

Durabilidad

Rafael Rueda Arriete
Ingeniero de Caminos
Director de IECA Zona Levante



Durabilidad

Capítulo 7 Artículo 37º

Es la capacidad para soportar durante la **vida útil** las **condiciones físicas y químicas** a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su **degradación** como consecuencia de efectos diferentes a las cargas



- sentido común: **esperanza de vida**
- estructuras de hormigón: **sostén** de infraestructuras o edificios
- elevado **valor patrimonial** (público o privado)
- elevado **perjuicio social**
- estructuras durables: elevada **vida útil**
- **estrategia de durabilidad**: proyecto, materiales, ejecución

Respuesta histórica a las demandas de la Sociedad

- seguridad (años 60)
- control de calidad (años 70)
- Tecnología (pretensado) (años 80)
- **durabilidad** (años 90)
- sostenibilidad (siglo XXI)



Catedral de Málaga S XVI al XVIII

¿Qué sería de nuestro patrimonio cultural si en la Edad Media las catedrales y las construcciones emblemáticas no se hubieran realizado con el objetivo de que se perpetuaran a lo largo de la historia?

Panteón de Adriano (120 d.c.)

1.888 años



Vida útil



Capítulo 1 Artículo 5°. Requisitos

Para garantizar la **seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente**, las estructuras de hormigón deberán ser idóneas para su uso, durante la totalidad del período de **vida útil**

- **Seguridad y funcionalidad estructural:** construcción y uso
- **Seguridad en caso de incendio:** minimizar riesgo usuario
- **Higiene, salud y protección al medioambiente**

Vida útil



- **Vida útil:** período de tiempo desde que finaliza la ejecución, durante el que deben mantenerse las exigencias, con una conservación normal, que no implique operaciones de rehabilitación.
- **Vida útil = Periodo de servicio CTE**
- Estructura constituida por **diferentes partes**, podrá adoptarse diferentes valores de vida útil, según de su tipología y características.
- **La Propiedad:** fijará previo al inicio del proyecto la vida útil nominal que no será inferior a la de reglamentaciones específicas o a la tabla 5

Vida útil



Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal (2)	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

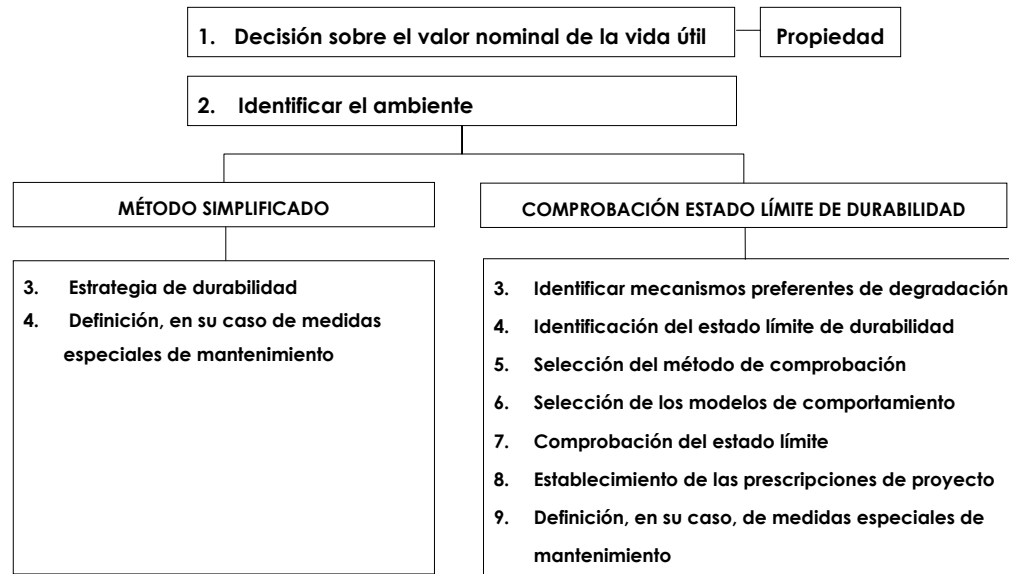
Edificios públicos, hospitales, colegios, recomienda 75 años

Estrategia de durabilidad

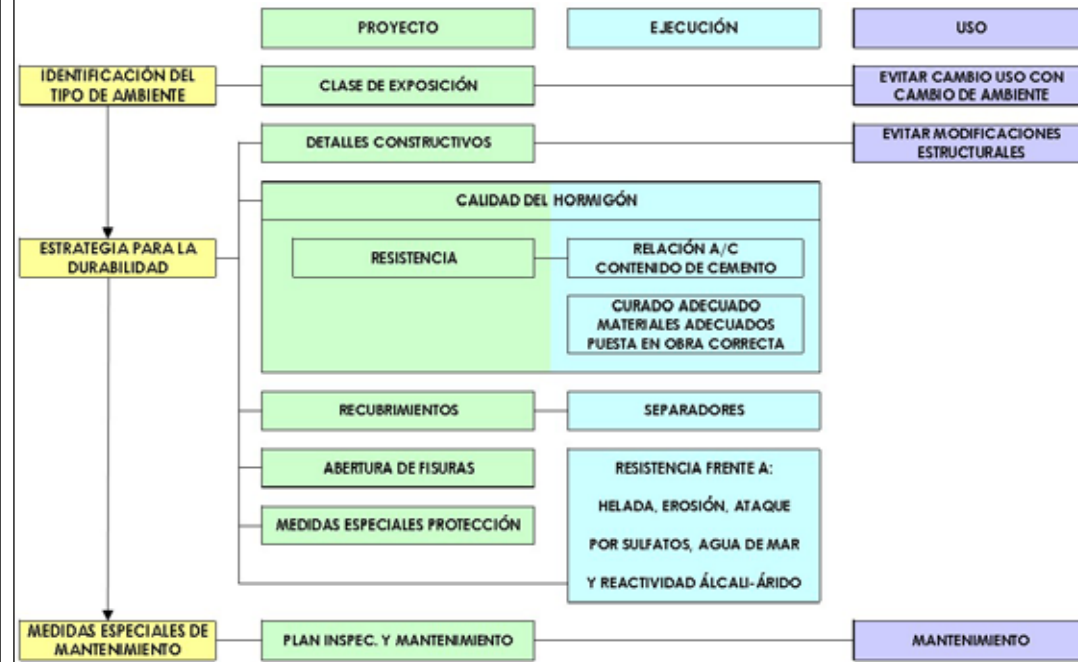


- El Autor del proyecto define **ESTRATEGIA DE DURABILIDAD** que considere todos los factores de degradación
- Deberá actuar en **fase de proyecto, ejecución y uso**
- Incorpora la **vida útil** a la estrategia de durabilidad
- **Anejo 9: Consideraciones adicionales sobre durabilidad**
 - **E.I.Durabilidad** procesos de corrosión. Estimación vida útil

Consideraciones en fase de proyecto



Método simplificado

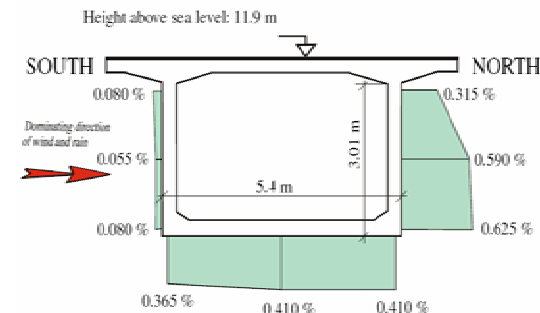


Consideraciones en fase de proyecto

- **Memoria:** justificar las clases de exposición
- **Planos:** tipificación del hormigón y recubrimientos HA-25/B/20/IIa
- **Pliego:** materiales, dosificaciones y procedimientos de puesta en obra
- **Formas estructurales** que faciliten evacuación del agua
- **Apoyos, juntas, drenajes:** medidas para su mantenimiento y sustitución

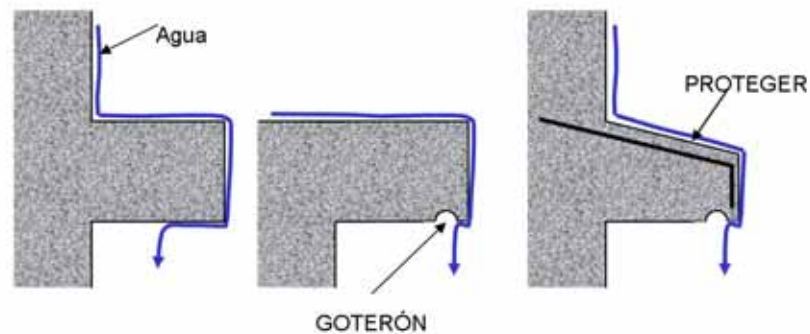
Consideraciones en fase de proyecto

- En una misma estructura **diferentes tipos de ambiente** o microclimas
- Pilares interiores, muros de contención, depósitos, piscinas, etc.



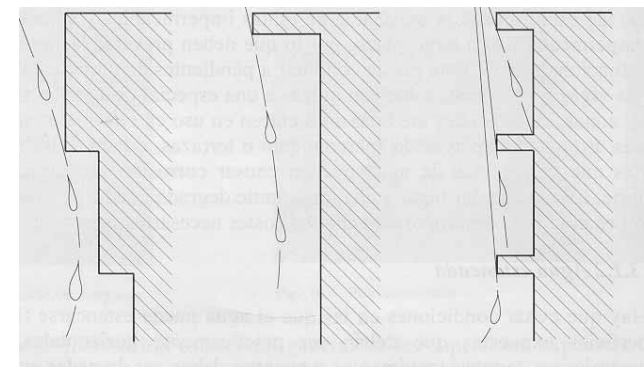
Selección formas estructurales adecuadas

- Evitar **diseños** especialmente **sensibles al agua**
- Reducir al mínimo el **contacto del agua - hormigón**
- Facilitar rápida **evacuación** del agua: imbornales, drenajes...

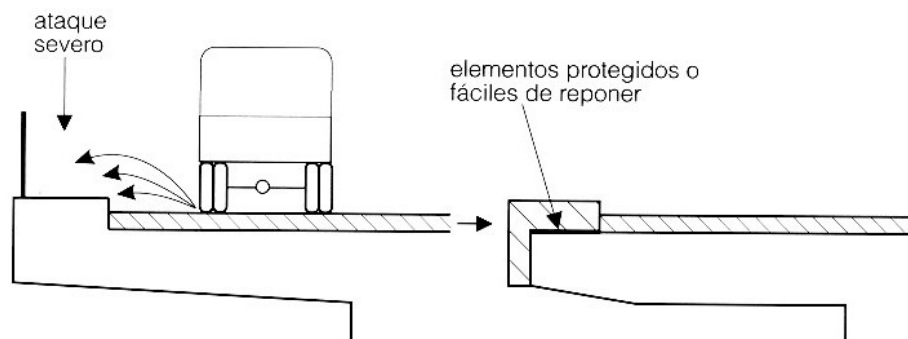


Selección formas estructurales adecuadas

- Evitar superficies sometidas a **salpicaduras o encharcamientos**
- Evitar paso de agua sobre **juntas y sellados**
- Prever acceso a todos los elementos para **inspección y mantenimiento**



Selección formas estructurales adecuadas



Consideraciones en fase de ejecución



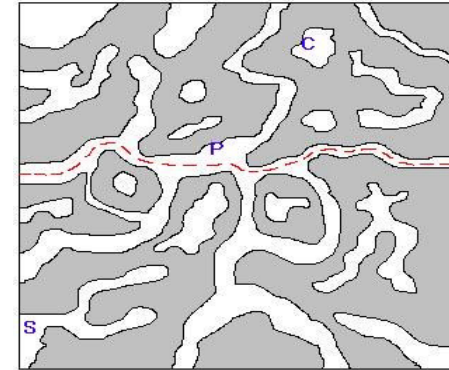
- Buena calidad de la ejecución
- Proceso de Curado: influencia decisiva en durabilidad
- Cumplir especificaciones de durabilidad en fase de ejecución
- No se permite compensar salvo comprobación ANEJO 9



Clasificación de ambientes: clases de exposición



- Durabilidad: porosidad permeable



Clases generales de exposición



Durabilidad de la armadura:

- > Protección física (recubrimiento)
- > Protección química (capa pasiva carácter alcalino hormigón)



Se puede perder por:

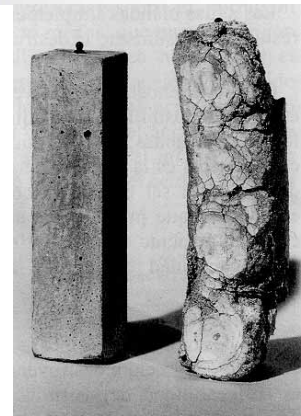
- ✓ Pérdida de alcalinidad del hormigón (carbonatación) (IIa y IIb)
$$\text{Ca(OH)}_2 \text{ (PORTLANDITA)} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CO}_3\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{pH} < 9 \longrightarrow \text{pérdida capa pasiva}$$
- ✓ Difusión de cloruros de agua de mar o sales (IIIa, IIIb, IIIc y IV)
- > Corrosión: oxígeno y agua hacen el resto. Reducción sección y expansividad

Clases específicas de exposición



Durabilidad del hormigón:

- > Degradación física (E, H y F)
 - ✓ Erosión: abrasión o cavitación (E)
 - ✓ Ataque por heladas (H y F)
 - ✓ Fisuración: retracción plástica
- > Degradación química (Qa, Qb y Qc)
 - ✓ Acción de aguas puras: disuelve la portlandita
 - ✓ Acción ión sulfato: $\text{AC3} + \text{sulfatos} \longrightarrow \text{ettringita secundaria (expansiva)}$
 - ✓ Acción del agua de mar: ataque ión sulfato e ión cloro



Clasificación de ambientes: clases de exposición

Clases generales de exposición: ataque a la armadura



Clases específicas de exposición: ataque al hormigón



Tabla 8.2.2 Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS	
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso			
No agresiva			I	Ninguno	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa	- interiores de edificios, protegidos de la intemperie
Normal	humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos enterrados o sumergidos.	- sótanos no ventilados - cimentaciones - tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos de hormigón en cubiertas de edificios	
	humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	- construcciones exteriores protegidas de la lluvia - tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm	
Marina	aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas nivel de pleamar - elemento exteriores de estri proximidades de la línea con 500 m	- edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantales y otras obras de defensa litoral - instalaciones portuarias	
	sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar	- zonas sumergidas de diques, pantales y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar	
	en zona de mareas y salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de cámara de mareas	- zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantales y otras obras de defensa litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea	
Con cloruros de origen diferente del medio marino			IV	Corrosión por cloruros	- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionadas con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.	- piscinas - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua.

Clases generales de exposición

- Se admite modificar la **clase IIIa** cuando la distancia es mayor de 500m y hay datos



Clases generales de exposición

- La **clase IIIc** incluye la zona de salpicaduras

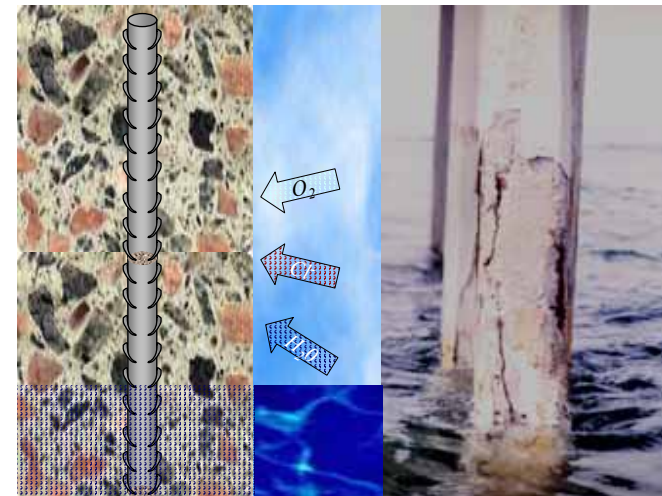


Tabla 8.2.3a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión



CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Química agresiva	débil	Qa	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver Tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	media	Qb	ataque químico	- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver Tabla 8.2.3.b)	- diques, bloques y otros elementos para diques - estructuras marítimas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b. - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b. - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b.
	fuerte	Qc	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver Tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b.
Con heladas	Sin sales fundentes	H	ataque hielo-deshielo	- elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	- construcciones en zonas de alta montaña - estaciones invernales.
	Con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	- elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C	- tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
Erosión		E	abrasión cavitación	- elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

Clases específicas de exposición



Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83.952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ / l), según UNE-EN 13.577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ / l), según UNE 83.954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ / l), según UNE 83.955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / l), según UNE 83.956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83.957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Elección del tipo de cemento



EHE-08 art. 37.3.6

> Ataque por agua de mar: elemento de

- HM sumergido o en carrera de mareas (I + Qb)
- HA o HP sometido a ambiente tipo IIIb ó IIIc

Cemento MR

> En presencia de sulfatos: (clase específica Qb y Qc)

- SO₄²⁻ ≥ 600 mg/l en aguas
- SO₄²⁻ ≥ 3.000 mg/kg en el caso de suelos.

Cemento SR

Sulfatos en suelos: Cimentaciones

El ataque por sulfatos únicamente es más nocivo que el de agua de mar: Cl- y sulfatos

Calidad del hormigón



“Una forma de garantizar la durabilidad del hormigón, así como su colaboración a la protección de las armaduras consiste en obtener un hormigón con una permeabilidad reducida. Para obtenerla son decisivas la elección de una relación agua/cemento suficientemente baja, la compactación idónea del hormigón, un contenido adecuado de cemento y la hidratación suficiente de éste, conseguida por un cuidadoso curado”

Calidad del hormigón

- Selección de **materias primas**: cemento ANEJO 4
- Dosificación adecuada**
 - Máxima relación **A/C**
 - Mínimo **contenido de cemento**

Tabla 37.3.2.a

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICION												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima Relación a/c	En masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo contenido de cemento (kg/m³)	En masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Calidad del hormigón

- Dos o más clases específicas de exposición: el más restrictivo

Tabla 37.3.2.b Resistencias mínimas recomendadas

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICION												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Resistencia mínima (N/mm²)	Masa	20	--	--	--	--	--	--	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

HA-25/B/20/IIIa ?

Calidad del hormigón

- Impermeabilidad del hormigón:**
 - comprobación experimental
 - determinación de la **profundidad de penetración de agua bajo presión** UNE-EN 12390-8
 - clases generales III ó IV y cualquier clase específica

Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados)	50 mm	30 mm
IIIc, Qc Qb (solo en el caso de elementos pretensados)	30 mm	20 mm

Ensayo de penetración al agua bajo presión

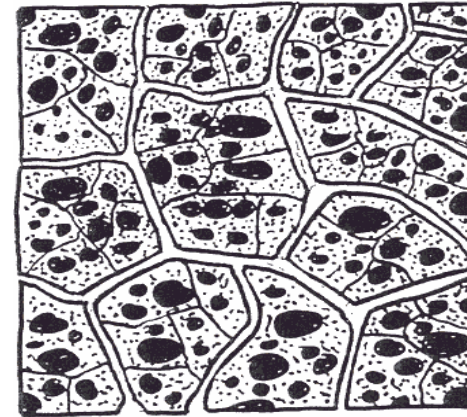


• **Dosificación adecuada:**

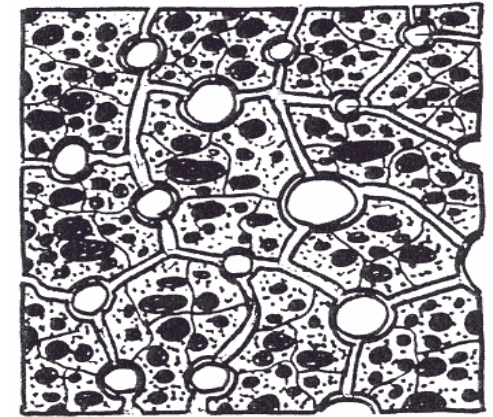
- Mínimo contenido aire ocluido 4,5 % (F)
- Utilización cemento SR (obligatorio Qb y Qc)
- Utilización cemento MR (obligatorio IIIb y IIIc)
- Resistencia a la erosión $f_{ck} \geq 30$ MPa
- Resistencia reacciones árido-álcali

Aireantes: red de capilares en el hormigón

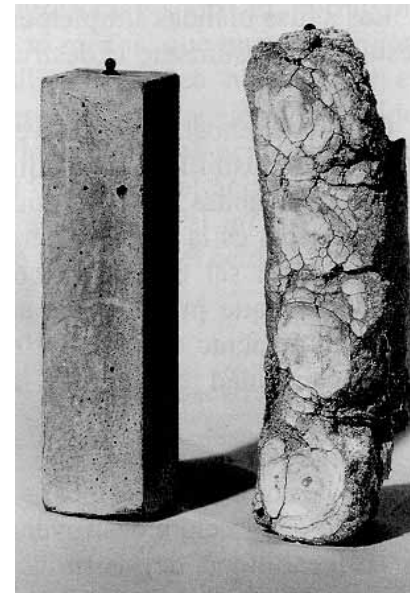
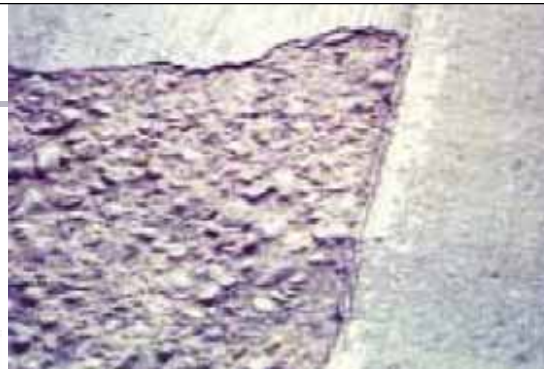
Sin aire ocluido



Con aire ocluido



Aireantes: aire ocluido 4,5 a 6%

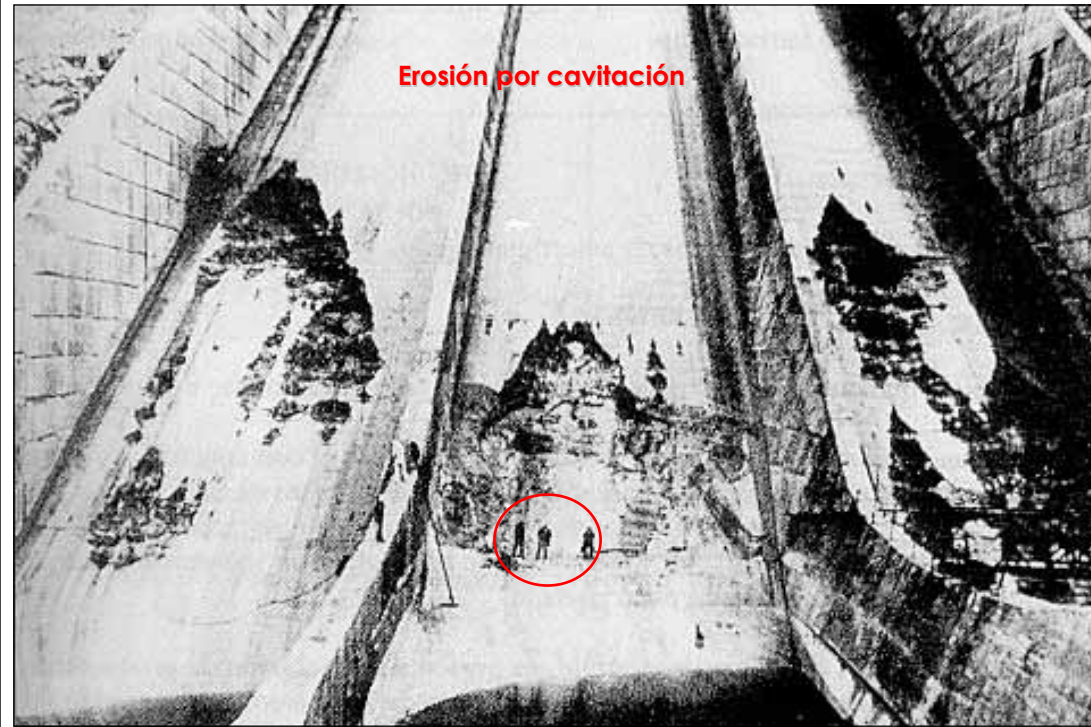


- Ataque por sulfatos: formación de ettringita
- Compuestos expansivos
- Utilización cemento SR (obligatorio Qb y Qc)
- Sulfatos en suelos: **Cimentaciones**
- El ataque por sulfatos únicamente es más nocivo que el de agua de mar: Cl^- y sulfatos

Calidad del hormigón: Resistencia a la erosión

- Por **abrasión** (desgaste superficial) o **cavitación** (succión)
- Resistencia mínima **$f_{ck} \geq 30$ MPa**
- **Árido fino** cuarzo o de similar dureza
- **LA < 30**
- **Contenidos de cemento** máximos según TM del árido
- **Curado** prolongado
- Pavimentos, presas, pilas de puente, tuberías a presión, diques

Erosión por cavitación



Erosión por cavitación. Cuenco amortiguador



Calidad del hormigón

- **Puesta en obra** correcta Art.71°
- **Curado** del hormigón
- **Resistencia** acorde con comportamiento estructural cumpliendo durabilidad



Recubrimientos

El recubrimiento es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r$$

r_{nom} Recubrimiento nominal **Planos. Define separadores**
 r_{min} Recubrimiento mínimo **En cualquier punto. Control**
 Δr Margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución, y cuyo valor será

0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución
 5 mm en el caso de elementos ejecutados *in situ* con nivel intenso de control de ejecución, y
 10 mm en el resto de los casos

Separadores



Separadores individuales. GRAPA

Separadores individuales. ATADO



Separadores individuales. RUEDA

Separadores



Separadores lineales



Extremos

Calzos

Recubrimientos

En las armaduras pasivas o activas pretensas, los recubrimientos mínimos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- armaduras principales:
 - $r_{min} \geq \varnothing$ barra (o \varnothing equivalente grupo de barras)
 - $r_{min} \geq 0,80 TM$, salvo disposición de armaduras dificulte el paso del hormigón, en cuyo caso se tomará 1,25 TM



Recubrimientos

- Cualquier armadura pasiva (incluso estribos) o activa pretesa el r_{\min} no será inferior, en ningún punto, a los valores recogidos en las tablas 37.2.4.1.a, b y c

- Tabla EHE-98:

RECUBRIMIENTO MINIMO (mm)											
f_{ck} (MPa)	Elemento	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc
$25 \leq f_{ck} < 40$	General	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	Prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
$f_{ck} \geq 40$	General	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	Prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

Tabla 6.- Recubrimientos mínimos (mm)

Recubrimientos EHE-08

Tabla 37.2.4.1.a Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm^2]	Vida útil de proyecto (t_p), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

ESTADO LÍMITE DURABILIDAD ANEJO 9

El de durabilidad: cuantificar vida útil

Fallo producido al no alcanzarse la vida útil de proyecto de la estructura, debido a que los procesos de degradación del hormigón o armaduras alcancen el grado suficiente para impedir que la estructura cumpla requisitos básicos

$$t_L > t_d = \gamma_t \cdot t_g$$

- t_L valor estimado de la vida útil
- t_d valor de cálculo de la vida útil
- γ_t coeficiente de seguridad (1,10)
- t_g vida útil de proyecto

ESTADO LÍMITE DURABILIDAD ANEJO 9

- corrosión de las armaduras por carbonatación
- corrosión de las armaduras por cloruros
- ataque químico al hormigón
- ataque por ciclos hielo-deshielo en el hormigón
- ataque por sales fundentes en el hormigón
- abrasión o cavitación

Modelos ANEJO 9

Bibliografía especializada

- corrosión de las armaduras por carbonatación

$$t_L = t_i + t_p = \left(\frac{d}{K_C} \right)^2 + \frac{80}{\Phi} \cdot \frac{d}{V_{corr}}$$

- corrosión de las armaduras por cloruros

$$t_L = t_i + t_p = \left(\frac{d}{K_{Cl}} \right)^2 + \frac{80}{\Phi} \cdot \frac{d}{V_{corr}}$$

- Elección del valor nominal de la vida útil o **vida útil de proyecto** t_g
- Elección **coeficiente de seguridad de vida útil** γ_i
- Identificar **clases exposición y proceso predominante de degradación**
- Selección del **modelo de durabilidad** de cada proceso de degradación
- Aplicar modelo y **estimar vida útil de servicio de la estructura** t_L
- Comprobación del EL para cada proceso de degradación** $t_L > \gamma_i * t_g$

Recubrimientos

$T_{\text{recubrimiento}}$

Tiempo en que el hormigón del recubrimiento protege a la armadura

$$T_{\text{recubrimiento}} = f(r_{\min}^2)$$

Medidas especiales de protección

- Casos de especial agresividad**, cuando las medidas normales de protección no se consideren suficientes, se podrá recurrir a **sistemas especiales de protección**:
 - > **revestimientos superficiales**: productos específicos según serie UNE-EN 150
 - > **protección armaduras** mediante revestimientos (armaduras galvanizadas)
 - > **protección catódica** de las armaduras,
 - > **armaduras de acero inoxidable**, según UNE 36067
 - > **aditivos inhibidores de la corrosión**
- Las protecciones pueden tener una **vida útil** menor que estructura: **mantenimiento**

Valores máximos abertura de fisura

- **Limitar abertura de fisura:**
 - **consideraciones funcionales**
 - **de aspecto y**
 - **durabilidad**
- **Influencia **corrosión de armaduras:** abertura y orientación**
- **Valores máximos función de la **clase de exposición ambiental** (tabla 5.1.1.2)**

Valores máximos abertura de fisura

Tabla 5.1.1.2

Clase de exposición, según artículo 8º	w _{máx} [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2 ⁽¹⁾
IIIa, IIIb, IV, F, Qa ⁽²⁾	0,2	Descompresión
IIIc, Qb ⁽²⁾ , Qc ⁽²⁾	0,1	

⁽¹⁾ Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentran en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasipermanente de acciones.

⁽²⁾ La limitación relativa a la clase Q sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

Conclusiones

- **Durabilidad: continuidad planteamiento EHE-98**
- **Métodos simplificados “recetas”**
- **Cuantificar la Vida Útil**
- **Nuevo Estado Límite de Durabilidad**

Conclusiones

- **Debe estar presente en fases de:**
 - **Proyecto: ambientes, buen diseño...**
 - **Hormigón: contenido de cemento, relación a/c**
 - **Ejecución: puesta en obra y curado**
 - **Uso**
- **El control de la dosificación se hace indirectamente mediante el ensayo de penetración de agua bajo presión (certificado dosif.)**

Resistencia ≠ Buen hormigón



Conclusiones

1º: Una dosificación adecuada:

- Compacidad
- Baja porosidad permeable

2º: Puesta en obra adecuada:

- Compactación
- Curado



Málaga, 24 de septiembre de 2009



Gracias por su atención

Rafael Rueda Arriete
Ingeniero de Caminos
Director de IECA Zona Levante