

3º SEMINARIO “DURABILIDAD EN LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”

Barcelona, 9 de junio de 2010

“ASPECTOS TÉCNICOS Y NORMATIVOS DE LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: MARCADO CE Y EHE-08”

Alejandro López Vidal

Ingeniero Industrial

Responsable DEPARTAMENTO TÉCNICO ESTRUCTURAL



ESPAÑA



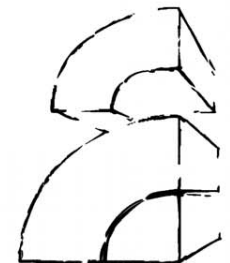
La durabilidad en la Normativa

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

La DURABILIDAD tiene un papel primordial en la Reglamentación actual.

- 1) De forma general: estructuras de hormigón en España, están sujetas a la EHE-08
- 2) De forma particular: normas armonizadas de producto (se referencian a la Norma UNE-EN 206-1:2008) = mercado CE



Art. 1. OBJETO

Marco reglamentario que establece las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón en España.

Exigencias deben cumplirse en proyecto y construcción, vida de servicio y mantenimiento = CICLO DE VIDA COMPLETO DE LA ESTRUCTURA = **Suficientemente durables**

El proyecto, construcción y control de dichas estructuras son llevados a cabo por técnicos y operarios con los conocimientos necesarios y la experiencia suficiente.

Dichas estructuras estarán destinadas al uso para el que hayan sido concebidas y serán adecuadamente mantenidas durante su vida de servicio.



Art. 5. REQUISITOS

Las estructuras de hormigón deben ser idóneas para su uso durante la totalidad del período de vida útil para la que se construye (*durables*). Requisitos:

- a) Seguridad y funcionalidad estructural
- b) Seguridad en caso de incendio
- c) Higiene, salud y protección del medio ambiente

Art. 37. DURABILIDAD

Durabilidad estructura de hormigón = capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, 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 y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.



Durabilidad: EHE-08 vs EHE-98

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

- Continuidad con el planteamiento EHE (clases de exposición, recubrimientos, etc.)
- Cuantificación de la Vida Útil
- Contempla un nuevo Estado Límite de Durabilidad
- Plantea métodos simplificados
- Acepta planteamientos prestacionales abiertos:
 - criterios del proyectista
 - avance del conocimiento
- Incluye mantenimiento



Estados límite según EHE-08

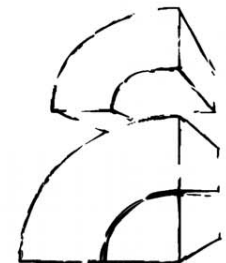
ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Estados Límite: situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada:

- **ESTADOS LÍMITE ÚLTIMO:** aquellos que producen el fallo de la estructura, por pérdida de equilibrio, colapso o rotura de la misma o de una parte de ella.
- **ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO:** engloba todos aquéllos para los que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad o de aspecto requeridos. Ej. Deformaciones, aberturas de fisura.
- **ESTADO LÍMITE DE DURABILIDAD:** el producido por las acciones físicas y químicas, diferentes a las cargas y acciones del análisis estructural, que pueden degradar las características del hormigón o de las armaduras hasta límites inaceptables.

Respuesta de la estructura (R_d) \geq efecto de las acciones (S_d)



Requisitos para la durabilidad

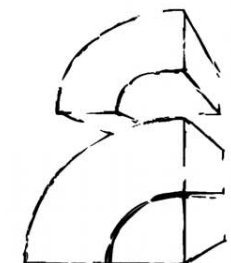
ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Una estructura durable debe conseguirse con una **estrategia** capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura.

El Autor del proyecto deberá diseñar una estrategia de durabilidad que tenga en cuenta las especificaciones del Capítulo VII (Art. 37).

Alternativamente, para los procesos de corrosión de las armaduras, se podrá optar por comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo 9.



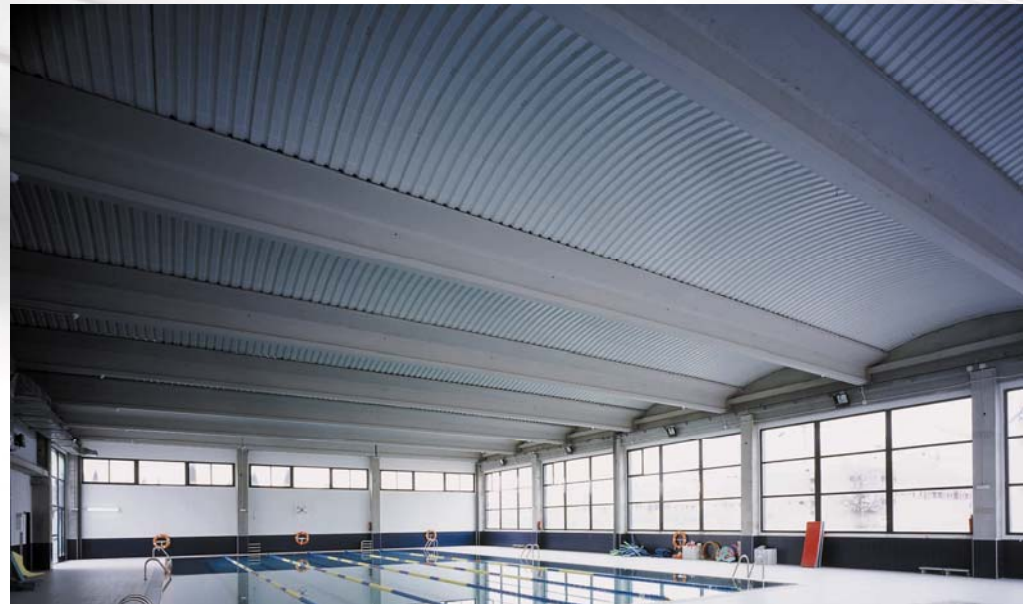
Medidas para la durabilidad

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

- 1) Fase de proyecto:** Adopción de medidas para que la estructura alcance la duración de la vida útil en función de las condiciones de agresividad ambiental a las que pueda estar sometida.
- 2) Fase de ejecución:** La buena calidad de la ejecución de la obra y, especialmente, del proceso de curado, tiene una influencia decisiva para conseguir una estructura durable.

- Formas estructurales
- Recubrimientos
- Calidad del hormigón
- Control de la fisuración
- Medidas especiales de protección
- Medidas contra la corrosión



Medidas (1): formas estructurales

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

FORMAS ESTRUCTURALES (Art. 37.2.2.)

Gran importancia para los prefabricadores

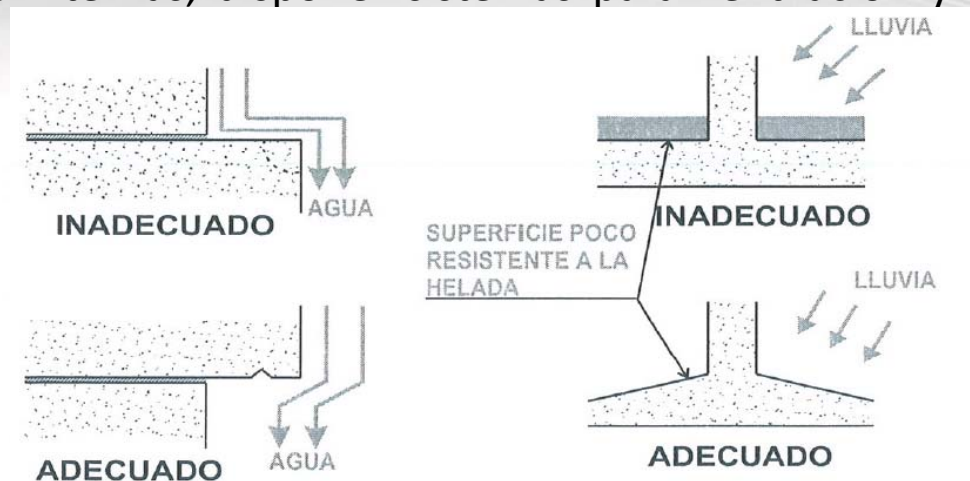
Proyecto: definición de esquemas estructurales, formas geométricas y detalles.

Evitar empleo de diseños estructurales sensibles frente a la acción del agua (mucha importancia en elementos a la intemperie).

Detalles de proyecto necesarios para facilitar la rápida evacuación del agua, previendo los sistemas adecuados para su conducción y drenaje, evitar el paso de agua sobre las zonas de juntas y sellados.

Secciones con aligeramientos u oquedades internas, disponer sistemas para ventilación y drenaje.

Prever acceso a todos los elementos de la estructura, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio.



Medidas (2): recubrimientos

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

MÉTODO SIMPLIFICADO (Art. 37.2.4. y 37.2.5.)

RECUBRIMIENTO: Distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana (**condiciona el tiempo de llegada de los agentes agresivos**).

$$r_{nom} = r_{mín} + \Delta r$$

r_{nom}	Recubrimiento nominal
$r_{mín}$	Recubrimiento mínimo
Δr	Margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución (0, 5 ó 10 mm) Elementos prefabricados: 0 mm; ¿10 mm?

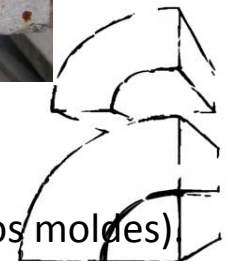
Recubrimientos son función de:

- Clase de ambiente (general y/o específico-s)
- Tipo de cemento
- Resistencia característica
- Tipo de hormigón
- Vida útil de proyecto



Especificaciones sobre recubrimientos de armaduras activas pretensas y postesas.

Importancia del uso de separadores (garantizar la posición de las armaduras con respecto a los moldes)



Medidas (2): recubrimientos

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

MÉTODO SIMPLIFICADO (Art. 37.2.4. y 37.2.5.)

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

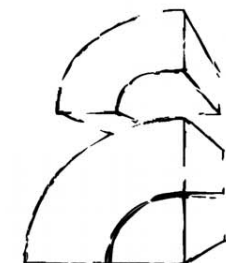
Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [f_{ck} (N/mm ²)]	Vida útil de proyecto (t_d), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones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

Tabla 37.2.4.1.b Recubrimiento mínimo (mm)
para las clases generales de exposición III y IV

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t_d), (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM III/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílice superior al 6% o de	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	*	*
		100	65	*	*	*
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 29 ²	50	65	45	*	*
		100	*	*	*	*

* Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo n° 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el Pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

El Anejo 9 presenta un modelo alternativo para la determinación de los recubrimientos.



Cuantificación de la vida útil (1)

VIDA UTIL: periodo de tiempo desde que finaliza la ejecución en que deberán mantenerse el cumplimiento de las exigencias (seguridad y funcionalidad) para las que ha sido proyectada la estructura, sin actuaciones imprevistas (ej. rehabilitación)

La Propiedad deberá fijar previamente al inicio de proyecto, la vida útil nominal de la estructura, que no podrá ser inferior a lo indicado en las correspondientes reglamentaciones específicas (CTE, IAP, IAPF) o a los valores recogidos en la tabla 5.1

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



Cuantificación de la vida útil (2)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

Norma ISO 15686-1:2000 “Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles”

Table A3.3: Suggested minimum design lives for components (From [ISO 2000]).

Design life of building	Components			Building services
	Inaccessible or structural	Replacement is expensive or difficult*	Major replaceable	
Unlimited	Unlimited	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

NOTE 1: Easy to replace components may have design lives of 3 or 6 years

NOTE 2: An unlimited design life should very rarely be used, as it significantly reduces design options.

* including below ground drainage



Cuantificación de la vida útil (3)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Consideraciones de tipo económico para determinar la VIDA UTIL de la estructura:

- Costes iniciales: proyecto y ejecución.
- Costes en vida de servicio: operaciones de mantenimiento rutinario, repercusión de dichas operaciones en los usuarios y posibles costes extraordinarios debidos a reparaciones imprevistas de los puntos más débiles de la E frente a la durabilidad.

Análisis profundo: p.ej. la reparación de un daño debido a un error u omisión de un detalle de proyecto/ejecución frente a la durabilidad, puede costar posteriormente p.ej. 50-100 veces más.



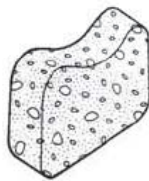
Medidas (2): recubrimientos

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

SEPARADORES (Art. 37.2.5.)

- Son los dispositivos encargados de asegurar el recubrimiento de las armaduras.
- Materiales empleados: hormigón, mortero, plástico rígido o material similar.
- Prohibido el uso de: madera así como el de cualquier material residual de construcción, aunque sea ladrillo u hormigón. Metálico, si queda visto.



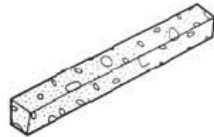
a) Separador individual para fijar con alambre.



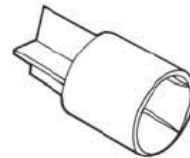
b) Separador individual para fijar con grapa.



c) Separador individual tipo rueda.



d) Separador lineal.



e) Separador tipo extremo.



Medidas (3): calidad del hormigón

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

CALIDAD DEL HORMIGÓN 37.3.4 Resistencia del hormigón frente a la helada

Cuando un hormigón esté sometido a una clase de exposición F, se deberá introducir un contenido mínimo de aire ocluido del 4.5%, determinado de acuerdo con UNE-EN 12350-7.

➤ Selección c

os 26 al 35.

37.3.5 Resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos

En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la vigente instrucción para la recepción de cementos, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg, en el caso de suelos (excepto cuando se trate de agua de mar o el contenido en cloruros sea superior a 5000 mg/l, en que será de aplicación lo indicado en 37.3.6.

➤ Dosificació

2.

➤ Puesta en

37.3.6 Resistencia del hormigón frente al ataque del agua de mar

En el caso de que un elemento estructural armado esté sometido a un ambiente que incluya una clase general del tipo IIIb ó IIIc, o bien que un elemento de hormigón en masa se encuentre sumergido o en zona de mareas, el cemento a emplear deberá tener la característica adicional de resistencia al agua de mar, según la vigente instrucción para la recepción de cementos

➤ Curado del

➤ Resistencia

ado y congruente con los requisitos de

37.3.7 Resistencia del hormigón frente a la erosión

Cuando un hormigón vaya a estar sometido a una clase de exposición E, deberá procurarse la consecución de un hormigón resistente a la erosión. Para ello, se adoptarán las siguientes medidas:

- Contenido mínimo de cemento y relación máxima agua/cemento, según la tabla 37.3.2.a.
- Resistencia mínima del hormigón de 30 N/mm².
- El árido fino deberá ser cuarzo u otro material de, al menos, la misma dureza.
- El árido grueso deberá tener un coeficiente de Los Ángeles inferior a 30.
- No superar los contenidos de cemento que se indican a continuación para cada tamaño máximo del árido *D*:

<i>D</i>	Contenido máximo de cemento
10 mm	400 kg/m ³
20 mm	375 kg/m ³
40 mm	350 kg/m ³

- Curado prolongado, con duración, al menos, un 50% superior a la que se aplicará, a igualdad del resto de condiciones, a un hormigón no sometido a erosión.

- Utilización de un cemento resistente a los sulfatos
- Utilización de un cemento resistente al agua de mar
- Resistencia frente a la erosión
- Resistencia frente a las reacciones álcali-árido

Contenido de cemento

	Qa	Qb	Qc	H	F	E
	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
	275	300	325	275	300	275
	325	350	350	300	325	300
	325	350	350	300	325	300

(IV, ó específicas)



Medidas (4): fisuras

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

CONTROL DEL VALOR MÁXIMO DE LAS ABERTURAS DE FISURA (Art. 37.2.6.)

Tabla 5.1.1.2

Clase de exposición, según artículo 8°	W _{máx} [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
Ila, I Ib, 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.

- Minimizar la probabilidad de corrosión u otros procesos de deterioro.
- Tendencia al autosellado en las fisuras de anchura controlada.
- Caso de fisuras alineadas con armaduras: mayor probabilidad de corrosión
- No solo por cuestiones de durabilidad: también estéticas y/o funcionales



Medidas (4): fisuras

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

FACTORES FISURACIÓN

- Retracción plástica
- Contracción térmica inicial
- Asientos del terreno
- Etc.



Medidas (5): protección

ANDECE

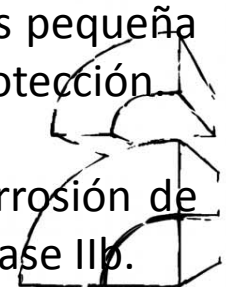
ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN (Art. 37.2.7.) Casos de especial agresividad, cuando las medidas normales de protección no se consideran suficientes:

- Aplicación de revestimientos superficiales para protección del hormigón (pinturas o revestimientos), conformes con normas serie UNE-EN 1504.
- Protección de las armaduras mediante revestimientos (p.ej. armaduras galvanizadas).
- Protección catódica de las armaduras (ánodos de sacrificio o corriente impresa).
- Armaduras de acero inoxidable.
- Aditivos inhibidores de la corrosión.

Las protecciones adicionales pueden ser susceptibles de tener una vida útil más pequeña que la del propio elemento estructural: mantenimiento adecuado sistema de protección

Caso de ambientes III y IV, la adopción de medidas de protección frente a corrosión de armaduras) permite ajustar los recubrimientos hasta los correspondientes a la clase IIb.



MANTENIMIENTO (Art. 103): Conjunto de actividades necesarias para que el nivel de prestaciones para el que ha sido proyectada la E, no disminuya durante su vida útil de proyecto por debajo de un cierto umbral, vinculado a las características de resistencia mecánica, **durabilidad**, funcionalidad y, en su caso, estéticas.

Plan de Inspección y Mantenimiento (responsabilidad de la Propiedad) que incluya al menos:

- Descripción estructura y clases de exposición de sus elementos.
- Vida útil considerada.
- Puntos críticos de la estructura, a efectos de inspección y mantenimiento.
- Periodicidad inspecciones.
- Medios auxiliares para acceso a zonas estructura.
- Técnicas y criterios de inspección recomendados.
- Identificación y descripción, con el nivel adecuado de detalle, de la técnica de mantenimiento recomendada, donde se prevea dicha necesidad.



Sostenibilidad en la EHE-08 (1)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

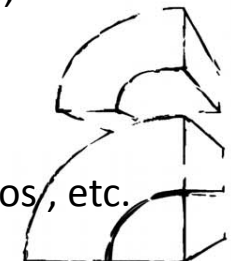
ANEJO 13 ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA SOSTENIBILIDAD: Modelo de cálculo para establecer cuán sostenible es una estructura de hormigón

Es un anejo informativo.

La Propiedad puede decidir en proyecto un ICES mínimo

Intervienen factores como:

- optimización del consumo de materiales: menores cantidades de hormigón y de armaduras,
- extensión de la vida útil de la estructura, que produce una mayor amortización durante la misma de los posibles impactos producidos en la fase de ejecución,
- empleo de cementos con adiciones, procesos con menos emisiones de CO₂,
- empleo de áridos procedentes de procesos de reciclado, agua reciclada de la propia planta de fabricación del hormigón, aceros (reciclados, procesos con menos emisiones de CO₂),
- implantación de sistemas voluntarios de certificación medioambiental,
- empleo de productos en posesión de distintivos de calidad oficialmente reconocidos, etc.



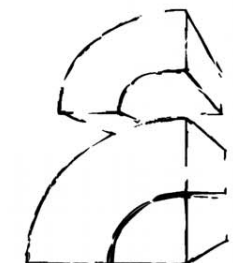
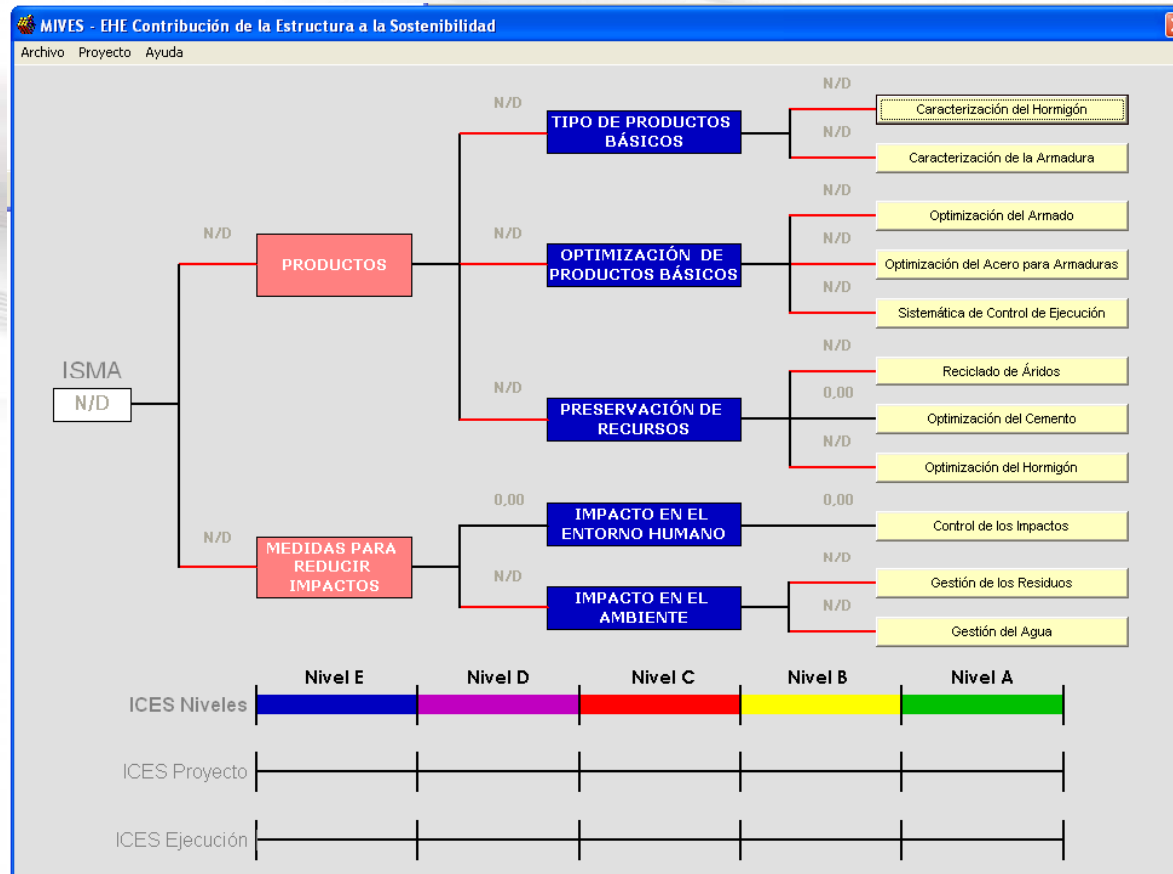
Sostenibilidad en la EHE-08 (2)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Programa de cálculo MIVES: (Modelo Integrado de Cuantificación de Valor de la Estructura a la Sostenibilidad)

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Programa_MIVES/



Mercado CE (1)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

- Objetivo principal: libre circulación de los productos de construcción en la UE.
- PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: productos altamente normalizados (60 normas de producto aprox.) y con exigencia de mercado CE.
- En general, el fabricante debe aportar en la declaración de características del producto, el cumplimiento de los requisitos de durabilidad (p.ej. En la información técnica adjunta al producto).



Mercado CE (2)

➤ Para el cumplimiento de la vida útil real, deben cumplirse otros factores externos al fabricante: instalación, uso, mantenimiento, etc.

➤ Referencias normativas:

- Norma UNE-EN 13369 “Productos prefabricados de hormigón. Reglas comunes”
- Norma UNE-EN 206-1 “Hormigón. Parte 1: especificaciones, prestaciones, producción y conformidad”
- Guía F: “La durabilidad en la Directiva de Productos de Construcción”.

	Apartado UNE-EN 13369	Apartado EN 206-1	EHE-08
Contenido mínimo de cemento	4.2.1.1	5.2.1	37.3.2.
Relación máxima de agua/cemento	4.2.1.1	5.2.1	37.3.2.
Contenido máximo de cloruro del hormigón	4.2.1.1	5.2.7	31 y 37.4.
Contenido máximo de álcalis	4.2.1.1	5.2.3.4	No aplica
Protección del hormigón recién fabricado contra la pérdida de humedad	4.2.1.3	-	No aplica
Hidratación adecuada mediante tratamiento térmico	4.2.1.4	-	No aplica
Resistencia mínima del hormigón	4.2.2.1	4.3.1	31.4.*
Recubrimiento mínimo del hormigón y calidad del hormigón de recubrimiento	4.3.7.4 Anexos A y B	-	37.2.4.
Uso de métodos de diseño del funcionamiento (cuando sean de aplicación)	-	5.3.3 Anexo J	No aplica



Método medición durabilidad (1)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

PROYECTO INVESTIGACIÓN Instituto Eduardo Torroja

➤ RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (ρ): parámetro de control del H y de su durabilidad = relación directa con la impermeabilidad o resistencia al ingreso de sustancias agresivas en el H. Valora aspectos como:

- Endurecimiento en estado fresco
- Grado de curado
- Grado de penetración cloruros y carbonatación
- Velocidad corrosión armaduras

➤ A menor porosidad H = mayor ρ (mayor resistencia mecánica)

➤ H no saturado de agua = mayor ρ (mayor resistencia mecánica)

➤ Se está desarrollando una tesis doctoral que relaciona ρ con la vida útil del elemento / estructura.



Método medición durabilidad (2)

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Ensayo NO destructivo.

$$R = \frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

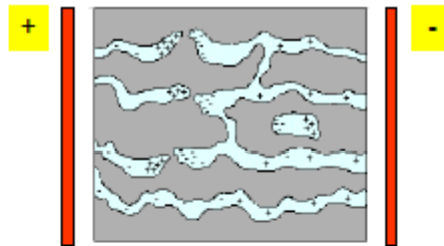


Figura 1 La porosidad se puede evaluar por la resistencia al movimiento de las cargas eléctricas (los iones) de la fase acuosa de los poros del hormigón



Figura 3: método directo



Figura 4: método de las 4 p

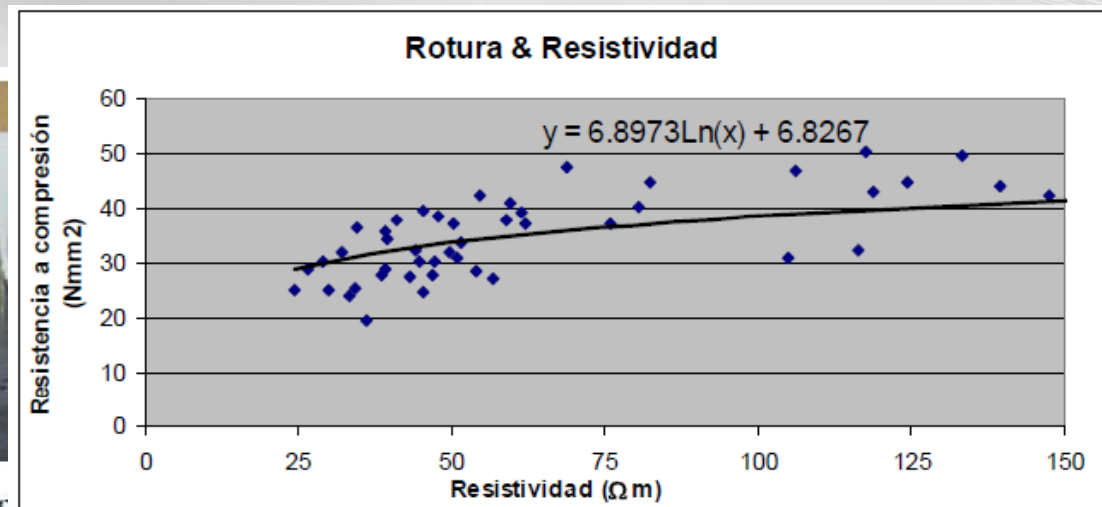


Figura 7 Relación entre resistencia a compresión y resistividad para un tipo de cemento.

Conclusiones

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

- Importante avance dado por la Instrucción española EHE al considerar la verificación $t_l > t_d$ mediante modelos de cálculo de la durabilidad.
- No obstante, se deduce la necesidad de mejorar los parámetros contemplados en las expresiones y modelos adoptados (p.ej. En el Anejo 9)
- La industria de los PH ejerce, por lo general, un mayor dominio sobre todos los parámetros de control definidos:
 - Control de producción en fábrica
 - Moldes y maquinaria específicas
 - Procesos de ejecución industriales
 - Personal especializado
 - Capacidad de reacción ante la aparición de defectos
 - Ambientes de trabajo (P, T^a) controlados
 - Uso de aditivos más habitual (>> H in situ)
 - Uso de separadores: recubrimientos garantizados
 - etc.



Gracias por su atención

alopez@andece.org

edificacion@andece.org

Tfno: 913 238 275

