosos y líquidos que constituyen los desechos industriales pueden depurarse; pero el problema no es técnico, es económico; el costo de las instalaciones depuradoras puede representar de un 5 a un 15 % de la inversión industrial total y esto no está siempre al alcance de las posibilidades financieras de una empresa.

En fin, señores, este panorama y estos problemas que aquí se van a tratar no son problemas nuestros exclusivamente; también fuera de España se les ha dedicado atención y pruebas de ello son el Coloquio RILEM de Praga de 1969 sobre durabilidad del hormigón y que en el CEMBUREAU haya un comité dedicado al estudio de estos problemas y, por cierto, presidido por un español.

Todo el conjunto de circunstancias que he expuesto es lo que nos ha aconsejado organizar estas Jornadas de Durabilidad dedicadas, en su edición de 1972, al hormigón para adquirir un conocimiento de los problemas que existen y de cuáles son sus causas, para tratar de encontrar procedimientos que nos permitan prever la posibilidad de aparición de un proceso destructor o comprobar la eficacia de una medida protectora y para fijar, si es posible, unas conclusiones que eviten la destrucción e incrementen la durabilidad.

Si los ambientes técnicos se mentalizan en esta línea, nos damos por satisfechos; por esto, en la organización de estas Jornadas, hemos buscado la colaboración de una serie de Organismos y Empresas interesadas en el tema. Estos han sido nuestros colaboradores:

- Dirección General de Industrias Químicas y para la Construcción.
- Dirección General de Arquitectura.

- Laboratorio Central de Ensayo de Materiales del Ministerio de Obras Públicas.
- Agrupación de Fabricantes de Cemento.
- S E O P A N.
- Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.
- Centro de Estudios e Investigaciones del Agua.
- Servicio Geológico de Obras Públicas.
- Dragados y Construcciones.

A todos los representantes de estos organismos que nos han acompañado en la Comisión Organizadora, mi agradecimiento, lo mismo que a los ponentes, a los presidentes de las diversas sesiones, a todos los que intervengan en las discusiones con comunicaciones escritas o verbales y a todos los presentes otra vez.

Deseamos vivamente que este tema de la Durabilidad, tema que lleva estudiándose en este Instituto casi 25 años y en el que ya hay especialistas, experiencia, resultados, medios, etc., llegue a prender en la conciencia técnica de las gentes, contagie a todos los estamentos involucrados en la construcción y preocupe a las mentes proyectistas y constructoras. Si esto se consigue hemos alcanzado un beneficio indudable para la industria de la construcción y, por tanto, para la economía nacional.