

JUSTIFICACION DE CODIGO ESTRUCTURAL EN PROYECTOS DE PISCINAS

Son varias las normativas, relativas a parámetros urbanísticos, geométricos y técnicos, que deben justificarse en los proyectos de piscinas. Uno de estos preceptos reglamentarios en los proyectos de piscinas con vaso de hormigón, es el Código Estructural.

En este sentido, el principal cambio del Código Estructural con respecto a la EHE 08 es la clase de ambiente, en base al cual deben justificarse el resto de requisitos.

El ambiente que el Código Estructural establece para las piscinas de hormigón armado es el XD2, conforme a la tabla 27.1.a:

Tabla 27.1.a Clases de exposición relativas al hormigón estructural

Designación de la clase	Descripción del entorno	Ejemplos informativos donde pueden existir las clases de exposición
1. Sin riesgo de ataque por corrosión		
X0	Para hormigón en masa: todas las exposiciones salvo donde haya ataque hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. Para hormigón con armaduras en un ambiente muy seco.	Elementos de hormigón en masa. Elementos de hormigón en interiores de edificios con una humedad muy baja. (HR<45 %).
2. Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanentemente húmedo.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad del aire baja. (HR<65 %). Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergido en agua no agresiva.
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterrados en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).
XC3	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad media o alta. (HR>65 %). Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, protegidos de la lluvia.
XC4	Sequedad y humedad cíclicas.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia).
3. Corrosión inducida por cloruros de origen no marino		
XD1	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestas a aerosoles con iones cloruro con origen no marino.
XD2	Húmedo, raramente seco.	Piscinas. Elementos de hormigón armado o pretensado expuestos a aguas industriales que contienen cloruros.
XD3	Ciclos humedad y secado.	Elementos de puentes expuestos a salpicaduras de aguas con cloruros, situados a menos de 10 metros de distancia horizontal o a menos de 5 metros de distancia vertical de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Elementos enterrados a menos de 1 metro del borde de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Losas en aparcamientos.

Siguiendo el orden del texto del Código Estructural, en caso de utilizar **recubrimiento con pintura hidrófuga** deberá justificarse el artículo 39.5.1 Productos de protección del hormigón. Las impregnaciones hidrófobas deberán tener marcado CE conforme a la norma UNE-EN 1504-2; y en su Declaración de Prestaciones se deberán cumplir todos los requisitos esenciales indicados para este tipo de productos en el anexo ZA de la citada norma. Las Clases indicadas en la norma para estos requisitos se elegirán de acuerdo a los siguientes criterios de la Tabla 39.5.1.a Criterios de selección de clase para impregnaciones hidrófobas

Tipo de ambiente (ver tabla 27.1.a)	Clase según profundidad de penetración medida de acuerdo a UNE-EN 1766	Clase según coeficiente de desecación de acuerdo a UNE-EN 13579
X0, XC1	Clase I: < 10 mm o Clase II: ≥ 10 mm	Clase I: < 10 mm o Clase II: ≥ 10 mm
XS1, XS2 y XS3 XD1, XD2 y XD3 XF1, XF2, XF3 y XF4 XC2, XC3 y XC4	Clase II: > 10 mm	Clase II: ≥ 10 mm

Deberá indicarse, a la planta suministradora del hormigón, el ambiente (hormigón para ambiente XD2) para que se tenga en cuenta en su fabricación la **relación agua/cemento** indicada para el mismo en la Tabla 43.2.1.a “Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento”.

La **resistencia mínima del hormigón armado expuesto a ambiente XD2 será de 30N/mm²** conforme a la tabla 43.2.1.b, no permitiéndose hormigón en masa para dicho ambiente.

Tabla 43.2.1.b Resistencia característica mínima esperada para el hormigón (*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																				
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Resistencia característica (N/mm ²).	Masa	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30	30

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.

En lo relativo al requisito de **profundidad de penetración de agua** que determina la impermeabilidad del hormigón, debe atenderse a lo establecido en el artículo 43.3.2 “Impermeabilidad del hormigón” y la Tabla 43.3.2 Especificaciones de profundidad de penetración de agua máxima y media.

Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XF1, XF2, XF3, XF4, XM, XA1 (cualquier caso).	≤ 50 mm	≤ 30 mm
XA2 (en el caso de elementos en masa o armados).		
XS3 y XA3 (cualquier caso).	≤ 30 mm	≤ 20 mm
XA2 (solo en el caso de elementos pretensados).		

La profundidad de penetración se comprueba mediante ensayo de penetración de agua conforme al artículo 57.3.3 Ensayos de durabilidad. En los hormigones que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el artículo 18, se realizará el ensayo de penetración de agua en el hormigón.

El ensayo será satisfactorio cuando el resultado, conforme a lo indicado en el apartado 57.3.3 cumpla las condiciones de la Tabla 57.5.7 Especificaciones para las profundidades máxima y media en el ensayo de penetración de agua.

Clase de exposición ambiental	Especificaciones para las profundidades máxima	Especificaciones para las profundidades medias
XS3, XA3 XA2 (solo en el caso de elementos pretensados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 40 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 20 \text{ mm}$ $T_3 \leq 27 \text{ mm}$
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XA1, XM1, XM2, XM3, XF3, XF1, XF2, XF4, XA2 (en el caso de elementos en masa o armados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 65 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $T_3 \leq 40 \text{ mm}$

Para cualquier clase de armaduras pasivas (incluso estribos) o armaduras activas pretesas, el **recubrimiento mínimo** debido a criterios de durabilidad no será, en ningún punto para el ambiente XD2, inferior a los valores mínimos recogidos en la tabla 44.2.1.1.b

Tabla 44.2.1.1.b Recubrimiento mínimo (mm), c_{min} , para las clases de exposición relacionadas con la corrosión por cloruros

Tipo de elemento	Cemento	Vida útil de proyecto (tg) (años)	Clase de exposición			
			XS1,	XS2	XS3	XD1, XD2, XD3
Hormigón armado.	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV,, CEM II/B-V, CEM II/A-D u hormigón con adición de microsílice superior al 6 % o de cenizas volantes superior al 20 %.	50	25	30	45	35
		100	30	35	50	40
	CEM II/B-S, B-P.	50	30	35	65	40
		100	35	40	70	45
	Resto de cementos utilizables, según el artículo 28.	50	40	45	*	*
		100	65	*	*	*
Hormigón pretensado.	CEM II/A-D o bien CEM I con adición de humo de sílice superior al 6 %.	50	30	35	50	40
		100	35	40	65	45
	Resto de cementos utilizables, según el artículo 28.	50	45	55	*	*
		100	*	*	*	*

Se entiende que los anteriores valores de recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, están asociados al cumplimiento simultáneo de las especificaciones mínimas de dosificación del hormigón contempladas en el apartado 43.2.1 para cada clase de exposición.

Además, el recubrimiento de las armaduras pasivas y de armaduras activas pretesas, deberá cumplir las siguientes condiciones:

a) Cuando se trata de armaduras principales, el recubrimiento deberá ser igual o superior al diámetro de dicha barra (o diámetro equivalente si se trata de un grupo de barras) y a 0,80 veces el tamaño máximo del árido, salvo que la disposición de armaduras respecto a los paramentos dificulte el paso del hormigón, en cuyo caso se tomará 1,25 veces el tamaño máximo del árido, definido según el apartado 30.3.

b) El recubrimiento de las barras dobladas no será inferior a dos diámetros, medido en dirección perpendicular al plano de la curva.

En **piezas hormigonadas contra el terreno**, el recubrimiento mínimo será 70 mm, salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto un hormigón de limpieza, no rigiendo en este caso lo establecido en el párrafo anterior.

Para el caso de utilizar **hormigón reforzado con fibras** debe justificarse el Anejo 7 Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras, sobre todo en lo relativo a la durabilidad, ya que conforme al artículo 5.1.1.2. Empleo de hormigón reforzado con fibras:

*De forma general, se podrá emplear hormigón reforzado con fibras en todas las clases de exposición. En las clases de exposición **XS2**, **XS3**, **XD2** y **XF4**, en el caso del empleo de fibras de acero al carbono deberá justificarse el uso mediante pruebas experimentales.*

Para finalizar, hacer referencia a las **piscinas con agua marina**, ya que en este caso se deberá justificar lo establecido para el ambiente correspondiente a estructuras sumergidas en agua marina, Tabla 27.1.a Clases de exposición relativas al hormigón estructural

4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino		
XS1	Expuestos a aerosoles marinos, pero no en contacto directo con el agua del mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado sometidos a los aerosoles marinos, ubicados en la costa o cerca de la costa.
XS2	Permanente y sumergida en agua de mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergidos en agua marina.
XS3	Zonas de carrera de mareas afectadas por el oleaje o salpicaduras.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado situados en zona de carrera de mareas, afectados por el oleaje o salpicaduras.

Los requisitos para los recubrimientos de pintura hidrófuga, la resistencia mínima del hormigón y la profundidad de penetración del agua son coincidentes con el anteriormente expuesto ambiente XD2. Cambia el requisito recubrimiento mínimo que no será, en ningún punto para el ambiente XS2, inferior a los valores mínimos recogidos en la tabla 44.2.1.1.b aportada anteriormente.

Además, debe tenerse en cuenta el artículo 43.3.4.2 **Resistencia frente al ataque por agua de mar**.

En el caso de elementos de hormigón armado o pretensado que vayan a estar sometidos a una clase de exposición XS2 o XS3, se utilizará un cemento con la característica adicional MR, SR o SRC, según la Instrucción para la recepción de cementos vigente.

RESUMIENDO: Los requisitos a justificar en las estructuras de hormigón armado para piscinas, o cualquier otra, derivan de la clase de exposición de las mismas, es decir, del ambiente al que va a estar expuesta.

Por ello, antes de comenzar el proyecto, se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural, lo cual va a determinar el resto de requisitos para conseguir una durabilidad adecuada.

Recordamos que el fin de la vigencia y derogación completa de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) fue el pasado 10 de noviembre de 2024. Desde esa fecha, es obligatoria sin excepciones, la aplicación del Código Estructural.