

Misión del investigador en los problemas de durabilidad

PABLO GARCIA DE PAREDES Y GAIBROIS, Lcdo. en Ciencias Químicas. Investigador científico

¿Es poco durable el hormigón? Decía von Bayer “que los hechos son cosas tercas”, y la realidad nos impone el admitir que el hormigón a veces no responde a las esperanzas de quienes lo preparan y utilizan.

DEFINICIONES

La investigación

En el número de marzo actual de la revista “ARBOR” del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Dr. D. Carlos Sánchez del Río define la Ciencia como el conjunto de los conocimientos adquiridos mediante la observación y la abstracción.

La Investigación Científica es toda actividad que conduzca a una expansión de la Ciencia, *en cualquier sentido y no sólo en profundidad*. La tecnología es la experiencia acumulada en la aplicación de la Ciencia a la consecución de efectos útiles.

Utilizando estos conceptos del Dr. Sánchez del Río, podemos admitir que el concepto de “Durabilidad”, en el caso concreto de la construcción, queda muy bien perfilado por la definición que el Prof. Oldrich Valenta sustentó en el II Simposio de Praga.

Según él la durabilidad del hormigón es el conjunto de cualidades del mismo que le permite poseer, al final de la prevista vida útil, un coeficiente de seguridad aceptable. Y no creo impropio denominar “coeficiente” en lugar de índice, pues la cualidad más solicitada del hormigón es su resistencia mecánica que es consecuencia de su inalterabilidad físico-química.

Frente al problema de la durabilidad, el investigador, sea cualquiera su titulación, se halla frente a tres misiones:

- conocimiento científico de las causas que provocan o modifican los procesos destructivos en el hormigón;
- métodos o modos de diagnosticar la posibilidad de un proceso destructor o la eficacia de una medida protectora, y
- recomendaciones o normas de modos operatorios que eviten las destrucciones e incrementen la durabilidad.

Estos tres tipos de tareas son los que han nutrido las reuniones internacionales que se han celebrado, unas dedicadas sólo a la durabilidad, otras que la incluían en el conjunto del conocimiento del cemento.

ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde el año 1897 tuvieron lugar reuniones promovidas por Asociaciones Internacionales de Ensayos de Materiales que incluían investigaciones sobre el hormigón; ya en 1948, el Simposio celebrado en Londres, tercero de los dedicados a la química del cemento, incluía dos ponencias, dedicadas, una a los aspectos físicos de la durabilidad y otra a la química de los procesos que limitan o que incrementan la inalterabilidad de los hormigones.

La Reunión Internacional de Ensayo de Materiales RILEM, en 1961, por iniciativa del Dr. O. Valenta, celebró en Praga el Primer Coloquio Internacional sobre la Durabilidad del Hormigón. Estuvieron representados 37 países con casi un centenar de comunicaciones. En 1968 la Universidad de Toronto organizó un Simposio en honor del Prof. Thorvaldson, referente a la conducta del hormigón en medios agresivos.

La RILEM, creó en 1963 un Comité Técnico dedicado a la durabilidad del hormigón y las estructuras; este Comité organizó el Segundo Coloquio Internacional, celebrado en Praga en 1969, que reunió en dos ponencias generales los trabajos presentados; estas directrices fueron:

- 1) cuestiones básicas, principios y métodos de ensayo de la durabilidad del hormigón, y
- 2) corrosión de las armaduras, y su prevención.

La ponencia primera, fue subdividida en tres temas:

- cuestiones generales;
- resistencia al hielo, y
- resistencia a los sulfatos y a los ácidos.

Asistieron más de 300 especialistas de 29 países y se presentaron casi 200 trabajos. España estuvo representada por el Dr. Calleja y los investigadores del I.E.T.c.c. contribuyeron con cinco comunicaciones.

La Organización Internacional CEMBUREAU encomendó los trabajos de investigación al Sub-Comité para el estudio del ataque químico del hormigón; integran el Sub-Comité investigadores de Alemania, España, Francia, Inglaterra e Italia; la presidencia y coordinación está a cargo de un español: D. José M.^a Balaguer de Pallejá; anualmente tienen lugar reuniones de trabajo para contrastar los resultados. Nuestro Instituto realiza trabajos cooperativos en dicho Sub-Comité, algunos de los cuales han nutrido "Cuadernos de Investigación"; el tema común lo constituyen la resistencia que diferentes tipos de conglomerantes ofrecen al ataque por disoluciones acuosas de sulfatos y cloruros.

El Servicio Geológico de Obras Públicas organizó un Primer Coloquio Internacional sobre las "Obras Públicas en los terrenos yesíferos", que tuvo lugar en estos locales en el año 1962; el número de comunicaciones presentadas, así como la contribución de los especialistas extranjeros, junto con los interesantes viajes y visitas a terrenos y obras, constituyen una valiosa aportación española a uno de los temas muy específicos de la durabilidad.

La Dirección de nuestro Instituto dedica desde su creación una ininterrumpida atención al estudio y experimentación de la durabilidad, tanto en escala de laboratorio como semi-real; estas proyectadas Jornadas son un índice del constante trabajo sobre estos temas.

OBJETIVOS PARA EL INVESTIGADOR

a) Conocimientos de causas y remedios

Una idea de la complejidad de los problemas la ofrecen los cuadros de factores que influyen en la durabilidad y que con carácter exhaustivo reunió el Comité C-1 de la Asociación Norteamericana de Ensayo de Materiales, A.S.T.M. (Anejos I, II y III).

En forma más concisa aparecen en el cuadro original del Dr. O. Valenta (Anejo IV); tal resumen puede muy bien servir de guía en el examen personal, necesario para responder a la encuesta que, a través de los documentos números 2 y 3, solicita la Comisión Organizadora de las Jornadas; el resultado está subordinado totalmente a la perfección que tal encuesta alcance y me permito rogar a todos su colaboración ya que, son Vds., hoy en este Coloquio y más tarde en las Jornadas, el elemento activo o protagonista de las mismas.

b) Métodos de diagnóstico

En su misión de servicio, el investigador encuentra la tarea más comprometida y a la par, más satisfactoria, al deber diagnosticar la posibilidad de un ataque, o lo que más generalmente se le pide, la resistencia de un material, entre ellos el conglomerante endurecido, como parte noble y activa del hormigón.

Los fenómenos de ataque, además de su complejidad, presentan casi siempre un carácter de lentitud, y los usuarios del hormigón requieren, generalmente, el veredicto en un plazo breve. Otro género de dificultades se origina en la necesidad de establecer un coeficiente de paso entre los métodos de laboratorio, casi siempre ideados como acelerados, y los ensayos a escala real. Estos últimos tienen la contrapartida de no ser reproducibles las condiciones reales en las que se desarrollan. Como información se ofrece el resumen y clasificación que el Dr. Nadu expuso en el Segundo Coloquio de Praga (1969) (Anejo V).

c) Recomendaciones y normas

Completa la misión social del investigador su contribución a la redacción de recomendaciones y normas para ayudar al usuario en sus diversas facetas.

Se puede, en un primer examen, considerar como tales los Pliegos Oficiales de Condiciones, ya que implícitamente tales documentos se confeccionan con el ánimo de obtener excelentes resultados en las obras, lo que equivale a decir, obras durables.

En España poseemos, además de las Instrucciones y Pliegos Oficiales, una norma, la UNE 4155, dedicada más especialmente a la durabilidad.

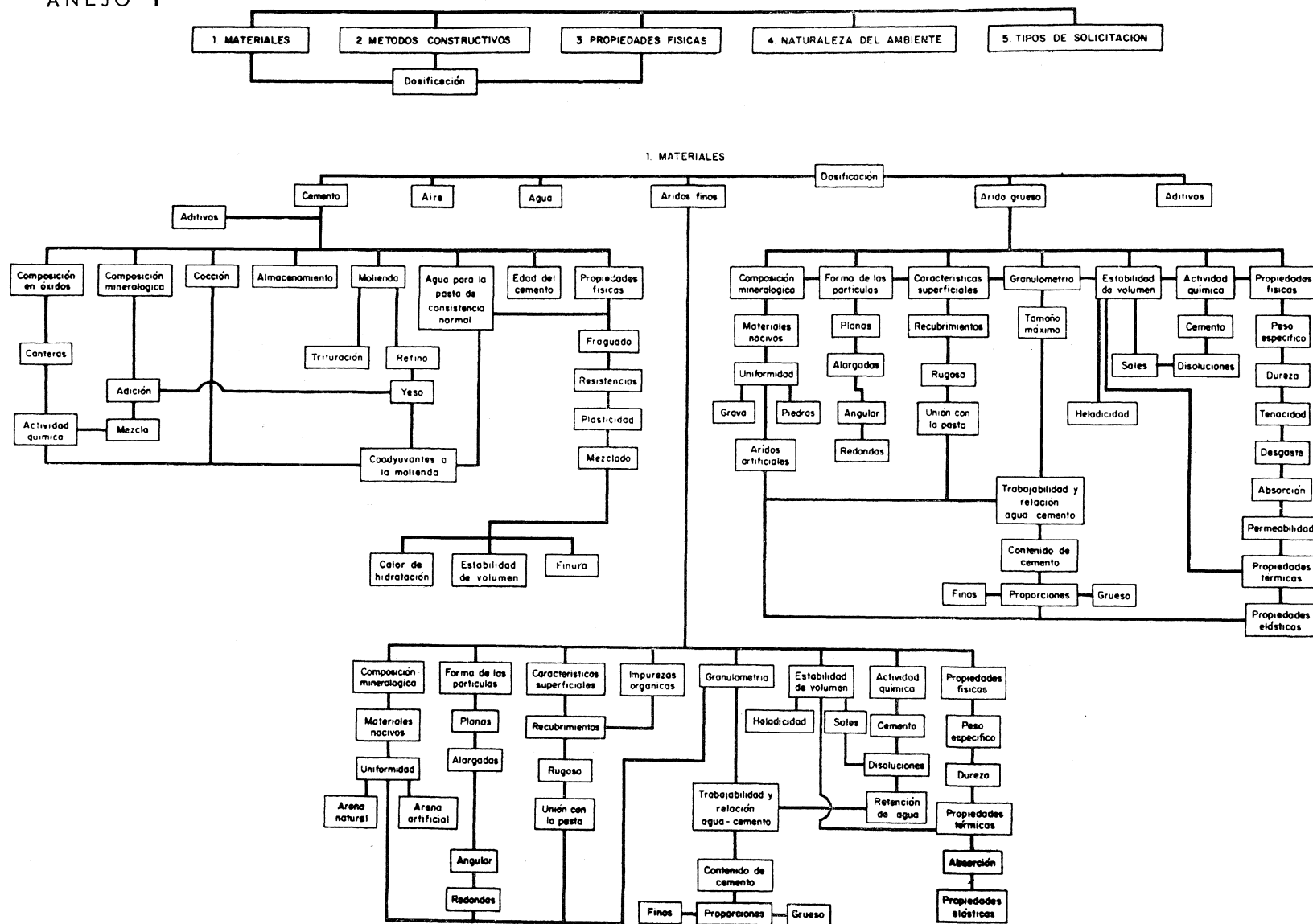
En el extranjero, tales documentos los han redactado casi todos los países. Precisamente un examen comparativo para adaptar las mejoras a las particulares condiciones españolas, creo que debe ser el objetivo más ambiciosamente perseguido por el conjunto de participantes en las futuras Jornadas, los cuales esperamos constituyan un eficacísimo equipo español de trabajo en el futuro.

De propósito he querido ofrecerles solamente un ligero esbozo de objetivos; me animó a ello mi convicción del papel activo que todos los presentes en este Coloquio deben adoptar.

Muchas gracias.

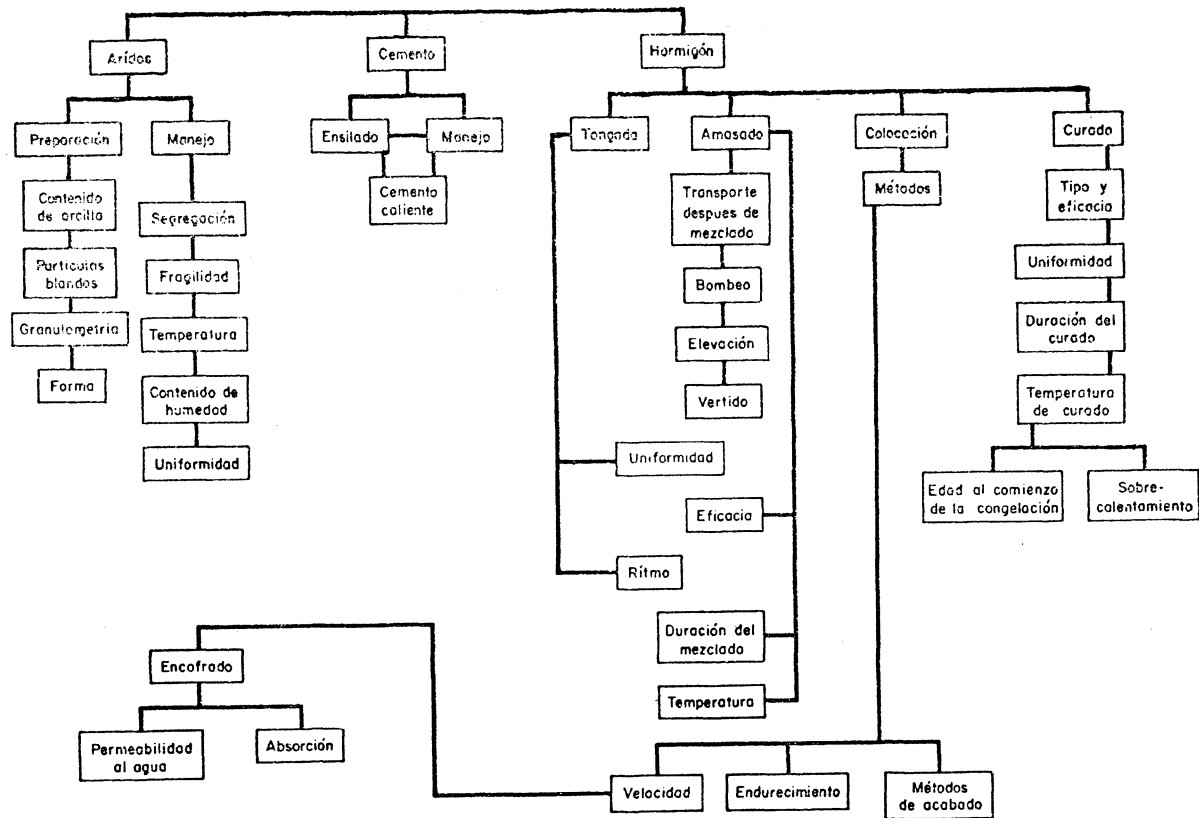
ANEJO I

ALGUNOS FACTORES QUE TIENEN INFLUENCIA SOBRE LA DURABILIDAD DEL HORMIGON

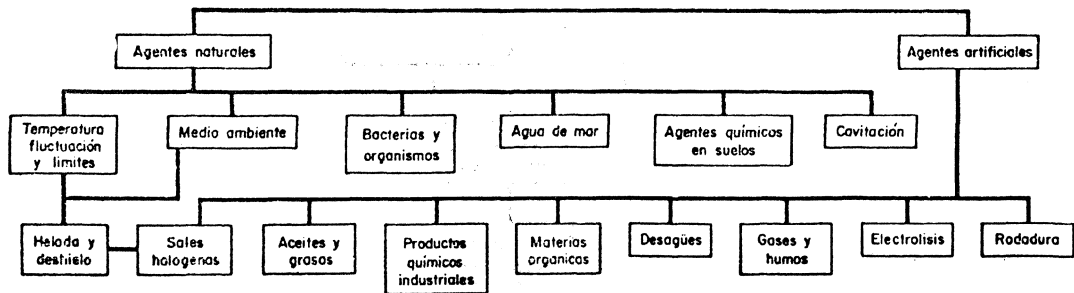


ANEJO II

2. METODOS CONSTRUCTIVOS

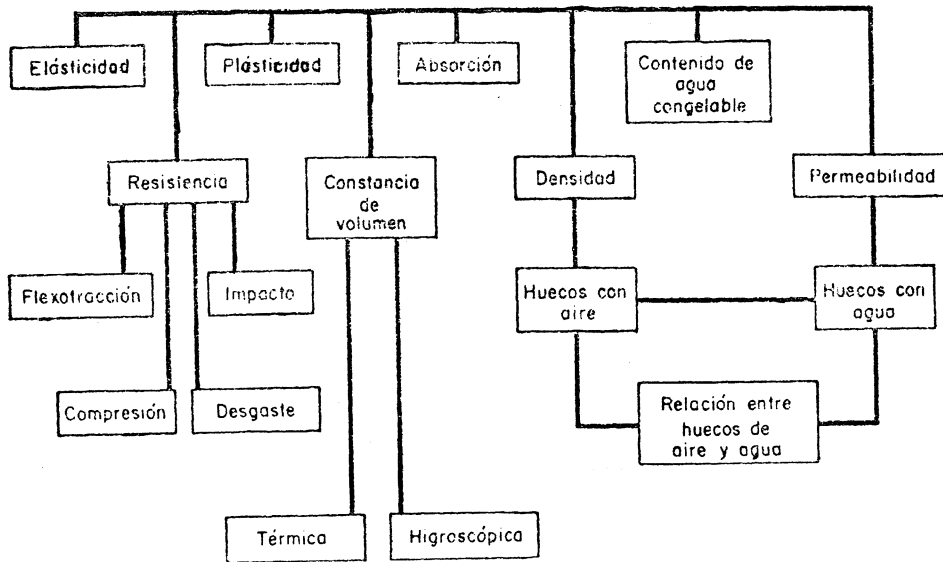


4. NATURALEZA DEL AMBIENTE

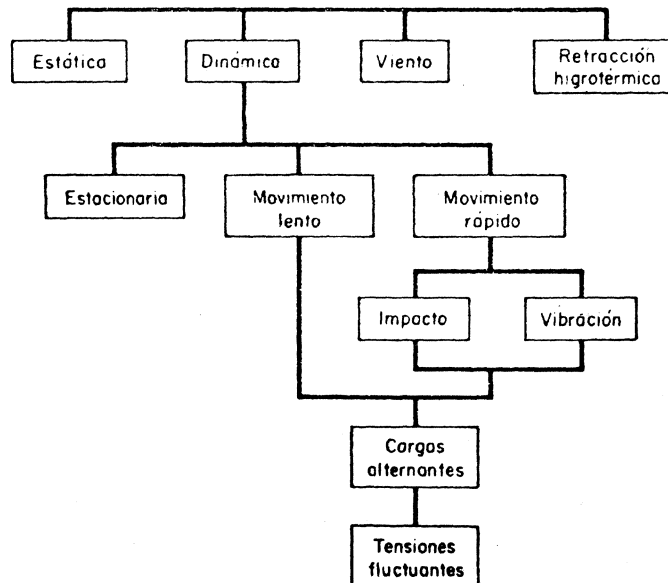


ANEJO III

3. PROPIEDADES FISICAS



5 TIPOS DE SOLICITACION



ANEJO IV

CLASIFICACION DE LOS AGRESIVOS Y SUS EFECTOS

O. VALENTA. V Simposio Internacional de la Química del Cemento, TOKIO, 1968

Grupos	Agente Agresivo	Efecto sobre el hormigón
Efectos mecánicos.	Carga, sobrecarga, choque. Impactos y rozamientos. Agua corriente y aire.	Grietas, principalmente en el conglomerante. Erosiones. Trituración. Erosión, cavitación.
Efectos físicos.	Variaciones de temperatura y diferencias. Cambios de humedad y no uniformidad. Fuego. Temperatura alta. Corriente eléctrica y radiación.	Grietas, fallos en la unión cemento/árido. Grietas y pérdida de unión cemento/árido. Grietas y cambios químicos. Corrosión armaduras, disolución enlace cemento/árido.
Efectos químicos.	Aire y otros gases. Aguas agresivas. Productos químicos. Suelos y suelos minerales.	Anulación enlace pasta/árido H_2S , SO_2 , CO_2 y NH_3 reaccionan. Anulación unión pasta/árido. Reacciones de H_2SO_4 ; sulfatos, aguas carbónicas, cloruros. Reacciones de ácido y sales ácidas. Reacciones de ácidos débiles, de sulfatos zeolitas.
Efectos biológicos.	Vegetación. Microorganismos (bacterias, formas microscópicas de vida orgánica).	Fisuras. Ataque por jugos. Humedad. Formación de sulfatos. Relajación mecánica de la textura.

ANEJO V

CLASIFICACION DE LOS METODOS UTILIZABLES PARA EL DIAGNOSTICO DE LA DURABILIDAD

NADU MIHAI. Instituto de estudios y proyectos hidroeléctricos

II Coloquio Internacional «Durabilidad del Hormigón», 1969, RILEM, Praga

1. Métodos basados en el contacto de morteros y hormigones con disoluciones agresivas que difieren de las condiciones reales en:

- 1.1. Aumento de la concentración del ion SO_4^{2-} .
- 1.2. Modificación de la composición del agente agresivo adición de los iones Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , etc.
- 1.3. Aumento de la temperatura.

2. Métodos basados en el aumento de la superficie de contacto entre el conglomerante endurecido y el agente agresivo

- 2.1. Por pulverización probable del conglomerante endurecido y
 - 2.1.1. Introducción en débil proporción, del agente agresivo.
 - 2.1.2. Mezcla con sulfato cálcico pulverizado y preparación, con esta mezcla, de probetas que se curan en cámara húmeda.
 - 2.1.3. Igual procedimiento que en 2.1.2., pero sustituyendo el CaSO_4 parcial o totalmente por otros sulfatos (Mg, Na, K, etc.).
- 2.2. Endurecimiento de un mortero normalizado a cuyo conglomerante se le ha incrementado la cantidad de yeso.
- 2.3. Filtración bajo presión del agente agresivo a través de probetas de pasta, de mortero o de hormigón.
- 2.4. Utilización de probetas de pequeñas dimensiones pero con gran superficie exterior.

3. Métodos físicos basados en la sustitución de los fenómenos específicos de expansión provocados por la corrosión, por la presión de cristalización de sales contenidas en los agresivos

4. Métodos químicos basados en la sustitución total de los complejos procesos químicos, físicos y mecánicos por reacciones químicas en sistema heterogéneo y sencillo

- 4.1. Sedimentación en copos de los complejos sulfato alumínico formados en disoluciones acuosas diluidas de conglomerantes.
- 4.2. Solubilización de los conglomerantes en disoluciones de azúcar.
- 4.3. Solubilización de los sulfatos contenidos en el conglomerante que no han reaccionado, mediante la dispersión en agua de cal.



Primeras Jornadas de Durabilidad

Madrid, octubre 1972

documento n.º 2

Problemas de Durabilidad según los tipos de obras

TIPOS DE OBRAS

- A. Obras marítimas.
- B. Presas, canalizaciones y tuberías.
- C. Construcciones, Instalaciones y Servicios Agrícolas y Ganaderos.
- D. Construcciones, Instalaciones y Servicios Industriales.
- E. Construcciones, Instalaciones y Servicios Urbanos.
- F. Cimentaciones y obras subterráneas.
- G. Vías de comunicación.
- H. Prefabricados de hormigón.
- I. Varios.

CUESTIONARIO

1. ¿Conoce usted directa o indirectamente daños en alguna de las obras señaladas?

TIPOS DE OBRAS

¿En cuántos casos?

A	B	C	D	E	F	G	H	I

2. ¿Qué perjuicios técnicos han causado?

TIPOS DE OBRAS

Graves

Medianos

Leves

A	B	C	D	E	F	G	H	I

3. ¿Qué perjuicios económicos han ocasionado?

TIPOS DE OBRAS

Graves

Medianos

Leves

A	B	C	D	E	F	G	H	I

4. ¿Ha podido usted resolver problemas de durabilidad que se hayan presentado?

¿En qué obras?

¿En cuántos casos?

A	B	C	D	E	F	G	H	I

5. Observaciones.

EJEMPLOS

1. Casos

1.º

F

1

2.º

E

1

3.º

H

1

2. Perjuicios técnicos

F

G

E

M

3. Perjuicios económicos

F

G

E

G

4. Resuelto sin daños

H

1

Los ejemplos corresponden a tres casos: en cimentaciones, uno; en edificios urbanos, otro, y el tercero en prefabricados de hormigón. El primero, con perjuicios técnicos y económicos graves; el segundo, con perjuicios técnicos medios y económicos graves, y el restante fue resuelto sin daños ni perjuicios.

NOMBRE: TITULO:

EMPRESA: CARGO:

DIRECCION:

(Firma y fecha)

Muchas gracias.

Problemas de Durabilidad según los materiales y los ambientes

Tipos de hormigón

1. Hormigón en masa.
2. Hormigón armado.
3. Hormigón pretensado.

Materiales componentes del hormigón (M).

- A. Conglomerantes.
- B. Aridos.
- C. Agujas de amasado.
- D. Aditivos.
- E. Armaduras.

Ambientes o medios potencialmente agresivos en que se encuentra la obra

Gaseosos (AG)

- I. Atmósfera natural.
- II. Atmósferas contaminadas.

Líquidos (AL)

- III. Aguas de curado.
- IV. Aguas naturales superficiales.
- V. Aguas naturales profundas.
- VI. Aguas naturales marinas y lacustres.

- VII. Aguas industriales.
- VIII. Aguas usadas agrícolas.
- IX. Aguas usadas urbanas.
- X. Productos líquidos distintos del agua.

Sólidos (AS)

- XI. Suelos y terrenos.
- XII. Otros materiales.
- XIII. Agentes biológicos (AB).

CUESTIONARIO

1. ¿Conoce usted directa o indirectamente daños en alguno de los tres tipos de hormigones señalados que sean atribuibles a alguno de los materiales y/o ambientes indicados?

Se ruega lo refleje en los cuadros adjuntos:

				AG		AL										AS		AB
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
1		M	A															
			B															
			C															
			D															
			E															

				AG		AL										AS		AB
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
2		M	A															
			B															
			C															
			D															
			E															

				AG		AL										AS		AB
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
3		M	A															
			B															
			C															
			D															
			E															

2. Observaciones:

EJEMPLOS

- a) Un caso de destrucción de una vigueta de hormigón pretensado de una estructura situada en ambiente marítimo, por corrosión de sus armaduras, quedaría expresado así:

				AG		AL										AS		AB
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
3			A															
			B															
		M	C															
			D															
			E						X									

- b) Otro caso de una tubería de hormigón armado, enterrada, destruida por alteración del conglomerante, quedaría expresado así:

				AG		AL										AS		AB
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
2			A											X				
			B															
		M	C															
			D															
			E															

NOMBRE: TITULO:
 EMPRESA: CARGO:
 DIRECCION:

(Firma y fecha)

Muchas gracias.