

# Criterios para determinar el cemento óptimo en la fabricación de hormigón

<b>Apellidos, nombre</b>	Lliso Ferrando, Josep Ramon <sup>1</sup> (jollife2@arq.upv.es) Valcuende Payá, Manuel <sup>1</sup> (mvalcuen@csa.upv.es)
<b>Departamento</b>	<sup>1</sup> Departamento de Construcciones Arquitectónicas
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universitat Politècnica de València

## 1 Resumen de las ideas clave

El presente artículo aborda la importancia de una adecuada **selección del tipo de cemento en la fabricación de hormigón, considerando aspectos como el uso previsto, las condiciones de puesta en obra o la agresividad ambiental**. Esta elección, que debe realizarse en las fases iniciales del proyecto, a menudo se percibe como arbitraria o ambigua. No obstante, su impacto en la durabilidad del hormigón es determinante, ya que una decisión adecuada puede prevenir procesos de degradación prematuros, mientras que una elección errónea puede comprometer significativamente la vida útil de la estructura.

Para ello, se analizan las recomendaciones establecidas en el Código Estructural (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021) y en el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2016; 2024). Ambos documentos ofrecen directrices específicas en función de diversos parámetros relacionados con las características de la obra.

Finalmente, con el objetivo de consolidar los conocimientos presentados, se incluyen varios ejemplos prácticos que permiten aplicar los criterios expuestos a situaciones reales.

## 2 Objetivos

Al finalizar la lectura de este documento, será posible **seleccionar el tipo de cemento más adecuado para la fabricación de hormigón, atendiendo a cualquier tipo de construcción, condiciones de puesta en obra o ambiente de exposición, y conforme a la normativa vigente**.

## 3 Introducción

El cemento constituye el componente esencial en la fabricación del hormigón armado. Su uso se ha consolidado ampliamente en la industria de la construcción debido a su capacidad para fraguar y endurecer en presencia de agua, dando lugar a una matriz sólida, resistente y duradera. No obstante, aunque el término **“cemento Portland”** se utiliza de forma generalizada, es importante destacar que no se trata de un único material con características homogéneas. En función de las adiciones minerales y las variaciones en su composición, se pueden obtener distintos tipos de cemento, cada uno con propiedades específicas y aplicaciones particulares. Todo ello influirá de manera directa en las características del hormigón resultante (Fernández Cánovas, 2003; García Meseguer et al., 2009).

La fabricación del cemento implica una serie de etapas que comienzan con la molienda fina de las materias primas, su mezcla en proporciones precisas y su calcinación en un horno rotatorio a una temperatura aproximada de 1450 °C. En esta fase, el material se funde parcialmente, originando un producto intermedio denominado **Clinker**. Una vez enfriado, el **Clinker** se muele finamente junto con una pequeña proporción de yeso (o algún otro regulador del fraguado), obteniéndose así el cemento Portland (Fernández Cánovas, 2003) (Imagen 1).

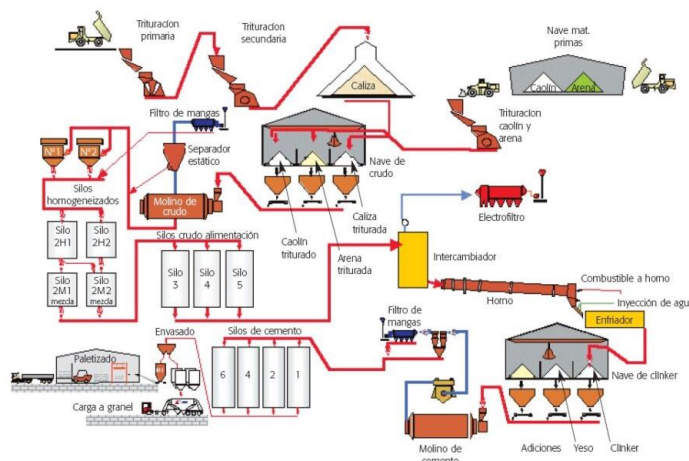


Imagen 1. Proceso de producción del cemento (Adaptación Revista Técnica Cemento-Hormigón, 2022).

Durante este proceso térmico y químico se generan nuevos compuestos que confieren al cemento sus propiedades características. Los principales compuestos responsables del comportamiento del cemento Portland son los siguientes:

- silicato tricálcico ( $SC_3$ ), presente en un 54% aproximadamente;
- silicato bicálcico ( $SC_2$ ), presente en un 17% aproximadamente;
- aluminato tricálcico ( $AC_3$ ), presente en un 11% aproximadamente;
- aluminoferrito tetracálcico ( $AFC_4$ ), presente en un 9% aproximadamente.

Además de los cuatro compuestos principales, el cemento contiene una serie de componentes minoritarios, entre los que destacan los óxidos de sodio ( $Na_2O$ ) y de potasio ( $K_2O$ ). Estos dos óxidos, comúnmente denominados *álcalis* (aunque en el cemento pueden estar presentes otros compuestos alcalinos), pueden reaccionar con determinados tipos de áridos —poco frecuentes en España— generando productos altamente expansivos. Esta reacción, conocida como *reacción álcali-sílice*, puede inducir tensiones internas en el hormigón, llegando a causar fisuración e incluso la rotura de la estructura (Fernández Cánovas, 2003).

Por otro lado, además de los compuestos principales, al cemento Portland se le pueden incorporar diversas **adiciones minerales** que modifican sus propiedades y su comportamiento en fase de servicio. Estas adiciones incluyen materiales puzolánicos, escorias de alto horno, caliza, cenizas volantes y filler calcáreo, entre otros. En función del tipo y la proporción de estas adiciones, se obtienen distintos tipos de cemento, cada uno con características particulares adaptadas a diferentes necesidades constructivas.

Uno de los factores determinantes en la elección del tipo de cemento es su **clase resistente y la evolución de la resistencia con el tiempo** y su **comportamiento frente a condiciones ambientales agresivas**. Por ejemplo, el cemento Portland con escoria de alto horno presenta una mayor resistencia a los sulfatos y genera un menor calor de hidratación, lo que lo convierte en una opción adecuada para estructuras expuestas a ambientes agresivos o para obras de gran volumen, donde el control térmico durante el fraguado es fundamental.

Por su parte, el cemento Portland puzolánico mejora notablemente la durabilidad en entornos húmedos y contribuye a mitigar la reacción álcali-sílice en los agregados, siendo

especialmente recomendable para estructuras expuestas a condiciones marinas o ambientes con alta humedad. Junto con todo ello, el **impacto ambiental asociado al proceso de fabricación del cemento** se ha convertido en un factor clave en la investigación y el desarrollo de nuevos tipos de cementos con **menor huella de carbono**, impulsando así la sostenibilidad en el sector de la construcción. La incorporación de **materiales suplementarios cementantes**, como puzolanas, escorias de alto horno y cenizas volantes, no solo contribuye a mejorar determinadas propiedades del cemento, sino que también permite **reducir el contenido de Clinker**, lo que se traduce en una disminución significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de su producción. Esta tendencia ha favorecido la creciente adopción de cementos con alto contenido de adiciones en proyectos orientados a la construcción sostenible y en aquellos que buscan minimizar el impacto ambiental global de la obra.

En este contexto, y considerando la amplia variedad de cementos que pueden fabricarse y emplearse en la actualidad, la **Instrucción RC-16** (aprobada por el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, y actualizada mediante el Real Decreto 320/2024) establece una clasificación de los cementos disponibles en el mercado (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2016; 2024). Dicha clasificación se organiza en tipos, en función de sus componentes, y en clases, de acuerdo con su clase resistente. La nomenclatura utilizada para identificar un cemento se estructura de la siguiente manera:

Tipo/Subtipo Clase resistente (por ejemplo: CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R)

Debe señalarse que el Código Estructural, publicado en el año 2021 mantenía estos criterios, y en su Anejo 6 recoge unas recomendaciones similares a las del documento RC-16 (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

### 3.1 Clase resistente

Existen tres clases resistentes que se identifican por un número: 32,5 – 42,5 – 52,5. Estos números hacen referencia a la resistencia mínima a compresión de la mezcla cemento/agua/arena en proporciones determinadas a la edad de 28 días<sup>1</sup> y expresada en Mpa (N/mm<sup>2</sup>) (AENOR, 2000; 2000; 2002). En edificación, los más habituales son los dos primeros. La clase resistente va seguida de las letras N o R, que significan cemento de resistencia inicial normal y cemento de alta resistencia inicial. De hecho, la velocidad de endurecimiento es un factor importante que se debe tener en cuenta, pudiendo clasificarse los cementos en tres grandes grupos<sup>2</sup>:

---

<sup>1</sup> A diferencia del resto de cementos, en los cementos para usos especiales la resistencia del cemento viene referida a la edad de 90 días.

<sup>2</sup> Por lo general, se considerarán cementos de endurecimiento lento los CEM 32,5 N (Clase S). Los cementos de endurecimiento normal (Clase N) son los CEM 32,5 R y los CEM 42,5 N. Los cementos CEM 42,5, 52,5 N y 52,5 R se consideran cementos de endurecimiento rápido (Clase R). Sin embargo, el Código Estructural, en su artículo 33.3 señala que se consideran hormigones de endurecimiento rápido aquellos fabricados con cemento 42,5R, 52,5 o 52,5R siempre que su relación a/c sea menor o igual que 0,60, los fabricados con cemento 32,5R o 42,5 siempre que su relación a/c sea menor o igual que 0,50 o bien aquellos en los que se utilice acelerante de fraguado. El resto de los casos, se consideran hormigones de endurecimiento normal.

- Cementos de endurecimiento lento 32,5 N;
- Cementos de endurecimiento normal 32,5R – 42,5 N;
- Cemento de endurecimiento rápido 42,5R – 52,5 N – 52,5R.

### 3.2 Tipos y subtipos

De acuerdo con la Instrucción para la Recepción de Cementos, los tipos y subtipos de cemento que se contemplan en España son los recogidos en la Tabla 1.

<i>Tipos</i>	<i>Subtipos</i>	<i>Denominación</i>	<i>Características</i>
Comunes	CEM I	Cemento Portland	
	CEM II	A-S	Poca adición
		B-S	Más adición
		A-D	Poca adición
		A-P, A-Q	Poca adición
		B-P, B-Q	Más adición
		A-V, A-W	Poca adición
		B-V, B-W	Más adición
		A-T	Poca adición
		B-T	Más adición
		A-L, A-LL	Poca adición
		B-L, B-LL	Más adición
		A-M	Poca adición de todos
		B-M	Más adición de todos
	CEM III	A	Gran adición de S
		B	
		C	
	CEM IV	A	Gran adición de puzolanas naturales y artificiales
	CEM V	B	
			Adición de S + P, Q o V
Blancos	BL I	Portland blanco	
	BL II	Portland blanco con adiciones	
	BL V	Portland blanco para solados	
Usos especiales	ESP		
Aluminato de calcio	CAC/R		
<p>Los cementos pueden tener características adicionales, como son:</p> <p>MR: Cementos resistentes al agua de mar</p> <p>SR: Cementos resistentes a los sulfatos</p> <p>LH, VLH: Cementos de bajo calor de hidratación, cementos de muy bajo calor de hidratación</p>			

*Tabla 1. Tipos de cementos. Adaptación Código Estructural (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).*

## 4 Desarrollo

Dada la amplia variedad de cementos disponibles para la fabricación de hormigón, y con el objetivo de facilitar la elección del tipo más adecuado, el Anejo VIII de la Instrucción RC-16 (así como el Anejo 6 del Código Estructural) incorpora una serie de indicaciones, recomendaciones y criterios técnicos para una correcta selección del cemento en función de las condiciones del proyecto (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2016; 2021; 2024).

Estas directrices consideran diversos parámetros clave, entre los que se incluyen:

- tipo de aplicación;
- condiciones ambientales de hormigonado;
- agresividad ambiental.

Los cuadros guía incluidos en el Código Estructural (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021) reproducen, con pequeñas actualizaciones, los criterios establecidos anteriormente en la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16), aprobada en 2016 (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2016; 2024).

A continuación, se presenta una adaptación de dichos cuadros con el fin de sintetizar y aplicar de forma práctica los criterios de selección recomendados por la normativa vigente (Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4).

APLICACIONES	CEM																								
	I	II														III			IV		V				
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Hormigón en masa	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Hormigón armado	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	
Hormigón pretensado incluidos los prefabricados estructurales	1 <sup>(a)</sup>			1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>				1 <sup>(a)</sup>								1 <sup>(a)</sup>								
Elementos estructurales prefabricados de hormigón armado	2 <sup>(a)</sup>	2 <sup>(a)</sup>		2 <sup>(a)</sup>	2 <sup>(a)</sup>				2 <sup>(a)</sup>						2 <sup>(a)</sup>							*			
Hormigón en masa y armado en grandes volúmenes hormigón			1 <sup>(b)</sup>			1 <sup>(b)</sup>				1 <sup>(b)</sup>						1 <sup>(b)</sup>		1 <sup>(b)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	2 <sup>(b)</sup>		1 <sup>(b)</sup>	2 <sup>(b)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	
Hormigón de alta resistencia	2	1 <sup>(c)</sup>		1	1 <sup>(c)</sup>				1 <sup>(c)</sup>						1 <sup>(c)</sup>		1 <sup>(c)</sup>								
Reparaciones urgentes	1			1																					
Desencofrados y descimbrados rápidos	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>			1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>					1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(a)</sup>							
Hormigón proyectado	1	1		1	1				1						1		1								
Hormigones con áridos potencialmente reactivos			2	2		1				2								1	2	2		2	2	2	

Tabla 2. Selección del cemento según el tipo de aplicación (Adaptación RC-16). Nota: (1) adecuados; (2) muy adecuados; (a) preferibles los de alta resistencia inicial; (b) muy recomendable la característica adicional LH o VLH, según los casos; y (c) emplear cemento 42,5R (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

APLICACIONES	CEM																								
	I	II																III			IV		V		
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Hormigonado en tiempo frío	1	1		1	1				1						1		1					1			
Ambientes secos y con viento (condiciones de desecación)	1	1		1	1				1						1		1								
Insolación fuerte u hormigonado en tiempo caluroso		1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1			1		1	

Tabla 3. Selección del cemento según las condiciones ambientales de hormigonado (Adaptación RC-16).

Nota: (1) adecuados (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

AGRESIVIDAD		CEM																											
		I	II																III			IV		V					
			A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B			
XC	Ninguna	1	1	1	1	1	1					1	1					1	1	1	1	1	1			1	1	1	
XC	Corrosión no por cloruros	2	2	1	2	2	1					2	1					2	1	2	1	2				2			
XS	Corrosión por cloruros marinos		2(d)	2(d)	2(d)	1(d)	2(d)					1(d)	2(d)								2(d)	2(d)				2(d)	1(d)	2(d)	
XD	Corrosión por cloruros no marinos	2	2	1	2	2	1					2	1					2		2		1	1			1	1	1	
XA	Ataque por sulfatos		2(e)	2(e)	2(e)	1(e)	2(e)					1(e)	2(e)								2(e)	2(e)				2(e)	1(e)	2(e)	
XA	Lixiviación por aguas puras, ácidas o con CO <sub>2</sub> agresivo		1	1	1	1	1					1	1								1	1				1	1	1	
-	Reactividad álcali-árido			2	2		1					2								1	2	2				2	2	2	

Tabla 4. Selección del cemento según las condiciones de exposición del elemento hormigonado (Adaptación RC-16). Nota: (1) adecuados; (2) muy adecuados; (d) necesaria característica adicional MR; y (e) necesario característica adicional SR en el caso de clases específicas donde se produzca el ataque químico por contacto con sulfatos (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

De forma complementaria, la Instrucción RC-16 incluye una serie de cuadros de ayuda específicos para determinadas tipologías de obra, como infraestructuras portuarias o marítimas, presas, otras obras hidráulicas distintas a presas, y firmes en carreteras, puertos y aeropuertos. Estos casos, en general, corresponden a situaciones poco frecuentes en el ámbito de la edificación.

No obstante, existen otros cuadros que sí resultan de consulta habitual en proyectos de edificación, como los relacionados con cimentaciones (Tabla 5) y los correspondientes a hormigones no estructurales (Tabla 6), cuya aplicación es más común en este tipo de obras, pero que solo se recoge en el Código Estructural.

APLICACIONES	CEM																								
	I	II														III			IV		V				
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Cimentación de hormigón en masa	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>			1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>					1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>		1 <sup>(f)</sup>	2 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>	1 <sup>(f)</sup>
Cimentación de hormigón armado	2	2	1	2	2	1			2	1					2	1	2	1	1			1		1	

**Tabla 5. Selección del cemento para la fabricación de hormigón de cimentaciones (Adaptación RC-16).**  
**Nota:** (1) adecuados; (2) muy adecuados; (f) muy recomendable la característica adicional LH; además, es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR) o al agua de mar (MR) cuando corresponda (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

AGRESIVIDAD	CEM																								
	I	II														III			IV		V				
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Prefabricados no estructurales	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Solado de pavimentos		1	1		1	1			1	1					1	1	1	1	1			1	1	1	1
Hormigones de limpieza y relleno de zanjas	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Otras aplicaciones de tipo no estructural ejecutadas en obra	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1

**Tabla 6. Selección del cemento para la fabricación de hormigón para elementos no estructurales (Adaptación Código Estructural).** **Nota:** (1) adecuados (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2021).

Una vez analizados los cuadros de ayuda recogidos en el Código Estructural y en la Instrucción RC-16, el procedimiento a seguir consiste en acceder de forma iterativa a las tablas correspondientes, y seleccionar aquellos cementos que resulten simultáneamente aptos en todas las circunstancias del proyecto que se analiza (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2016; 2021; 2024). Solo aquellos cementos que cumplan con todos los criterios normativos aplicables podrán considerarse como opciones viables.

## 5 Caso práctico

Veamos si ahora eres tú capaz de poner en práctica estos conceptos. A continuación, se verá la aplicación práctica sobre dos ejemplos reales, derivados del proceso de ejecución de una estructura de hormigón armado.

### 5.1 Caso A

*En el caso A se pide determinar el cemento o cementos más adecuados para la ejecución con hormigón armado de la estructura aérea (forjados, pilares y vigas) de un edificio de viviendas situado junto a la costa. El hormigonado se va a realizar durante los meses de verano.*



Además, en el caso de que la misma estructura se fuera a realizar en la ciudad de León durante los meses de invierno, ¿se podrían emplear los mismos cementos?

En este primer supuesto, el enunciado plantea un supuesto en el que se hormigonará una estructura aérea cerca de la costa, y que su ejecución será en tiempo caluroso. Sintetizando las tablas del Anejo 8 de la Instrucción RC-16 (Tabla 7), se obtiene:

CONDICIONANTES	CEM																								
	I	II																III			IV		V		
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Hormigón armado (aplicación)	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	*
Hormigonado en tiempo caluroso (condiciones de hormigonado)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		1	
Ambiente XS (condiciones de exposición)		1	1	1	+	1			+	1								1	1	1	1		1		
Valoración final		3	3	3	2	3		1	2	3								3			3		3		

Tabla 7. Selección del cemento para la fabricación del supuesto 5.1. Nota: \*recomendado en el Código Estructural (Anejo 6), pero no incluido entre los recomendados en la RC-16 y sus posteriores modificaciones; y +recomendado, aunque preferiblemente otros con distinta cantidad de adición.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los cementos que resultan más adecuados son: CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/B-P, CEM II/B-V, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A. No obstante, también son válidos, aunque en menor medida, el CEM II/A-P y el CEM II/A-V. Además, es obligatorio que sean resistentes al agua de mar si van a estar en contacto con agua de mar, es decir que incluyan la característica adicional MR. Al tratarse de un caso que no es previsible el contacto con agua de mar (ambiente XS1), no será necesario que se incluya esta característica adicional del cemento. Para el caso en el que el hormigonado se realiza en León, las circunstancias cambian y obligan a plantear un nuevo cuadro (Tabla 8).

CONDICIONANTES	CEM																								
	I	II																III			IV		V		
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Hormigón armado (aplicación)	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	*
Hormigonado en tiempo frío (condiciones de hormigonado)	1	1		1	1		1		1		1		1		1		1					1			
Ambiente XC (condiciones de exposición)	1	1	+	1	+	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1		1				
Valoración final	3	3		3	2		2		3		3		2		3		3		2			3			

Tabla 8. Selección del cemento para la fabricación del supuesto 5.1. Nota: \*recomendado en el Código Estructural (Anejo 6), pero no incluido entre los recomendados en la RC-16 y sus posteriores modificaciones; y +recomendado, aunque preferiblemente otros con distinta cantidad de adición.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los cementos que resultan más adecuados son: CEM I, CEM II/A-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-W, CEM II/A-L, CEM II/A-M, CEM IV/A.

No obstante, también son válidos, aunque en menor medida, CEM II/A-P, CEM II/A-Q, CEM II/A-T y CEM III/A. Adicionalmente, entre las recomendaciones para hormigonado en tiempo frío, se recomienda la utilización de cementos de clases resistentes alta o media (52,5 y 42,5). Además, en condiciones de hormigonado frío, también es recomendable emplear cementos que no incluyan la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH).

## 5.2 Caso B

*Para la ejecución de una solera situada en el borde de una carretera en la zona de los Pirineos se ha utilizado un CEM II/A-D-32,5. Teniendo en cuenta que la ejecución se realizó en invierno, se pide justificar si la selección del tipo de cemento ha sido adecuada, teniendo en cuenta las recomendaciones recogidas en la Instrucción RC-16.*

De acuerdo con el supuesto que el enunciado describe, se considerará que se trata de una pieza de hormigón en masa (las soleras habitualmente incorporan armaduras, pero con el objetivo de prevenir la retracción plástica, no con función eminentemente estructural). Por otro lado, se considerará que el hormigonado se realizó en tiempo frío, y que las condiciones de exposición se corresponden a un ambiente donde es probable que exista corrosión, pero por cloruros de origen no marino (correspondiente a un ambiente XD). Para verificar qué cementos serían los recomendables, se planteará una tabla de valoraciones sintetizando la información incluida en la Instrucción RC-16 (Tabla 9).

CONDICIONANTES	CEM																								
	I	II																III			IV		V		
		A-S	B-S	A-D	A-P	B-P	A-Q	B-Q	A-V	B-V	A-W	B-W	A-T	B-T	A-L	B-L	A-M	B-M	A	B	C	A	B	A	B
Hormigón en masa (aplicación)	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Hormigonado en tiempo frío (condiciones de hormigonado)	1	1		1	1		1		1		1		1		1		1					1			
Ambiente XF (condiciones de exposición)	1	1	1	1	+	1			+	1								1	1	1	1			1	
Valoración final	3	3		3	2+				2+													3			

*Tabla 9. Selección del cemento para la fabricación del supuesto 5.2. Nota: +recomendado, aunque preferiblemente otros con distinta cantidad de adición.*

El cemento empleado para la ejecución de la solera (CEM II/B-L 32,5) es uno de los recomendados de acuerdo con las tablas recogidas en el Anejo 8 de la Instrucción RC-16. Sin embargo, algo que se recomienda para las condiciones de hormigonado cuando se realiza en tiempo frío es que la clase resistente del cemento sea media o alta (52,5 y 42,5), no baja, como en este caso (32,5). Además, en condiciones de hormigonado frío, también es recomendable emplear cementos que no incluyan la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH).

## 6 Cierre

En este objeto de aprendizaje se ha abordado, tanto desde una perspectiva teórica como práctica, el procedimiento para determinar el tipo de cemento más adecuado para la fabricación de hormigón, en función de la aplicación prevista, las condiciones de hormigonado y las condiciones de exposición del hormigón una vez endurecido. Asimismo, a través del análisis de dos casos prácticos cercanos a situaciones reales, se ha ejemplificado el proceso de selección del cemento conforme a los criterios establecidos en la normativa vigente.

Todo ello integra una serie de conceptos que, aunque pueden parecer secundarios, resultan fundamentales, especialmente en la fase de diseño, para garantizar un comportamiento adecuado del hormigón, unas prestaciones duraderas y una vida útil óptima en función de las condiciones de servicio previstas.

## 7 Bibliografía

AENOR. Cementos. Ed. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Madrid. 2000.

AENOR. Norma UNE-EN 197-1. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes. Ed. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Madrid. Diciembre, 2000.

AENOR. Norma UNE-EN 197-1. Erratum. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes. Ed. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Madrid. Marzo, 2002.

Cemento-Hormigón. Revista Técnica. Ediciones Cemento S.L.U. 2022.

Fernández Cánovas, M. Hormigón. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Escuelas. 6ª edición. Madrid. 2003.

García Meseguer, A., Morán Cabré, F., Arroyo Portero, JC., Jiménez Montoya. Hormigón Armado. 15ª edición. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2009.

Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España. Código Estructural. 2021.

Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España. Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16). 2016.

Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España. Real Decreto 320/2024, de 26 de marzo, por el que se modifica la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16), aprobada por el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio. 2021. 2024.