

Código de buenas prácticas del **BAW**

Determinación del aumento adiabático de la temperatura del hormigón (MATB)

Edición de 2025

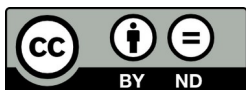
Notificación UE n.º 2025/0251/DE

Nota:

Notificada de acuerdo con la Directiva (UE) 2015/1535 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se establece un procedimiento de información en materia de reglamentaciones técnicas y de reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información (DO L 241 de 17.9.2015, p. 1).

Folletos, recomendaciones y directrices del BAW Editor

Instituto Federal de Ingeniería e Investigación de Ingeniería Hidráulica (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
teléfono: +49 721 9726-0
Correo electrónico: info@baw.de
www.baw.de



creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Salvo que se indique lo contrario, el contenido de los artículos está sujeto a la licencia Creative Commons BY-ND 4.0 (Atribución/Reconocimiento-SinDerivados 4.0 Internacional). Salvo que se indique lo contrario, el contenido en cuestión está protegido por derechos de autor y no puede reutilizarse.

Índice		Página
1	Referencias a normas, bibliografía y otros reglamentos técnicos	1
2	Ámbito de aplicación	2
3	Aumento adiabático de la temperatura según la norma DIN EN 12390-15 (método de referencia)	2
4	Determinación del aumento cuasiadiabático de la temperatura en el bloque de hormigón de gran formato en un ensayo práctico	2
5	Estimación computacional del aumento adiabático de la temperatura del hormigón	4

Lista de gráficos

Gráfico1: Bloque de hormigón con disposición de sensores de temperatura	4
---	---

Relación de anexos

A.1.	Observaciones al procedimiento	6
A.1.1.	Generalidades	6
A.1.2.	Aumento adiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 3	6
A.1.3.	Aumento cuasiadiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 4	6
A.1.4.	Estimación computacional del aumento adiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 5	7

Observaciones preliminares

El aumento adiabático de la temperatura del hormigón es una propiedad de hormigón que repercute en la coerción temprana y en la formación de autotensiones en componentes de hormigón y puede influir en el riesgo de formación secundaria de etringita en componentes de hormigón.

El aumento adiabático de la temperatura del hormigón es un parámetro de entrada para determinar el refuerzo forzoso debido a la compresión temprana según el BAW-MRZ.

El BAW-MATB describe métodos que permiten determinar o estimar el aumento adiabático de la temperatura del hormigón.

Las mercancías comercializadas legalmente en otro Estado miembro de la Unión Europea o en Turquía, u originarias y comercializadas legalmente en un Estado de la AELC que sea parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, se considerarán compatibles con esta medida. La aplicación de esta medida está sujeta al Reglamento (CE) n.º 764/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008, por el que se establecen procedimientos relativos a la aplicación de determinadas normas técnicas nacionales a los productos comercializados legalmente en otro Estado miembro y se deroga la Decisión n.º 3052/95/CE (DO L 218 de 13.8.2008, p. 21).

1 Referencias a normas, bibliografía y otros reglamentos técnicos

BAW-MRZ	Instituto Federal de Ingeniería Hidráulica [Ed.] (2025) BAWMerkblatt Rissbreitenberenzung für Zwang in massiven Wasserbauwerke (MRZ) [folleto BAW sobre la limitación de la anchura de las fisuras para la restricción en estructuras hidráulicas masivas]. Karlsruhe Instituto Federal de Ingeniería Hidráulica (folletos, recomendaciones y directrices del BAW).
DIN EN 196-8	DIN EN 196-8:2010-07 Métodos de ensayo de cementos. Parte 8: Determinación del calor de hidratación. Método por disolución.; versión alemana EN 196-8:2010
DIN EN 196-9	DIN EN 196-9:2010-07 Métodos de ensayo para cemento. Parte 9: Determinación del calor de hidratación. Método parcialmente adiabático; versión alemana EN 196-9:2010
DIN EN 196-11	DIN EN 196-11:2019-03 Métodos de ensayo de cementos. Parte 11: Calor de hidratación. Método de calorimetría isotérmica de conducción; versión alemana EN 196-11:2018
DIN EN 12390-15	DIN EN 12390-15:2019-10 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 15: Método adiabático para la determinación del calor liberado por el hormigón durante el proceso de endurecimiento; versión alemana EN 12390-15:2019.
ZTV-W LB 215	Ministerio Federal de Transportes [ed.] (2025) ZTV-W LB 215: Condiciones técnicas contractuales complementarias - ingeniería hidráulica (ZTV-W), relativa a estructuras hidráulicas de hormigón y hormigón armado (zona de servicio 215).

2 Ámbito de aplicación

- (1) El BAW-MATB describe dos métodos de ensayo, así como un método de cálculo para determinar o estimar el aumento adiabático de la temperatura del hormigón.
- (2) La información sobre los procedimientos de ensayo y los métodos de cálculo se encuentra en el anexo 1.

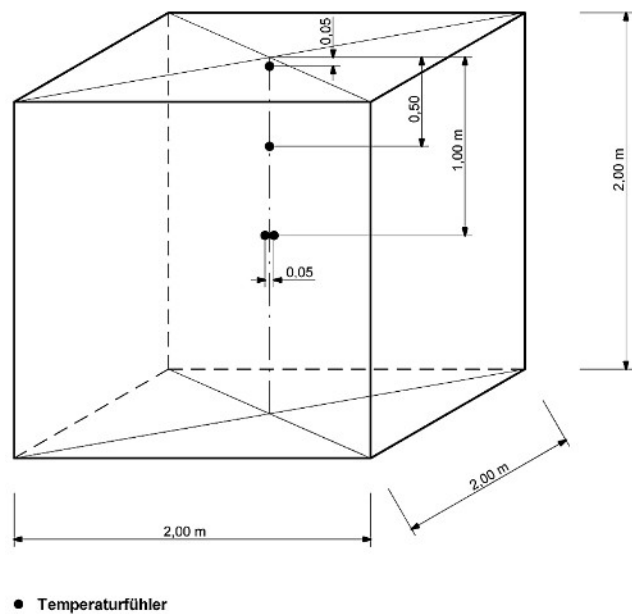
3 Aumento adiabático de la temperatura según la norma DIN EN 12390-15 (método de referencia)

- (1) El aumento adiabático de la temperatura del hormigón se determina de acuerdo con la norma DIN EN 12390-15. El período de prueba es de 7 días.
- (2) Del lote de cemento utilizado en el experimento, el calor de hidratación se determinará de acuerdo con las normas DIN EN 196-8 o DIN EN 196-11 y se entregará una muestra de reserva al poder adjudicador.
- (3) Los ensayos se documentarán en un informe de ensayo que contenga la información de acuerdo con la norma DIN EN 12390-15, 8, letras a) a t). Deberá incluirse la siguiente información adicional en el informe de ensayo:
 - Temperatura del hormigón fresco después de la producción del hormigón en °C.
 - la relación C_{cal}/C_{con} y la comparación con el requisito de Norman.
 - Calor de hidratación según las normas DIN EN 196-8 o DIN EN 196-11 del lote de cemento utilizado en J/g.
 - Fecha y protocolo de la última calibración del calorímetro según la norma DIN 12390-15, anexo A.
 - Indicación de los rangos de temperatura en los que se utilizan los valores determinados de desviación de la adiabasia (α) para determinar $T_c^*(t)$.
 - las temperaturas $T_{con}(t)$, $T_{cal}(t)$, $T_c^*(t)$, $q(t)$ en forma tabular y gráfica.

4 Determinación del aumento cuasiadiabático de la temperatura en el bloque de hormigón de gran formato en un ensayo práctico

- (1) Se debe producir un bloque de hormigón de gran formato (2,0 m x 2,0 m x 2,0 m) por hormigón de acuerdo con las especificaciones (gráfico 1). Al hacerlo, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones límite:
 - Del lote de cemento utilizado en el hormigón, el calor de hidratación se determinará de acuerdo con las normas DIN EN 196-8 o DIN EN 196-11 y se entregará una muestra de reserva al poder adjudicador.
 - El bloque estará provisto de aislamiento térmico en todos los lados ($d \geq 360$ mm; grupo de conductividad térmica 040 o inferior; suficiente resistencia a la compresión).
 - No se permite el anclaje a través.
 - La temperatura del hormigón fresco durante la instalación puede ser de 15 °C, la temperatura del aire circundante durante el ensayo (tiempo de medición: 168 horas) no será inferior a 5 °C.

- Se colocarán dos sensores de temperatura (distancia 5 cm) en el centro del bloque. Se colocarán dos sensores de temperatura adicionales en una línea imaginaria entre el centro del bloque y el centro de una superficie lateral o el centro de la superficie superior a una distancia de 5 cm y 50 cm de la superficie (véase el gráfico Gráfico 1).
- Los sensores de resistencia con una desviación permitida de $\pm 1\text{ K}$ se utilizarán como sensores de temperatura. La cadena de medición (sensor de temperatura, registrador de datos, fuente de alimentación) debe tener una precisión de $\pm 1\text{ K}$ para el registro del rango de temperatura.
- El perfil de temperatura en el bloque de hormigón y la temperatura del aire circundante se registrarán continuamente a una frecuencia de 30 minutos durante un período de al menos 168 horas (7 días).
- Los ensayos se documentarán en un informe de ensayo con la siguiente información:
 - Calor de hidratación según las normas DIN EN 196-8 o DIN EN 196-11 del lote de cemento utilizado en J/g.
 - Tipo, designación y precisión de las mediciones de los sensores y de la cadena de medición
 - Documentación de la cadena de medición (fichas de datos, configuración del registrador de datos, preparación de los datos)
 - Temperatura del hormigón fresco T_{Concrete} en el momento de la instalación, en $^{\circ}\text{C}$
 - Temperatura medida $T_{\text{Concrete}}(t)$ en forma tabular y gráfica en $^{\circ}\text{C}$
 - $T_{\text{qadiab}}(t)$ en forma tabular y gráfica en K



Temperaturfühler	Sensor de temperatura
1,00 m	1,00 m
2.00 m	2,00 m

Gráfico 1: Bloque de hormigón con disposición de sensores de temperatura

5 Estimación computacional del aumento adiabático de la temperatura del hormigón

- (1) Una estimación matemática del aumento adiabático de la temperatura del hormigón se lleva a cabo de acuerdo con la fórmula (1).
- (2) El cálculo se basará en el calor de hidratación del cemento suministrado en el hormigón sobre la base de un valor de ensayo actual Q_{iso} .

$$\Delta T_{ad, 7d, cal} = \frac{Q_{iso} \cdot z}{\frac{Q_{iso}}{Q_{adiab.}} \cdot (c_c \cdot z + c_{ad} \cdot f + c_a \cdot g + c_w \cdot w)} \quad (1)$$

$\Delta T_{ad, 7d, cal}$ Aumento adiabático de la temperatura calculada del hormigón, en K

Q_{iso} Calor de hidratación del cemento según DIN EN 196-8 (referencia) o DIN EN 196-11 en J/g. Como alternativa, puede utilizarse el calor de hidratación determinado de acuerdo con la norma DIN EN 196-9. El valor de Q_{iso} es entonces el 80 % del resultado según la norma DIN EN 196-9 después de 168 horas de medición.

$Q_{adiab.}$ Calor de hidratación del cemento en condiciones adiabáticas en J/g

$Q_{iso}/Q_{adiab.}$ Relación entre el calor de hidratación isotérmico Q_{iso} a 20 °C y el calor de hidratación adiabática $Q_{adiab.}$ después de 7 días:

Sin determinar la relación real, se pueden usar los siguientes valores al usar

CEM III LH: 0,75

CEM II/A, CEM II/B, CEM III: 0,80

CEM I 0,90

c_c, c_{ad}, c_a Calor específico del cemento, del aditivo y del grano de roca. A menos que se disponga de información separada: 0.84 J/(g * K)

c_w Calor específico del agua contenida en la muestra. A menos que se disponga de información separada: 3.76 J/(g * K) con arreglo a la norma DIN EN 12390-15

z, f, g Contenido de cemento, contenido de aditivos, contenido de granos de roca en kg/m³

w Contenido de agua en kg/m³

- (3) Los ensayos se documentarán en un informe de ensayo en el que se especifiquen los parámetros utilizados.

- Q_{iso} como valor de ensayo en J/g acompañado del informe de ensayo
- la relación asumida $Q_{iso}/Q_{adiab.}$

- Contenido de cemento, contenido de aditivos, contenido de agua, contenido de grano de roca del hormigón en kg/m^3
- c_c, c_{ad}, c_a, c_w
- $\Delta T_{ad,7d,cal}$ en K

A.1. Observaciones al procedimiento

A.1.1. Generalidades

- (1) A continuación, se ofrece información sobre los tres métodos que deben tenerse en cuenta en la evaluación de los resultados.
- (2) El calor de hidratación del hormigón está influenciado principalmente por las propiedades del cemento y el contenido de cemento.
- (3) En esencia, las fluctuaciones de producción de las propiedades del cemento pueden llevar a que se determinen diferentes aumentos adiabáticos de temperatura con la misma composición de hormigón pero con un lote diferente de cemento. Por lo tanto, para clasificar el aumento adiabático de la temperatura del hormigón determinado de acuerdo con las secciones 3 y 4, es absolutamente necesario determinar el calor de hidratación del lote de cemento utilizado en el experimento de acuerdo con las normas DIN EN 196-8 o DIN EN 196-11.
- (4) Para la composición del hormigón, las fluctuaciones esperadas del aumento adiabático de la temperatura del hormigón se pueden estimar mediante el conocimiento de la fluctuación de producción del calor de hidratación del cemento.

A.1.2. Aumento adiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 3

- (1) La determinación del aumento adiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 3 es el método de referencia para determinar el aumento adiabático de la temperatura.
- (2) En el ensayo de laboratorio en condiciones marco definidas, teniendo en cuenta las pérdidas de calor en el calorímetro de hormigón, el aumento adiabático de la temperatura del hormigón se determina teniendo en cuenta todas las propiedades del hormigón sometido a ensayo con los lotes de entrada de hormigón utilizados en él.
- (3) Se demuestra que un determinado aumento adiabático de la temperatura del hormigón puede mantenerse con la composición del hormigón investigado.

A.1.3. Aumento cuasiadiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 4

- (1) En la prueba del sitio de construcción, si la prueba se lleva a cabo correctamente, el aumento de temperatura cuasiadiabático del hormigón se determina teniendo en cuenta todas las propiedades del hormigón examinado con los lotes de materia prima de hormigón utilizados en él.
- (2) El aumento cuasiadiabático de la temperatura determinado en el ensayo del sitio de construcción representa una estimación más baja del aumento adiabático de la temperatura del hormigón, ya que las pérdidas de calor inevitables no se tienen en cuenta dependiendo de las condiciones ambientales cambiantes. También se puede esperar que mayores rangos de la temperatura del hormigón fresco, así como mayores fluctuaciones en la composición del hormigón esperadas en la planta de hormigón debido a la producción en comparación con el ensayo de laboratorio, den lugar a mayores fluctuaciones en los resultados.

- (3) Además de la determinación del aumento cuasiadiabático de la temperatura del hormigón, se pueden investigar otras propiedades del hormigón durante la producción del bloque, a diferencia del ensayo de laboratorio, como la bombeabilidad y la estabilidad de los poros de aire en condiciones prácticas de construcción.
- (4) Se demuestra que un determinado aumento adiabático de la temperatura del hormigón puede mantenerse con la composición del hormigón investigado. Los resultados son menores pero suficientes en el lado seguro que con el ensayo adiabático mencionado en el apartado 3.

A.1.4. Estimación computacional del aumento adiabático de la temperatura de acuerdo con el apartado 5

- (1) Utilizando un enfoque computacional, el aumento de la temperatura adiabática del hormigón se estima bajo la hipótesis de una temperatura del hormigón fresco de 20 °C, teniendo en cuenta las hipótesis sobre los parámetros de las referencias bibliográficas, así como un calor de hidratación del cemento determinado por ensayo.
- (2) La determinación del calor de hidratación del cemento es posible con tres métodos de ensayo normalizados diferentes (DIN EN 196-8, DIN EN 196-9, DIN EN 196-11), cuyo objetivo real es determinar la propiedad LH del cemento. Los resultados de los ensayos de estos tres procedimientos están sujetos a ciertas fluctuaciones debidas al procedimiento. Los resultados de dos ensayos realizados correctamente por dos laboratorios pueden diferir según las especificaciones de precisión especificadas en las normas según DIN EN 196-8 hasta 50 J/g, según DIN EN 196-9 hasta 42 J/g y según DIN EN 196-11 hasta 37 J/g.
- (3) Las desviaciones a que se refiere el punto 2 pueden dar lugar a desviaciones de aproximadamente 5 K del aumento adiabático de la temperatura calculada del hormigón basándose únicamente en el calor de hidratación del cemento, sin modificar los parámetros.
- (4) Las desviaciones de 0,05 de la relación real Q_{iso}/Q_{ad} con respecto a la relación calculada pueden representar una diferencia de aproximadamente 3 K en el aumento adiabático de la temperatura calculada en el hormigón.
- (5) Al aplicar el enfoque computacional con las inexactitudes mencionadas en los puntos 3 y 4, debe estudiarse cuidadosamente una metodología sencilla para estimar el aumento adiabático de la temperatura y los posibles efectos en la estructura o componente considerado. Cuando el hormigón se encuentra en el límite superior de la temperatura máxima admisible de los componentes, el procedimiento descrito en el apartado 5 entraña un riesgo debido al peligro de que se produzcan daños como consecuencia de la formación secundaria de etringita. En el caso de componentes similares a la base que funcionen en el límite superior del aumento adiabático de la temperatura admisible, el método descrito en el apartado 5 implica un riesgo debido a la superposición desfavorable de las tensiones aplicadas y residuales.