

CAPÍTULO 5. HORMIGÓN FRESCO - PROPIEDADES, DOSIFICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

5.0. SIMBOLOGÍA

f'_c	resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.
f'_{cr}	resistencia de diseño de la mezcla, en MPa.
n	número de resultados de ensayos consecutivos.
n_1 y n_2	número de resultados de ensayos que conforman cada grupo (no inferiores a 10).
M	madurez, en °C por hora ó °C por día.
s_n	desviación estándar de los resultados de los ensayos de resistencia, en MPa.
s_p	promedio estadístico de las desviaciones estándares, cuando se usan dos grupos de resultados de ensayos para determinar la desviación estándar, en MPa.
s_{n1} y s_{n2}	desviaciones estándares calculadas por separado para cada uno de los dos grupos de resultados de ensayo, en MPa.
X_i	resultado de un ensayo.
\bar{X}	promedio de (n) resultados de ensayos.
T	temperatura en el interior del hormigón, en °C.
Δt	duración del curado a la temperatura T, en días u horas.

5.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

5.1.1. Consistencia del hormigón

5.1.1.1. El hormigón tendrá una consistencia acorde con las características de los elementos estructurales a hormigonar y con los medios disponibles para permitir su transporte, colocación y correcta compactación, sin que se produzca segregación ni exudación perjudicial.

5.1.1.2. Este **Reglamento** establece seis (**6**) **intervalos de consistencia de hormigones** cuyas denominaciones y métodos de evaluación se indican en la Tabla 5.1.

- a) Las mezclas con intervalos de **consistencia fluida** y **muy fluida** se utilizarán en hormigones de cualquier clase sólo si éstos contienen un aditivo superfluidificante. La dosis y la oportunidad de ingresar el aditivo a la mezcla serán tales que maximicen la fluidez de la pasta del hormigón sin generar segregación en el hormigón bajo ninguna circunstancia.
- b) Los **hormigones de clase H-15**, (hormigón sin armar) se pueden elaborar con **intervalo de consistencia fluida sin el uso de aditivos superfluidificantes**, si el asentamiento es igual o menor que **180 mm** y si el contenido de cemento por metro cúbico de hormigón es igual o mayor que **300 kg**.

5.1.1.3. Los **Documentos del Proyecto** deben indicar el valor de la consistencia media de la mezcla a utilizar en los diferentes tipos de elementos estructurales incluidos en la obra (consistencia de diseño).

5.1.1.4. Los distintos **pastones** deben tener una consistencia igual a la consistencia de diseño más o menos la tolerancia indicada en la Tabla 5.2.

Tabla 5.1. Métodos de ensayo aplicables a cada intervalo de consistencia del hormigón

Consistencia	Intervalo			Ensayo de evaluación aplicable
	Remoldeo (V) (s)	Asentamiento (A) [cm]	Extendido (E) [cm]	
Muy seca	$5,0 < V \leq 30,0$	--	--	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM 1767.
Seca	--	$2,0 < A \leq 5,0$	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Plástica	--	$5,0 < A \leq 10,0$	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Muy plástica	--	$10,0 < A \leq 15,0$	$50 < E \leq 55$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Fluida	--	$15,0 < A \leq 18,0$	$55 < E \leq 60$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Muy fluida	--	--	$60 < E \leq 65$	Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.

Tabla 5.2. Intervalos de consistencia y tolerancias

Consistencia	Remoldeo (V) (s)		Asentamiento (A) [cm]		Extendido (E) [cm]	
	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia
Muy seca	5,0 < V ≤ 30,0	± 2,0	--	--	--	--
Seca	--	--	2,0 < A ≤ 5,0	± 1,0	--	--
Plástica	--	--	5,0 < A ≤ 10,0	± 2,0	--	--
Muy plástica	--	--	10,0 < A ≤ 15,0	± 2,0	50 < E ≤ 55	± 1,0
Fluida	--	--	15,0 < A ≤ 18,0	± 3,0 (*)	55 < E ≤ 60	± 2,0
Muy fluida	--	--	--	--	60 < E ≤ 65	± 2,0

(*) La tolerancia en (+) es válida siempre que el asentamiento medido sea igual o menor que 20,0 cm.

5.1.2. Aire intencionalmente incorporado

5.1.2.1. Cuando de acuerdo con el tipo de exposición o para hormigones con características especiales, según el Capítulo 2, Tablas 2.5. y 2.8., se requiera la **incorporación intencional de aire**, el porcentaje total debe estar comprendido dentro de los límites establecidos en la Tabla 5.3., **en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso**, donde los porcentajes de aire corresponden al hormigón integral.

Tabla 5.3. Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón, de acuerdo con el tipo de exposición o para hormigones especiales (Capítulo 2, Tablas 2.5. y 2.8.)	
	Exposición tipo C1 y hormigón a colocar bajo agua	Exposición tipo C2
mm	% en volumen	% en volumen
13,2	5,5 ± 1,5	7,0 ± 1,5
19,0	5,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
26,5	4,5 ± 1,5	6,0 ± 1,5
37,5	4,5 ± 1,5	5,5 ± 1,5
53,0	4,0 ± 1,5	5,0 ± 1,5

5.1.2.2. La **determinación del contenido de aire del hormigón** se debe efectuar mediante los ensayos especificados en la norma IRAM 1602-1 ó 1602-2.

5.1.2.3. Para **hormigones con tamaño máximo nominal de agregado grueso igual o mayor que 53,0 mm**, el contenido de aire se debe determinar según el artículo 5.1.2.2., sobre la fracción de hormigón que resulta luego de retirar mediante tamizado, las partículas de agregado grueso mayores que **37,5 mm**. En este caso, el contenido de aire medido en la fracción que pasa el tamiz de **37,5 mm** de abertura debe ser el indicado en la Tabla 5.3. para el tamaño máximo nominal de **37,5 mm**.

5.1.2.4. Para hormigones de **clase igual o mayor que H-35** las cantidades de aire indicadas en la Tabla 5.3., se pueden reducir hasta una unidad porcentual (1,0 %), salvo que en los **Documentos de Proyecto** se indique lo contrario.

5.1.3. Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm

5.1.3.1. Este Reglamento especifica que se debe computar como **material pulverulento de un hormigón**, a la suma, en masa, de las partículas del **cemento**, las **adiciones minerales pulverulentas**, ya sean **activas o no**, y la fracción de los **agregados que pasan el tamiz IRAM 300 µm (N° 50)**.

5.1.3.2. El **contenido de material pulverulento** debe ser el indispensable para permitir que el hormigón fresco tenga adecuada cohesión que impida su segregación y excesiva exudación. Los contenidos mínimos se indican en la Tabla 5.4., **en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso** empleado en el hormigón.

Tabla 5.4. Contenido mínimo de material que pasa por el tamiz IRAM 300 µm

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Contenido de material que pasa por el tamiz IRAM 300 µm (N° 50)
(mm)	(kg por metro cúbico de hormigón).
13,2	480
19,0	440
26,5	410
37,5	380
53,0	350

5.1.3.3. Los **contenidos mínimos de material pulverulento** indicados en la Tabla 5.4. no son de aplicación para los hormigones de **clase igual o menor que H-20**, que no sean transportados por bombeo, cuya consistencia no supere la consistencia muy plástica y que en la etapa de hormigón endurecido no estén en contacto con medios agresivos según lo establecido en el Capítulo 2.

5.1.3.4. Sin perjuicio del cumplimiento de los artículos 5.1.3.1. a 5.1.3.3., el tipo y cantidad de material que pasa por el tamiz IRAM de **300 µm (N° 50)** debe asegurar que la exudación del hormigón cumpla con lo establecido en el artículo 5.1.4.

5.1.4. Exudación del hormigón

5.1.4.1. Cuando se construyan **elementos estructurales que superen los dos (2) metros de altura** o que estén sometidos a **abrasión, erosión o cavitación**, la exudación del hormigón, determinada según la norma IRAM 1604:2004, debe cumplir los límites siguientes:

- capacidad de exudación igual o menor que cinco por ciento (5 %).
- velocidad de exudación igual o menor que $100 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$.

5.1.5. Contenido unitario de cemento

5.1.5.1. El hormigón debe contener la **cantidad de cemento que resulte necesaria para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos en este Reglamento** según el destino para el que se lo utilice.

5.1.5.2. **A los efectos de proteger las armaduras contra la corrosión, el contenido mínimo de cemento debe ser igual a 280 kg/m^3 de hormigón fresco compactado tanto en el hormigón armado como en el pretensado.**

5.1.5.3. En los elementos estructurales de **hormigón masivo armado** el **contenido mínimo de cemento** debe ser igual a 200 kg/m^3 de hormigón fresco compactado si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) El elemento estructural está expuesto a un **medio no agresivo** tanto para el hormigón como para las armaduras (Exposición **Clase A1**, del Capítulo 2, Tabla 2.1.).
- b) El recubrimiento de las armaduras es igual o mayor que **100 mm**.

5.1.6. Homogeneidad de una mezcla de hormigón

En todas las instancias del proceso de elaboración, transporte y colocación del hormigón, en que este Reglamento exija **homogeneidad** de la mezcla, el hormigón debe ser ensayado según la norma IRAM 1876:2004. El hormigón del pastón se considera **homógeno**, cuando las diferencias máximas admisibles, en valor absoluto, entre los resultados de ensayo de muestras extraídas de diferentes porciones de un mismo pastón, son menores que:

- a) contenido de agregado grueso: **6,0 %**
- b) densidad del mortero libre de aire: **1,6 %**

5.2. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

5.2.1. Requisitos generales

5.2.1.1. Los **materiales componentes y las proporciones del hormigón** deben asegurar:

- la trabajabilidad necesaria para su adecuado escurrimiento entre las armaduras y para el llenado completo de los encofrados, con la terminación requerida y en las condiciones de colocación a ser empleado en obra, sin que se produzca segregación o exudación perjudicial para el hormigón de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.1.
- los requisitos para el hormigón endurecido, según se establece en el Capítulo 2.

5.2.1.2. La **dosificación del hormigón** se debe establecer en forma racional, en base a información de experiencias previas y/o mediante la preparación de mezclas de prueba en el laboratorio o en la obra. En ambos casos con los materiales que se van a utilizar en la obra. (Ver los artículos 5.2.5.1. y 5.2.5.2.).

La **dosificación para hormigones sin armar de clase H-15**, se puede establecer en **forma empírica** cuando se cumplan los requisitos especificados en el artículo 5.2.5.3.

5.2.1.3. Los ensayos de **resistencia de rotura a la compresión** se realizarán en la forma indicada en el artículo 4.1.6.

5.2.1.4. Cuando los criterios de diseño se basen en la **resistencia del hormigón a tracción por compresión diametral o a tracción por flexión**, se debe:

- a) Verificar en forma experimental, durante los ensayos de dosificación, que la mezcla cumpla con la resistencia a tracción especificada en los **Documentos del Proyecto**. Los ensayos de tracción por compresión diametral se realizarán según la norma IRAM 1658 y los de tracción por flexión según la norma IRAM 1547.
- b) Determinar la correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción por compresión diametral o a tracción por flexión, según corresponda, mediante ensayos con el mismo hormigón a utilizar en obra.
- c) Realizar la recepción del hormigón mediante ensayos de compresión, y verificar el cumplimiento de la resistencia especificada aplicando el coeficiente de correlación determinado según b).

5.2.2. Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla

5.2.2.1. La **resistencia de diseño de la mezcla de hormigón** que se utilizará en obra, es la resistencia media de rotura a compresión para la cual se dosifica dicha mezcla. La resistencia media de las probetas moldeadas con la mezcla en los ensayos de prueba debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño de la mezcla calculada de acuerdo con el artículo 5.2.2.2.

5.2.2.2. Modos de control

a) **Modo de Control 1:**

La **resistencia de diseño de la mezcla debe ser mayor** que los valores que resulten de aplicar las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 s_n \quad (5-1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n - 3,5 \quad (5-2)$$

b) **Modo de Control 2:**

La **resistencia de diseño de la mezcla** debe ser mayor que el valor que resulte de aplicar las siguientes expresiones:

$$f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 s_n \quad (5-3)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n \quad (5-4)$$

siendo:

f'_c la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.

f'_{cr} la resistencia de diseño de la mezcla, en MPa.

s_n la desviación estándar, en MPa.

5.2.2.3. La **desviación estándar** se debe determinar de acuerdo con el artículo 5.2.3.

5.2.2.4. En ningún caso la **desviación estándar**, s_n , a utilizar en la estimación de la resistencia de diseño de la mezcla debe ser menor que **3,0 MPa**.

5.2.2.5. Cuando no se cuente con registros para determinar la desviación estándar, el hormigón se debe proyectar adoptando la **resistencia media de rotura a compresión dada en la Tabla 5.5**.

Tabla 5.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar para hormigones sin armar y armados

Resistencia especificada (f'_c) MPa	Resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr}) MPa
Igual o menor que 20	$f'_c + 7,0$
Mayor que 20 y menor que 35	$f'_c + 8,5$
Mayor que 35	$f'_c + 10,0$

5.2.2.6. Durante la construcción de la obra, y a medida que se disponga de resultados de ensayos, se podrá determinar su desviación estándar y con ese valor reajustar la mezcla. **El valor a adoptar en ningún caso debe ser menor que 2,0 MPa.**

5.2.3. Desviación estándar

5.2.3.1. La **desviación estándar** es una medida estadística de la **dispersión de los resultados de los ensayos que representan a un determinado hormigón**.

5.2.3.2. Cuando una **planta elaboradora** posea registros de su producción se debe calcular la desviación estándar a aplicar en los hormigones a producir. Los resultados de ensayo que se utilicen para calcular la desviación estándar deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) los resultados de ensayo deben pertenecer a una misma mezcla.
- b) los materiales y las condiciones de elaboración, deben ser similares a los del hormigón a producir.
- c) los procedimientos de control de producción realizados deben ser igual de rigurosos que los del hormigón a producir y se debe utilizar el mismo tamaño de probeta del ensayo de resistencia.
- d) los cambios en los materiales y en las proporciones de la mezcla, que se hayan producidos durante el período de tiempo al que corresponden los registros de ensayos, deben ser iguales o más restringidos que aquellos esperados para la obra.
- e) los resultados deben pertenecer a hormigones cuya resistencia esté dentro de un intervalo de $\pm 10 \text{ MPa}$ respecto de la resistencia especificada para el Proyecto a construir.
- f) se debe disponer de treinta (**30**) o más resultados de ensayos consecutivos o en su defecto de al menos dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen un mínimo de **30 ensayos**, donde cada grupo no podrá tener menos de **10 ensayos**.

5.2.3.3. Cuando se disponga de treinta (30) o más resultados de ensayos consecutivos que conforman un (1) único grupo, la desviación estándar se debe determinar aplicando la siguiente fórmula:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}} \quad (5-5)$$

siendo:

- s_n la desviación estándar
- x_i el resultado de un ensayo.
- \bar{X} el promedio de (n) resultados de ensayos.
- n el número de resultados de ensayos consecutivos.

5.2.3.4. Cuando se disponga de dos (2) grupos de ensayos consecutivos, que entre ambos sumen treinta (30) o más resultados de ensayos, se debe determinar la desviación estándar promedio aplicando la siguiente expresión:

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_{n1})^2 + (n_2 - 1)(s_{n2})^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (5-6)$$

siendo:

s_p el **promedio estadístico de las desviaciones estándares**, cuando se usan dos grupos de resultados de ensayos para determinar la desviación estándar.

s_{n1} y s_{n2} las desviaciones estándares calculadas por separado para cada uno de los dos grupos de resultados de ensayos.

n_1 y n_2 el número de resultados de ensayos que conforman cada grupo (no inferiores a 10).

5.2.3.5. Si la planta posee registros que cumplan con las condiciones a), b), c), d), e) y f) dadas en el artículo 5.2.3.2. **pero sólo se dispone de 15 a 29 resultados de ensayos consecutivos**, la desviación estándar (**s**) **se debe determinar con los valores de ensayo disponibles utilizando la expresión indicada en el artículo 5.2.3.3.** y ese valor se debe incrementar con el factor que le corresponda según la Tabla 5.6. Este procedimiento es válido si los ensayos pertenecen a un solo conjunto de ensayos consecutivos realizados dentro de un período de tiempo no menor que cuarenta y cinco (45) días corridos, y comprendido dentro de los últimos doce meses respecto de la fecha del estudio de las proporciones que se efectúa.

Tabla 5.6. Factor que incrementa la desviación estándar (s_n), cuando se dispone de menos de 30 resultados de ensayos consecutivos

Nº de ensayos (*)	Factor de modificación de la desviación estándar, s_n
Menos de 15	No aplicable
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30	1,00
(*) Interpolarse para un número de ensayos intermedios	

5.2.3.6. En todos los casos, a medida que por el avance de obra se disponga de treinta (30) o más ensayos consecutivos, se debe determinar la desviación estándar y con este valor reajustar la dosificación del hormigón en caso de ser necesario.

5.2.4. Elección de la razón agua/cemento

5.2.4.1. La **razón agua/cemento** o la **razón agua/material cementicio** con que se debe proyectar el hormigón debe ser la menor de las dos siguientes:

- a) la necesaria para alcanzar la resistencia de diseño de la mezcla de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.2.
- b) la menor de las máximas especificadas por durabilidad y por características especiales de la estructura, según se establece en el Capítulo 2.

5.2.4.2. Cuando se use **cemento pórtland más una adición mineral activa incorporada en el momento del mezclado**, se debe reemplazar la razón agua/cemento (**a/c**) por la razón agua/ material cementicio [**a/(c+x)**], que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (**c**) y la cantidad y eficiencia de la adición (**x**). Esta equivalencia deberá ser respaldada con experiencias de laboratorio o por resultados fehacientes de obras anteriores. En ambos casos las experiencias deben haber sido realizadas con los mismos materiales componentes y con hormigones de proporciones similares.

5.2.5. Determinación de la composición del hormigón

La determinación de la composición y proporciones de los materiales del hormigón se debe realizar de acuerdo con uno de los siguientes procedimientos:

- a) **racional** mediante **pastones de prueba**, de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2.5.1.
- b) **racional utilizando información de obras anteriores**, de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2.5.2.
- c) **empírico**, de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2.5.3.

5.2.5.1. Dosificación racional mediante pastones de prueba

Las proporciones de las mezclas para las diferentes clases de hormigones, materiales y condiciones de elaboración con que se ejecutará la obra, se deben establecer experimentalmente, en base a la preparación y ensayo de pastones de prueba, elaborados bajo las siguientes condiciones:

- a) se deben emplear **tres (3) razones agua/cemento distintas**, que comprendan a la elegida de acuerdo con el artículo 5.2.4 y con contenidos de materiales cementicios que produzcan un intervalo de resistencias que comprenda a la resistencia de diseño f'_{cr} .
- b) el **asentamiento del hormigón** debe ser el especificado para la estructura donde se empleará el hormigón, con las tolerancias admitidas en la Tabla 5.2.

- c) el **contenido de aire** incorporado debe ser el especificado para la estructura a construir, con las tolerancias admitidas en la Tabla 5.3.
- d) la **temperatura** de la mezcla fresca en el laboratorio debe estar comprendida dentro de un intervalo de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ respecto de la máxima temperatura que se prevé que tendrá el hormigón en el momento de ser mezclado y colocado en obra.
- e) para cada **razón agua/cemento** se deben moldear por lo menos tres **(3)** probetas cilíndricas de **15 cm** de diámetro y **30 cm** de altura o, si corresponde, un mínimo de cuatro **(4)** probetas cilíndricas de **10 cm** de diámetro y **20 cm** de altura, para la edad de diseño y para cada edad de ensayo adicional que se desee. Las probetas se deben preparar, curar y acondicionar para su ensayo en un todo de acuerdo con lo establecido en las normas IRAM 1524 ó 1534.

Los **ensayos de resistencia a la compresión** se deben realizar en las condiciones que establece la norma IRAM 1546, a la edad de diseño que corresponda, en un todo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.1.

- f) con los resultados de los ensayos se debe trazar una curva que relacione las **razones agua/cemento del hormigón con las resistencias medias de rotura a la compresión a la edad de diseño**, obtenidas con las mezclas mencionadas en a).

De la curva trazada para la resistencia de diseño de la mezcla establecida de acuerdo con el artículo 5.2.2.2., se debe obtener la **razón agua/cemento a utilizar en la obra**. El valor obtenido no debe exceder la máxima razón establecida por consideraciones de durabilidad, de acuerdo con el artículo 5.2.4.1).

- g) **la mezcla resultante se debe ajustar posteriormente con los materiales y equipos disponibles en la obra**, antes de iniciar su producción industrial. Las proporciones finales se establecerán de modo tal que no sea excedida la máxima relación agua/cemento determinada según f), cuando el asentamiento sea el máximo especificado.

5.2.5.2. Dosificación racional basada en información de experiencias previas

La dosificación del hormigón se puede calcular mediante métodos racionales aplicados a la información experimental obtenida en obra o en laboratorio, siempre que se cumpla que :

- a) La relación agua/cemento sea elegida de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.4.
- b) La información necesaria se haya obtenido mediante ensayos realizados dentro de los últimos doce **(12)** meses.
- c) Los materiales, equipos y condiciones de diseño, sean similares a las que se utilizarán en la obra que motiva la dosificación a realizar.

- d) La mezcla sea finalmente ajustada en obra de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5.1.g).

5.2.5.3. Dosificación del hormigón sin armar establecida en forma empírica

Para los hormigones clase H-15, exclusivamente, se pueden adoptar dosificaciones empíricas basadas en proporciones preestablecidas, si se cumple que:

- a) La condición de exposición de la estructura sea del tipo A1, según lo indicado en el Capítulo 2.
- b) Se utilicen cementos de acuerdo con el artículo 3.1.1.1 y se asegure los contenidos mínimos indicados en la Tabla 5.7.
- c) No se utilicen aditivos ni adiciones minerales de ningún tipo.
- d) La consistencia del hormigón pertenezca a las consistencias seca, plástica, muy plástica y fluida con exclusión de las consistencias muy seca y muy fluida.
- e) El cemento se deberá medir en bolsa entera o en peso.

Tabla 5.7. Contenido mínimo de cemento para hormigones simples dosificados en forma empírica

Clase de hormigón	Contenido mínimo de cemento por metro cúbico de hormigón (kg) según la consistencia del hormigón		
	Consistencias seca y plástica	Consistencia muy plástica	Consistencia fluida
H-15	300	320	350

5.3. PRODUCCIÓN

5.3.1. Datos básicos de producción a disponer

5.3.1.1. En el lugar físico desde el cual se opere la **planta de elaboración de los hormigones**, debe estar disponible la documentación con la indicación precisa de la composición y de las proporciones de los materiales constituyentes de los hormigones a producir.

Para cada uno de los tipos de hormigón que se elaboren, se determinará la siguiente información:

- a) **Contenido de agua de la mezcla**, expresado en dm^3/m^3 o kg/m^3 de hormigón y en $\text{dm}^3/\text{pastón}$ o $\text{kg}/\text{pastón}$.

- b) **Cantidad de agua neta** a ingresar a la hormigonera, en función de los distintos valores de humedad que presenten los agregados.
- c) Tipo, características y procedencia de los **agregados** a emplear.
- d) Cantidad de **agregados** de cada fracción y procedencia, expresada en kg/m³.
- e) Tipo, marca y procedencia del **cemento** y los **aditivos**.
- f) Cantidad de **cemento** y **adiciones**, si las hubiere, expresadas en kg/m³.
- g) **Dosis** de cada uno de los **aditivos** a incorporar a los hormigones, expresada en kg/m³.
- h) **Razón agua / cemento** o **razón agua / material cementicio**, expresada en masa.
- i) **Resistencia media** a obtener con la dosificación.
- j) **Consistencia** del hormigón fresco.
- k) **Masa de la unidad de volumen** del hormigón fresco, expresada en kg/m³.

5.3.1.2. En el proceso de **producción de hormigones de clase igual o mayor que H-20** se deberá registrar, para cada pastón elaborado, la información correspondiente a los puntos a) hasta g) detalladas en el artículo 5.3.1.1.

5.3.2. Medición de los materiales componentes del hormigón

5.3.2.1. Los **equipos de medición** deben estar instalados de tal manera que operen dentro de las tolerancias establecidas en el artículo 5.3.2.9., Tabla 5.8., aún ante movimientos y/o vibraciones que se produzcan en la zona de la planta de elaboración de hormigones.

5.3.2.2. Los **equipos de medición** de la planta de elaboración de hormigones deben ser operados por personal idóneo y experimentado en su manejo, con capacitación comprobable.

5.3.2.3. Periódicamente se debe proceder a limpiar las **balanzas y articulaciones de los equipos de medición**, como así también a realizar **controles de funcionamiento**. El contraste de las balanzas se debe realizar como mínimo al iniciarse la producción del hormigón y posteriormente una vez por mes o antes si hubiere presunción de deficiencias en el funcionamiento.

5.3.2.4. Los dispositivos empleados para la medición del agua de mezclado no deben resultar afectados, ni producir errores de medición fuera de las tolerancias establecidas, si varía la presión del agua en la cañería de alimentación.

5.3.2.5. El **cemento se debe medir en masa** y en **forma separada de los agregados**. Como única excepción se admitirá la incorporación a la hormigonera del cemento en sus bolsas originales enteras.

5.3.2.6. Las fracciones de agregados finos y de agregados gruesos se deben medir en forma separada, bajo las siguientes condiciones:

- a) **Exclusivamente en masa para hormigones de clase mayor que H-20.**
- b) En **masa o en volumen** para hormigones de **clase igual o menor que H-20**. En el segundo caso, se debe determinar previamente la densidad a granel (peso unitario) de los materiales en las condiciones de humedad en que se encuentran en el acopio, efectuándose la medición en volúmenes aparentes de materiales sueltos, en recipientes cuidadosamente enrasados de pequeña sección y gran altura.
- c) Se debe determinar el contenido de humedad superficial de los agregados, como mínimo al comenzar las tareas de hormigonado y cuando cambie el acopio o las condiciones de humedad del mismo.
- d) La cantidad de agregados a introducir en la hormigonera debe ser la que corresponda a la dosificación proyectada de acuerdo con su real humedad superficial.

5.3.2.7. El **agua de mezclado se puede medir en masa o en volumen**. Al medirla se tendrá en cuenta el agua aportada por los agregados en forma de humedad superficial y la incorporada como hielo, a los efectos de efectuar la corrección correspondiente.

5.3.2.8. Los **aditivos químicos líquidos se deben medir en volumen o en masa, y los pulverulentos se deben medir sólo en masa**.

5.3.2.9. **Cuando los materiales componentes del hormigón se midan en masa y el agua en masa o en volumen, las tolerancias establecidas en la Tabla 5.8 se deben verificar en cada medición.** Los valores allí consignados son para cada pastón considerado individualmente.

Tabla 5.8. Tolerancia porcentual admitida en la medición de los materiales por pastón

Materiales componentes del hormigón	Tolerancia porcentual admitida en la medición, respecto a la masa total de cada material
Cemento Adiciones minerales	± 1,0 %
Cada fracción de agregado	± 2,0 %
Agua de mezclado (incluyendo hielo)	± 1,0 %
Aditivos químicos (polvo o líquidos)	± 3,0 %

5.3.2.10. Las **balanzas** deben estar graduadas como mínimo al **0,1 %** de su capacidad máxima y se deben utilizar en el intervalo comprendido entre el **30 %** y **100 %** de su capacidad.

5.3.3. Mezclado del hormigón

5.3.3.1. La **operación de mezclado** se debe realizar exclusivamente en forma mecánica.

5.3.3.2. El **tiempo de mezclado** se debe medir a partir del momento en que todos los materiales componentes ingresaron al tambor de la mezcladora.

5.3.3.3. Los **equipos de mezclado** se deben encontrar en condiciones de uso y mantenimiento que permitan cumplir con lo establecido en este Reglamento. Se debe llevar un registro de los servicios de mantenimiento y controles de funcionamiento efectuados desde su puesta en servicio.

5.3.3.4. Para **cada equipo mezclador** el tiempo mínimo de mezclado se debe determinar al iniciar la producción en obra y posteriormente cuando hubiere presunción de deficiencias de funcionamiento. Si el equipo tiene una capacidad nominal superior a **1 m³**, el tiempo de mínimo mezclado se determinará con una frecuencia igual o menor que tres **(3)** meses.

5.3.3.5. Cuando el hormigón se mezcle mediante motohormigoneras, cumplirá con los requisitos de mezclado especificados en la norma IRAM 1666-2.

5.3.3.6. Los **aditivos químicos** se deben ingresar al tambor de la hormigonera en forma de soluciones acuosas, como parte del agua de mezclado, con excepción de los superfluidificantes líquidos que se deben incorporar en la forma suministrada, sin diluir. Cuando el hormigón contenga dos **(2)** o más aditivos químicos, las soluciones de ambos se deben almacenar, medir e ingresar en forma separada al tambor de la hormigonera. En el caso del uso de más de un aditivo se debe verificar previamente la compatibilidad entre los productos empleados desde el punto de vista del comportamiento del hormigón fresco y endurecido.

5.3.3.7. **Para hormigoneras estacionarias de ejes horizontal, basculante o vertical, el tiempo de mezclado se debe establecer determinando el mínimo tiempo requerido para que el hormigón producido cumpla con las condiciones de homogeneidad de una mezcla, establecidas en el artículo 5.1.6.**

5.3.3.8. Si no se aplica lo especificado en el artículo 5.3.3.7., para las **hormigoneras estacionarias de eje horizontal con inversión de marcha y de eje basculante**, los tiempos mínimos de mezclado deben ser los que se indican en la Tabla 5.9.

5.3.3.9. El **tiempo máximo de mezclado** no debe superar para **ningún equipo** los **5 min.**

5.3.3.10. La **capacidad útil** debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Hormigones de **clase mayor que H-15**: La capacidad útil, medida en el volumen del hormigón producido, debe ser mayor de **0,250 m³**.

- b) Hormigones de **clase igual a H-15**: La capacidad útil debe ser tal que permita elaborar pastones cuyo contenido de cemento corresponda a un número exacto de bolsas de cemento enteras y originales de fábrica.

Tabla 5.9. Tiempos mínimos de mezclado en hormigoneras de eje horizontal con inversión de marcha y de eje basculante

Capacidad nominal de la hormigonera	Tiempo mínimo de mezclado
Igual o menor que 1,0 m ³	90 s
Mayor que 1,0 m ³ pero igual o menor que 2,0 m ³	110 s
Mayor que 2,0 m ³ pero igual o menor que 3,0 m ³	130 s
Mayor que 3,0 m ³ pero igual o menor que 4,0 m ³	150 s
Mayor que 4,0 m ³	180 s

5.4. TRANSPORTE DEL HORMIGÓN A Y EN LA OBRA

5.4.1. Transporte en camiones sin dispositivos mezcladores ni de agitación

5.4.1.1. El hormigón con un **asentamiento** igual o menor que **7,0 cm** a la salida de la planta elaboradora, puede ser transportado a y en la obra en camiones o vehículos adecuados sin dispositivos mezcladores ni de agitación, si se cumplen todas las condiciones establecidas en los artículos 5.4.1.2 a 5.4.1.7. inclusive.

5.4.1.2. El hormigón no se debe **segregar** durante el transporte.

5.4.1.3. Los **vehículos de transporte** deben tener cajas metálicas, lisas, estancas con aristas y vértices redondeados, y deben estar provistos de puertas que permitan controlar la descarga del hormigón, y de los medios o cubiertas necesarias para proteger al hormigón contra las acciones climáticas y contra toda posibilidad de contaminación con sustancias extrañas.

5.4.1.4. Al momento de su descarga del vehículo de transporte, el hormigón debe tener la **consistencia necesaria** para su colocación y compactación acorde con los equipos disponibles en el lugar, de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento.

5.4.1.5. El hormigón debe ser completamente descargado con tiempo suficiente para que pueda ser colocado, compactado y terminado con los medios disponibles en la obra antes de que se haya alcanzado su tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662).

5.4.1.6. Se debe verificar que el **hormigón sea uniforme** luego de efectuado su transporte con los equipos dispuestos, aplicando el criterio de uniformidad establecido en el artículo 5.1.6. Ello se debe realizar al inicio del proceso y luego con una frecuencia igual o menor de tres **(3)** meses, o cuando hubiere presunción de alteraciones en el proceso.

5.4.1.7. Si no se determina el **tiempo de fraguado inicial** del hormigón para verificar la condición establecida en el artículo 5.4.1.5., o no se controla la uniformidad del hormigón luego de efectuado el transporte, de acuerdo con el artículo 5.4.1.6., se debe limitar el transporte por este medio a un recorrido máximo de **10 km**, exclusivamente por camino nivelado, y la descarga del hormigón se debe concluir en un lapso máximo de **30 min** desde que el agua se puso en contacto con el cemento.

5.4.2. Transporte del hormigón mediante motohormigoneras o equipos agitadores

5.4.2.1. Los equipos **motohormigoneros** deben cumplir con las condiciones establecidas en la norma IRAM 1666-2.

5.4.2.2. Cuando el **mezclado del hormigón se complete en planta central**, el transporte se debe realizar con el tambor de la motohormigonera en velocidad de agitación. Cuando el mezclado se efectúe en la motohormigonera en tránsito, el transporte se debe efectuar a velocidad de mezclado hasta que se completen de **70 a 100 rev** del tambor, manteniendo luego al tambor en velocidad de agitación.

5.4.2.3. Cuando la motohormigonera llegue a pie de obra, antes de proceder a su descarga, se debe realizar un remezclado del hormigón con velocidad de giro del tambor correspondiente a mezclado. El número necesario de revoluciones del tambor se debe determinar de acuerdo con el criterio de cumplimiento de la uniformidad de composición del hormigón producido, establecido en la norma IRAM 1666-3, pero en ningún caso debe ser menor a **25 rev**.

5.4.2.4. La **descarga total** de las motohormigoneras se debe producir con tiempo suficiente para que el hormigón se pueda colocar, compactar y terminar con los medios disponibles en la obra antes de haber alcanzado su tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662).

Por otra parte, la consistencia del hormigón al momento de la descarga, debido a la pérdida ocasionada por el tiempo de transporte, sin el agregado adicional de agua debe ser compatible con los medios disponibles para colocarlo y compactarlo de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento.

5.4.2.5. Al comienzo de la obra y luego en forma periódica, se debe verificar que el hormigón sea **uniforme** luego de efectuado su transporte con los equipos motohormigoneros dispuestos, aplicando el criterio establecido en el artículo 5.1.6.

5.4.2.6. Cuando **no se determine el tiempo de fraguado inicial** del hormigón para verificar el artículo 5.4.2.4., o **no se controle la uniformidad del hormigón**, según el artículo 5.4.2.5, la descarga total de las motohormigoneras se debe producir antes de que transcurran **90 min** contados a partir del momento en que el agua se puso en contacto con el cemento, o antes que se alcance el límite de **300 rev** contadas a partir del mismo momento. En tiempo caluroso, (artículo 5.12.) o en condiciones que favorezcan el endurecimiento del hormigón, el **tiempo de transporte** hasta la descarga total del hormigón se debe limitar a **60 min** desde que el agua se puso en contacto con el cemento.

5.4.2.7. Durante el transporte se puede producir un **aumento** de consistencia importante que afecte las condiciones de colocación y compactación. En esos casos, el incremento de consistencia será compensado antes de la descarga del hormigón, por alguno de los siguientes métodos:

- a) Mediante el **agregado de un aditivo superfluidificante**.
- b) Mediante el **agregado de agua**. En este caso, la cantidad de agua a agregar debe ser parte del agua total correspondiente a la dosificación de la mezcla. Se debe acordar entre el productor de hormigón y los responsables de la obra, la metodología para la medición, la incorporación y el control del agua a agregar para recuperar el asentamiento.

5.5. MANIPULEO DEL HORMIGÓN EN OBRA

5.5.1. Generalidades

5.5.1.1. El **hormigón debe ser conducido desde la hormigonera, desde el lugar de descarga de la motohormigonera o desde los vehículos de transporte hasta el emplazamiento definitivo, con la mayor rapidez posible y sin interrupciones, empleando métodos y procedimientos que eviten la pérdida de humedad y la segregación del mismo.**

5.5.1.2. La verificación de la **uniformidad del hormigón** luego de efectuado su manipuleo por cualquier medio en la obra, se debe realizar cada vez que existieren dudas sobre la eficacia del proceso de manipuleo dispuesto, si hubiere presunción de deficiencias en el funcionamiento del equipo utilizado o si se detectan alteraciones significativas en el hormigón en colocación.

5.5.2. Utilización de canaletas

5.5.2.1. Las **canaletas** sólo se deben emplear como elementos auxiliares, cuando sea necesario alcanzar zonas reducidas y aisladas de la estructura, y con mezclas de hormigón que no manifiesten tendencia a la segregación.

5.5.2.2. Las **superficies de la canaleta** en contacto con el hormigón se deben confeccionar con materiales no absorbentes, y deben ser lisas, estancas y sus aristas y vértices deben ser redondeados.

5.5.2.3. La **inclinación máxima de las canaletas** debe ser aquella que permita el escurrimiento lento de la masa fresca, sin segregación de los componentes. No debe superar los **35°** a partir de la horizontal

5.5.3. Transporte del hormigón mediante cintas

5.5.3.1. El **transporte mediante cintas** se puede utilizar para hormigones con **consistencias muy seca a muy plástica**. Las cintas serán de material no absorbente y de sección transversal cóncava.

5.5.3.2. El **perfil transversal que adopta la cinta en condiciones de transporte, la inclinación en el sentido del transporte y la velocidad de transporte**; deben ser tales que aseguren la homogeneidad del hormigón transportado, evitando su segregación, de acuerdo al criterio prescrito en el artículo 5.1.6.

5.5.3.3. **El hormigón transportado por cintas debe ser descargado en el sitio de colocación a través de una tolva**. La velocidad de transporte no debe provocar segregación en el punto de transferencia.

5.5.3.4. Cuando se deba evaluar la homogeneidad del hormigón, de acuerdo con lo indicado en el artículo 5.5.1.2., dicha evaluación se debe efectuar **al final del conjunto de cintas de transporte y tolvas de transferencia** con el criterio establecido en el artículo 5.1.6.

5.5.3.5. En épocas con **temperatura ambiente** igual o mayor que **25 °C** o humedad relativa del aire inferior a **70 %**, se debe proteger de la desecación al hormigón transportado mediante cintas.

5.5.4. Transporte del hormigón por bombeo

5.5.4.1. La **composición del hormigón** debe permitir transportarlo por bombeo sin segregación como una vena continua, evaluándose el comportamiento en la boca de descarga de la cañería.

5.5.4.2. El **equipo de bombeo** debe tener las características y capacidad adecuada para efectuar un transporte continuo del hormigón hasta el lugar de su colocación definitiva.

5.5.4.3. Las **cañerías, soportes, fijaciones y uniones del conjunto de bombeo** deben estar diseñados para soportar el doble de la presión máxima del equipo. Las cañerías no deben estar constituidas por aluminio ni aleaciones que lo contengan, y deben tener un diámetro interno por lo menos tres **(3)** veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que contenga el hormigón a bombear. Los conductos flexibles, o mangas, sólo se deben admitir en el extremo de descarga.

5.5.4.4. Las instalaciones se deben limpiar al finalizar las tareas de hormigonado mediante **agua a presión**. La limpieza se debe efectuar también cada vez que se hubiere interrumpido el bombeo por un lapso superior a la mitad del tiempo de fraguado inicial del hormigón (norma IRAM 1662). Si no se determina el tiempo de fraguado del hormigón, se debe limpiar en forma total la cañería cuando se interrumpa el bombeo por un lapso superior a los **60 min**.

5.5.4.5. Cuando la **cañería de bombeo** termine en un tramo vertical o subvertical descendente, se debe adoptar una de las siguientes alternativas:

- a) Durante todo el hormigonado, la tubería vertical debe estar llena y con su extremo final sumergido en el hormigón fresco ya colocado.
- b) Horizontalizar un tramo de tubería antes de la descarga.

5.5.4.6. El **procedimiento de bombeo** no debe afectar la homogeneidad del hormigón. Ello se debe verificar con muestras obtenidas, en distintas oportunidades, del punto de descarga de la cañería y aplicando el artículo 5.1.6.

5.5.4.7. Cuando se **transporte por bombeo una mezcla con aire intencionalmente incorporado**, la cantidad de aire especificada se deberá verificar en el hormigón al final de la cañería de bombeo.

5.5.5. Utilización de tuberías verticales

5.5.5.1. Las **tuberías utilizadas para el transporte vertical del hormigón**, desde una cota superior a una cota inferior deben estar constituidas por caños de sección circular. Los mismos pueden ser metálicos, de material plástico o de goma. Su diámetro debe ser igual o mayor que **ocho veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso**.

5.5.5.2. **Se debe evitar que estas tuberías se doblen, se aplasten o se tuerzan, para impedir la formación de obstrucciones durante la etapa de colocación del hormigón.**

5.6. COLOCACIÓN

5.6.1. Aspectos generales

5.6.1.1. Antes de iniciar las operaciones de hormigonado se deben verificar los siguientes puntos:

- a) Dimensiones, niveles, alineación, estanqueidad y condiciones de los encofrados.
- b) Diámetros, separaciones, recubrimiento y estado superficial de las armaduras.
- c) Estado de las superficies de las fundaciones.
- d) Seguridad en las estructuras de apuntalamiento de los encofrados y otros elementos de sostén.
- e) Disponibilidad suficiente en cantidad y calidad de los materiales, equipos y mano de obra necesarios para realizar las operaciones de colocación, compactación, terminación y curado continuo de los elementos estructurales.

5.6.1.2. En forma general el hormigón se debe colocar en los elementos estructurales en el sitio más cercano al de su posición definitiva mediante trayectorias de dirección vertical, evitando los desplazamientos laterales y la innecesaria manipulación de la mezcla fresca que generen segregación de sus componentes.

5.6.2. Estructuras hormigonadas en contacto con el suelo

5.6.2.1. Los **elementos de fundación no se deben ejecutar directamente sobre el suelo**. Este debe ser cuidadosamente limpiado, compactado y alisado, para luego recubrirlo con una capa de hormigón bien compactada y de un espesor igual o mayor que **50 mm**, denominada capa de limpieza, de la misma calidad que el hormigón del elemento de fundación que apoyará sobre ella.

5.6.2.2. El espesor de esta capa de limpieza **no se debe tener en cuenta** a los efectos del **dimensionamiento estructural**, y deberá transcurrir un mínimo de **24 h** desde su moldeo antes de construir sobre ella el elemento de fundación.

5.6.2.3. No se debe colocar hormigón sobre terrenos o superficies de fundación congelados, o que estén **cubiertos de hielo, nieve o materiales congelados**. Las superficies congeladas se deben descongelar hasta una profundidad tal que, una vez colocado el hormigón, la superficie de contacto no se vuelva a congelar nuevamente durante el período establecido para protección del hormigón.

5.6.3. Estructuras hormigonadas en contacto con agua

5.6.3.1. No se debe colocar **hormigón en contacto con agua** en movimiento.

5.6.3.2. Cuando haya que **colocar hormigón bajo agua**, para la composición del mismo se deben respetar los requisitos establecidos en el Capítulo 2 de este Reglamento.

5.6.3.3. La colocación se debe realizar empleando las **técnicas particulares** correspondientes, previniendo el flujo de agua a través de la masa de hormigón fresco en el sitio de colocación. La incorporación del nuevo hormigón se debe hacer desde adentro de la masa ya colocada para que no tome contacto con el agua circundante.

5.6.3.4. Las **interrupciones en el hormigonado** superiores a los **30 min** se deben tratar como interrupciones totales, y en tal caso se debe proceder a reiniciar el proceso, excepto que el hormigón incluya retardador de fraguado y se cuente en obra con medios aptos para prolongar ese tiempo.

5.6.3.5. La consistencia y contenido de aire de los **hormigones colocados bajo agua** se debe controlar con una **frecuencia igual al doble** de la establecida para la clase de hormigón correspondiente de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 4 de este Reglamento.

5.6.4. Estructuras hormigonadas en contacto con encofrados

5.6.4.1. Las **superficies internas de los encofrados**, se deben limpiar en forma cuidadosa, eliminando todo resto de mortero u hormigón endurecidos y cualquier otra sustancia extraña o restos de madera que ocupen el lugar donde se debe colocar el hormigón.

5.6.4.2. Al empezar la colocación del hormigón no debe existir **acumulación de agua u otros líquidos sobre la superficie de los encofrados**.

5.6.4.3. Las **superficies internas de los encofrados** no deben ser porosas, y se deben cubrir con un agente antiadhesivo que facilite el rápido y limpio desencofrado de los elementos estructurales, sin producir roturas del hormigón, sin mancharlo ni alterar su proceso de endurecimiento.

La utilización de una membrana drenante adosada al encofrado para mejorar la calidad del hormigón de recubrimiento, no se contrapone con la exigencia de que el encofrado no sea poroso.

5.6.4.4. Sobre la **superficie interna** del encofrado se pueden colocar membranas destinadas a mejorar la calidad del hormigón de recubrimiento de armaduras, o para lograr efectos estéticos en la superficie de hormigón visto. La utilización de estas membranas está condicionada a que se demuestre que las mismas no producen otros efectos que alteren las características del hormigón endurecido.

5.6.5. Disposiciones sobre colocación del hormigón

5.6.5.1. El **hormigón debe ser colocado, compactado y terminado en obra antes de que alcance el tiempo de fraguado inicial** (norma IRAM 1662).

5.6.5.2. El **hormigón** se debe colocar en **capas horizontales y continuas de un espesor máximo de 0,50 m**, las cuales deben ser **completamente compactadas** antes que la capa precedente haya alcanzado el tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662). Se exceptúan de esta limitación los elementos estructurales indicados en el artículo 5.6.5.3. Dichas capas pueden ser continuas o escalonadas, según sea la longitud y espesor del elemento estructural. Cada capa debe ser solidarizada a la inferior, mediante la compactación conjunta de un espesor mínimo de **5 cm** de la inferior.

5.6.5.3. **En columnas, vigas y otros elementos estructurales de volumen reducido con relación a la altura, el espesor de la capa de hormigonado se puede aumentar a 1 m, si se verifica que por compactación interna complementada por vibración o golpeteo del encofrado, se puede obtener la máxima densidad del hormigón sin pérdida de homogeneidad.**

5.6.5.4. La **máxima altura para verter el hormigón libremente será de 1,50 m**. Para alturas mayores se debe conducir la vena de hormigón empleando embudos y/o conductos metálicos verticales ajustables, de forma cilíndrica. Los conductos pueden ser rígidos, articulados o flexibles.

5.6.5.5. **No se debe colocar hormigón** si las condiciones climáticas (lluvia, viento, nieve, humedad ambiente) pueden perjudicar su calidad o impedir que las operaciones de colocación y compactación se realicen en forma adecuada.

5.6.5.6. El vertido del hormigón se debe efectuar de modo tal que la masa fresca no reciba cambios bruscos en la dirección de su movimiento y que no impacte contra un obstáculo donde se pueda originar rebote.

5.6.5.7. El ingreso del hormigón en los encofrados se debe realizar en forma continua y con la menor velocidad de colocación posible.

5.6.5.8. Cuando no se disponga de los medios adecuados y eficaces para **proteger al hormigón y evitar los efectos perjudiciales de las temperaturas extremas**, de acuerdo con los artículos 5.11. y 5.12., se deben interrumpir las operaciones de colocación del hormigón.

5.6.5.9. Durante las operaciones de colocación y compactación del hormigón, las armaduras no se deben deformar, ni desplazar con respecto a la ubicación establecida en los planos.

5.6.6. Hormigonado de elementos típicos

5.6.6.1. Las losas se deben hormigonar en todo su espesor mediante fajas continuas y paralelas, preferentemente en la dirección de la luz menor. El ancho de la faja debe ser el que corresponda para que al colocar el hormigón de la faja contigua, el hormigón de la anterior no haya alcanzado el tiempo indicado en el artículo 5.6.5.1.

5.6.6.2. En **superficies planas**, el vertido se debe ejecutar a distancias cortas entre sí, evitando la formación de grandes pilas o montículos que requieran de importantes movimientos transversales para alcanzar su sitio definitivo.

5.6.6.3. Se recomienda hormigonar las columnas hasta el nivel de fondo de vigas sin colocar las armaduras de las vigas. Posteriormente se tratarán las juntas constructivas, se colocarán las armaduras de vigas y se continúa con las operaciones constructivas.

En las **vigas placas**, el **nervio y la losa** se deben hormigonar en forma simultánea con el objeto de garantizar la absorción del esfuerzo de corte que se produce entre ambos. En caso contrario se deben disponer elementos de transferencia del esfuerzo de corte dimensionados de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento.

5.6.6.4. Las **bases de fundación** se deben ejecutar preferentemente en una sola operación continua. Cuando por razones constructivas ello no fuera posible, se permite subdividir su hormigonado, tratando las superficies de contacto de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.8.4. En este caso se debe presentar una memoria de cálculo sobre la transferencia de los esfuerzos cortantes y detalles de la ejecución, la cual debe ser aprobada por la Dirección de Obra.

5.6.6.5. Los elementos estructurales que apoyen sobre las bases se deben moldear, como mínimo, después de transcurridas 48 h de la ejecución de las mismas.

5.6.6.6. Cuando se coloque hormigón en una superficie inclinada, la operación se debe iniciar en el punto más bajo de aquella, aplicando técnicas de colocación y características de la mezcla fresca que eviten el desplazamiento del hormigón cuando se efectúen las operaciones de compactación.

5.6.6.7. Si se interrumpiese la construcción de la estructura por un período mayor de tres meses, se deben proteger las armaduras salientes en espera, destinadas a vincular la futura ampliación, contra los efectos de la corrosión, utilizando una capa continua de pasta de cal protegida con un mortero de cemento. No se pueden proteger las armaduras salientes en espera utilizando hormigón pobre o mampostería, sin previamente realizar sobre las barras las protecciones establecidas precedentemente.

5.6.6.8. Al reiniciar la construcción de una estructura se deben limpiar en forma cuidadosa las armaduras salientes mediante arenado, retirando todo vestigio del material de protección y el acero que se hubiere transformado en óxido. Antes de proceder a utilizar la **armadura en espera** se debe verificar su estado, especialmente en la parte empotrada, inmediatamente por debajo de la interfase **hormigón-aire**, y en caso de que se observen **signos de corrosión avanzada** deberán ser **reemplazadas total o parcialmente** según corresponda de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento. A este efecto se debe considerar **corrosión avanzada** cuando, luego de la limpieza de la barra, se constate una **disminución de cualquier sección transversal** igual o mayor que el **10 %**.

5.7. COMPACTACIÓN

5.7.1. Requisitos generales

5.7.1.1. Durante e inmediatamente después de su colocación, **el hormigón** debe ser **compactado hasta alcanzar la máxima densidad posible**, evitando eliminar el aire intencionalmente incorporado en caso que exista, sin producir su segregación, y sin que queden porciones de hormigón sin consolidar.

5.7.1.2. En ningún caso se debe colocar hormigón fresco sobre otro que no haya sido compactado.

5.7.1.3. El **hormigón no debe ser vibrado ni revibrado** después que el mismo alcanzó su tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662).

5.7.1.4. Una vez alcanzado el tiempo de fraguado inicial del hormigón (norma IRAM 1662), y hasta por lo menos **24 h** después de haberlo alcanzado, se debe evitar todo movimiento, golpe o vibración de los encofrados y de los extremos salientes de las armaduras.

5.7.1.5. Antes del inicio de cada hormigonado se deben disponer en el lugar equipos alternativos de colocación y compactación para reemplazar a aquellos que sufran desperfectos.

5.7.1.6. El **método de compactación** debe ser elegido de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.1.1.1.

5.7.2. Compactación mediante vibradores de inmersión

5.7.2.1. La masa de elemento vibrante se debe elegir teniendo en cuenta la consistencia del hormigón y la frecuencia y amplitud de vibración, de forma tal que el efecto producido fluidifique la masa del hormigón en vibración, permitiendo eliminar el aire naturalmente incorporado y no el aire intencionalmente incorporado, sin producir la segregación del hormigón. Además, el diámetro del elemento vibrante debe permitir su introducción en los encofrados y a través de las armaduras.

5.7.2.2. El **hormigón de consistencias muy seca, seca y plástica** se debe compactar con vibradores internos de alta frecuencia, complementados con el golpeteo de los encofrados y/o con vibradores de encofrados, controlando el tiempo de funcionamiento de estos últimos.

5.7.2.3. El **hormigón de consistencia muy plástica** se debe compactar con vibradores internos de alta frecuencia complementado con el golpeteo de los encofrados. Cuando el mismo tipo de hormigón se utilice para elementos confinados, como tabiques delgados y revestimientos de bóvedas de túneles, la compactación se puede complementar con vibradores de encofrados.

5.7.2.4. El **hormigón de consistencias fluida y muy fluida** se debe compactar por vibración interna muy leve y cuidadosa.

5.7.2.5. Los **vibradores** se deben insertar a **distancias uniformemente espaciadas** entre sí, con una separación entre los puntos de inserción menor que el diámetro del círculo dentro del cual la vibración es visiblemente efectiva. En cada lugar de inserción, el vibrador debe ser mantenido solamente durante el tiempo necesario y suficiente para producir la compactación del hormigón, sin que el mismo se segregue.

5.7.2.6. Los vibradores se deben introducir y se deben extraer de la masa de hormigón en posición vertical, y la vibración debe ser interrumpida en el momento que cese el desprendimiento de las grandes burbujas de aire y se observe la aparición de agua y/o de lechada en la superficie del hormigón.

5.7.2.7. En ningún caso se deben utilizar los vibradores de inmersión como medio para el desplazamiento del hormigón colocado.

5.7.2.8. Durante las operaciones de vibrado **se debe evitar** el contacto de los vibradores con el encofrado o con las armaduras, y que el vibrado produzca la deformación y el desplazamiento de las armaduras respecto del lugar indicado en los planos.

5.7.2.9. Al vibrar una capa de hormigón, la inmediata inferior **aún debe estar en condiciones de ser revibrada**, no habiendo superado su tiempo inicial de fraguado (norma IRAM 1662). El vibrador debe atravesar la nueva capa totalmente y penetrar en la inferior para asegurar la unión entre ambas, evitando la formación de un plano de junta.

5.7.3. Compactación manual por varillado

5.7.3.1. Esta compactación se debe realizar mediante el picado de la masa fresca utilizando varillas de acero. Esta acción se debe complementar mediante el golpeteo, con una maza de madera o de goma, de los encofrados laterales.

5.7.3.2. Esta modalidad de compactación se puede usar exclusivamente en hormigones de consistencias muy plástica, fluida y muy fluida. En el caso de hormigones de consistencia muy plástica, el uso de este tipo de compactación está condicionado a que el mismo se realice en forma muy enérgica.

5.7.3.3. Las **varillas deben ser de acero** de diámetro igual a **16 mm**, con superficie lateral lisa y de punta redondeada. Su largo será el suficiente para alcanzar a compactar la totalidad del espesor de las capas de hormigón colocado.

5.7.3.4. En el **procedimiento de compactación manual por varillado** se deben adoptar las indicaciones prescritas para el uso de vibradores internos en los artículos 5.7.2.6. a 5.7.2.8.

5.7.4. Compactación mediante vibradores de encofrados

5.7.4.1. **El hormigón de consistencia muy seca**, utilizado en la fabricación de piezas prefabricadas in situ o en taller, se debe compactar mediante vibradores de encofrado y/o presión externa.

5.7.4.2. **Los hormigones de consistencias seca y plástica** se pueden compactar con vibradores de inmersión y de encofrados. En aquellos casos en que el hormigón se encuentre en posición inaccesible para ser compactado con vibradores de inmersión se admite utilizar únicamente vibradores de encofrado.

5.7.4.3. Los **vibradores de encofrado** deben operar a frecuencias comprendidas entre **50 Hz** y **100 Hz**. Se debe controlar en forma permanente el tiempo de vibrado para que no se produzca la segregación del hormigón, particularmente en las zonas adyacentes a los encofrados.

5.7.4.4. Los **vibradores de encofrado** se deben usar siempre que se garantice que los encofrados sean lo suficientemente rígidos y resistentes como para evitar su desplazamiento y/o destrucción como consecuencia de la vibración aplicada.

5.8. SUPERFICIES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

5.8.1. Definición

5.8.1.1. Cuando se producen interrupciones de las operaciones de hormigonado se originan superficies denominadas **juntas de construcción o de trabajo**.

5.8.1.2. Las **juntas de construcción** se deben ejecutar siempre entre un **hormigón endurecido** que haya superado su tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662) y un **nuevo hormigón en estado fresco**.

5.8.2. Ubicación

5.8.2.1. Las interrupciones de las operaciones de hormigonado deben estar previstas en la documentación del proyecto y ser ejecutadas en los lugares especialmente establecidos con anterioridad en los planos, salvo que la interrupción se produzca excepcionalmente en forma accidental o por causa de fuerza mayor.

5.8.2.2. Las **juntas de construcción** no consideradas en los planos, con origen accidental o por fuerza mayor, se deben ejecutar en la forma que menos perjudique a la resistencia, durabilidad y aspecto de la estructura, y en general disponiéndolas normalmente a la dirección de los esfuerzos principales de compresión.

5.8.3. Metodología de ejecución

5.8.3.1. Entre las juntas de construcción, el hormigonado de las estructuras se debe realizar en **forma continua**.

5.8.3.2. En las **estructuras estancas**, todas las **juntas de construcción** previstas en los Documentos del Proyecto, deben estar diseñadas con elementos que impidan el paso de agua a través de las mismas.

5.8.3.3. Siempre que un **hormigón fresco** deba ponerse en contacto con otro ya **endurecido**, o cuyo endurecimiento se ha iniciado al haberse superado su tiempo final de fraguado (norma IRAM 1662), la superficie de contacto del hormigón existente debe ser tratada para asegurar una buena adherencia, como se especifica en el artículo 5.8.4. de este Reglamento.

5.8.3.4. Toda superficie expuesta, que constituirá una **junta de construcción**, debe ser mantenida con curado continuo hasta que la nueva capa de hormigón sea colocada o hasta que se cumpla con el tiempo mínimo establecido en el artículo 5.10.

5.8.4. Tratamiento de las superficies y juntas de construcción

5.8.4.1. El tratamiento de las **superficies** y **juntas de construcción** se debe iniciar tan pronto como sea posible sin que se perjudique la calidad del hormigón colocado.

5.8.4.2. De acuerdo con el grado de endurecimiento del hormigón colocado, y el tamaño de la junta de construcción, la **limpieza de su superficie** se debe realizar mediante rasqueteo con cepillos de alambre, chorro de agua a presión, o combinando chorro de arena y agua a presión. Esta operación se debe continuar hasta eliminar la lechada, mortero u hormigón porosos y toda sustancia extraña, dejando al descubierto hormigón de buena calidad y las partículas de agregado grueso de mayor tamaño, cuya adherencia no debe verse perjudicada, obteniendo una superficie lo más rugosa posible. Las **partículas de agregado grueso** que queden expuestas deberán tener **empotrado** las tres cuartas partes de su volumen o los dos tercios de su altura.

5.8.4.3. En todos los casos, la superficie de la junta debe ser lavada enérgicamente luego de la limpieza, hasta eliminar todo resto de material suelto. La eliminación del material indeseable de la **superficie** o **junta de construcción** descrita, no se debe realizar picando la superficie con una herramienta cortante ni sometiéndola a operaciones de martelinado.

5.8.4.4. Antes de colocar el nuevo **hormigón en estado fresco sobre la junta**, la superficie de unión debe ser humedecida con agua y se debe eliminar toda película o acumulación de agua que hubiese podido quedar sobre la misma.

5.8.4.5. La **adherencia entre el hormigón fresco a colocar y el hormigón endurecido existente se alcanza colocando al primero en forma directa sobre el hormigón endurecido, asegurándose que la mezcla fresca disponga de suficiente mortero en su composición.**

5.8.4.6. Cuando sea necesario **mejorar la adherencia entre ambos hormigones a unir**, dado los esfuerzos a que estará sometida la estructura, o para lograr una mayor estanqueidad, se deben emplear en la superficie o junta de construcción adhesivos específicos, denominados **puentes de adherencia**, basados en resinas epoxi o morteros de cemento con polímeros, sobre los que exista fehaciente información, a través de ensayos y sobre su comportamiento satisfactorio en obra para el uso al que se los destina.

Esta técnica **se debe utilizar sólo en casos de excepción y para solucionar juntas constructivas no previstas en el proyecto y producidas durante la marcha de la obra.** En estos casos se utilizarán productos cuyo tiempo de aplicación sea mayor que la suma de los tiempos necesarios para la aplicación del puente de adherencia; el acondicionamiento final de los encofrados y las armaduras, cuando corresponda; y la colocación del hormigón fresco.

Lo expresado en el párrafo anterior se debe extremar cuando se trabaje con alta temperatura ambiente.

5.8.5. Diseño de las juntas de construcción

5.8.5.1. Las **juntas de construcción** se deben diseñar y ubicar de manera tal que no perjudiquen la resistencia de la estructura. A tal fin se deben adoptar las medidas necesarias para garantizar la transferencia del corte y de otros esfuerzos a través de las juntas de construcción (ver el artículo 11.7.9.).

5.8.5.2. Las **juntas de construcción** de los pisos se deben ubicar dentro del tercio medio o central de las luces de las losas y vigas.

5.8.5.3. Las **juntas de construcción** en las vigas principales se deben desfasar una distancia mínima igual a dos veces el ancho de las vigas secundarias que se intercepan.

5.8.5.4. Las vigas, vigas principales y losas que se apoyen en columnas o en tabiques, no se deben hormigonar hasta tanto el hormigón de los elementos verticales de apoyo haya dejado de ser plástico y haya desarrollado la resistencia necesaria.

En el caso de elementos prefabricados el montaje no se deberá realizar hasta tanto el hormigón de los elementos verticales de apoyo no haya alcanzado la resistencia necesaria también.

5.8.5.5. Las vigas, vigas principales, ménsulas cortas, ábacos y capiteles se deben hormigonar monolíticamente como parte del sistema de losas, a no ser que se indique lo contrario en los planos del Proyecto o en las Especificaciones Técnicas.

5.9. JUNTAS DE CONTRACCIÓN Y DE DILATACIÓN

5.9.1. Ubicación

5.9.1.1. Las *juntas de contracción* y de *dilatación* se deben ejecutar en los lugares y de acuerdo con los detalles establecidos en los planos de proyecto de la estructura de hormigón, y en los *Documentos del Proyecto*.

5.9.2. Metodología de ejecución

5.9.2.1. Previamente a su implementación se deben aprobar los métodos y materiales a emplear en la ejecución de las juntas de contracción y de dilatación, los cuales deben estar indicados en los *Documentos del Proyecto*.

5.9.2.2. En el caso de *estructuras estancas*, las juntas de contracción y de dilatación también deben serlo.

5.10. PROTECCIÓN Y CURADO DEL HORMIGÓN

5.10.1. Acciones que originan la necesidad de protección

5.10.1.1. Inmediatamente después de su colocación el hormigón debe ser *protegido*, durante el período en que permanece en estado plástico y en sus edades tempranas, contra las acciones que pudieran agredirlo. Las *protecciones* que al efecto se materialicen deben permanecer hasta tanto el hormigón adquiera la resistencia suficiente para no ser afectado por esas agresiones.

5.10.1.2. El hormigón debe ser *especialmente protegido* de los efectos que a continuación se detallan, adoptándose las medidas indicadas en este Reglamento para cada tipo de agresión.

- a) Secado prematuro por la acción del sol y del viento, particularmente en el caso de estructuras con grandes superficies no encofradas y expuestas.
- b) Secado prematuro por acción de la circulación del aire, particularmente en túneles, conductos, galerías y estructuras similares, donde se evitará la circulación de aire por su interior, manteniéndolos cerrados durante el mayor tiempo posible.
- c) Contacto directo con lluvia y/o nieve.
- d) Agua en movimiento.
- e) Aguas, líquidos, suelos o sustancias agresivas para el hormigón que puedan existir en el lugar de emplazamiento de la estructura.
- f) Acciones mecánicas, oscilaciones, vibraciones o sobrecargas.

- g) Acción de temperaturas extremas (tanto bajas como elevadas).
- h) Acción del fuego.

5.10.2. Curado del hormigón

5.10.2.1. El **curado** se debe realizar en **todas las estructuras**, con independencia de la clase de hormigón y del tipo de estructura. El curado debe asegurar que el hormigón mantenga la humedad y la temperatura necesarias para que se desarrolle la hidratación del cemento y se alcancen las propiedades especificadas para el hormigón de la estructura. **El curado se debe mantener hasta que el hormigón de la estructura alcance el 70 % de la resistencia de diseño f_c .**

5.10.2.2. La duración del curado para verificar la condición establecida en el artículo 5.10.2.1. se controlará de acuerdo con el artículo 4.3, mediante el **ensayo de probetas cilíndricas curadas en forma similar a la estructura o aplicando el criterio de madurez.**

5.10.2.3. El curado se debe iniciar tan pronto el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado adoptado. Cuando el hormigonado se realice en condiciones medioambientales que puedan afectar al hormigón, este deberá ser convenientemente protegido hasta que se inicie el curado. Serán de aplicación las acciones que correspondan establecidas en los artículos 5.11 y 5.12.

5.10.2.4. Cuando no se verifique el desarrollo de resistencia de acuerdo con lo establecido en los artículos 5.10.2.1. y 5.10.2.2., el **período mínimo de curado húmedo continuo** para estructuras no masivas, contado a partir del momento de la colocación del hormigón, será el indicado en la Tabla 5.10.

5.10.2.5. Para cumplimentar lo requerido en el artículo 5.10.2.4., se deben computar como **días válidos de curado aquellos en los que la temperatura media del aire en contacto con la estructura sea igual o mayor que 10 °C.**

Asimismo, se debe computar un día de curado por cada dos días en que la temperatura media del aire esté comprendida entre **5 °C y 10 °C.**

Sin perjuicio de lo anterior, también son de aplicación los requisitos establecidos en el artículo 5.11. para **hormigón sometido a bajas temperaturas**, en especial lo indicado en el artículo 5.11.6.

5.10.2.6. Cuando se determine que **el hormigón de la estructura** estará en contacto con las condiciones de exposición **A1** en clima desértico, **CL, M1, M2, M3, C1, C2, Q1, Q2 y Q3**, los períodos mínimos de curado de la Tabla 5.10. se deberán incrementar en **3 días, para todos los tipos de cemento.**

Tabla 5.10. Períodos mínimos de curado

Edad de diseño del hormigón	Cemento		Tiempo mínimo de curado
	Tipo	Categoría	
7 días	CPx (ARI)	50	3 días
28 días	CPN CPF CPC CPE CPP	40 - 50	5 días
	CPN CPF CPC CPE CPP	30	8 días
28 días	CAH	30 - 40 - 50	8 días

5.10.2.7. Durante el período de curado establecido, los **encofrados no impermeables** que permanezcan colocados y las **estructuras que se desencofren antes de finalizar dicho período**, se deben mantener continuamente humedecidos.

5.10.2.8. Al finalizar el **período de protección y curado**, el hormigón no debe ser sometido a cambios bruscos de temperatura, debiendo los mismos ser graduales. En el caso del **hormigón no masivo** el gradiente máximo será de **3 °C/h** y sin sobrepasar un total de **20 °C** cada **24 h**.

5.10.2.9. Cuando se prevean **períodos de curado extensos con temperaturas inferiores a 10 °C**, se debe medir la temperatura efectiva que alcanza el interior del hormigón en la estructura.

5.10.3. Curado con agua

5.10.3.1. El **hormigón** se debe mantener **permanentemente humedecido**, a una temperatura mayor que **10 °C**, durante el período de curado establecido en la sección precedente, adicionándole agua mediante su inmersión total, riego con agua en forma de niebla fina o mediante rociadores. El agua utilizada para el curado debe cumplir las condiciones establecidas en el Capítulo 3 de este Reglamento.

5.10.3.2. El **agua** se debe aplicar directamente sobre la superficie del hormigón o sobre las cubiertas de arpilleras, mantos de arena, tierra o paja, que estén en contacto directo con la superficie de la estructura y en permanente estado saturado para mantener la humedad del hormigón el tiempo mínimo establecido.

5.10.4. Curado mediante compuestos líquidos capaces de formar membranas

5.10.4.1. Los **compuestos** que se utilicen deben ser líquidos y opacos y su color debe ser blanco o negro según convenga. Además deben cumplir las condiciones establecidas en

la norma IRAM 1675:1975 y no deben provocar reacciones desfavorables para el fraguado y el endurecimiento del hormigón.

5.10.4.2. El producto se debe entregar en obra **listo para su empleo**, y en **ningún caso debe ser diluido ni alterado en obra**.

5.10.4.3. En el caso de **superficies expuestas de hormigón fresco**, el producto se debe aplicar después de finalizadas las operaciones de terminación de la superficie, e inmediatamente después que haya desaparecido la película brillante de agua libre existente sobre la superficie.

5.10.4.4. En el caso de **superficies desmoldadas de hormigón endurecido**, el producto se debe aplicar después de finalizadas las operaciones de desencofrado, previa saturación de la superficie con agua e inmediatamente después de que haya desaparecido la película brillante de agua libre sobre la superficie.

5.10.4.5. El **producto** se debe aplicar usando **equipos rociadores de accionamiento neumático, eléctrico o mecánico**, provistos de un tanque a presión y de un agitador continuo del contenido. El compuesto se debe aplicar en dos **(2)** capas cruzadas y colocadas una inmediatamente después de la otra, en la proporción que, por metro cuadrado de superficie, indique el fabricante. Si lloviese antes de que el producto haya secado, se debe proceder a cubrir nuevamente la superficie con el compuesto en la forma indicada precedentemente.

5.10.4.6. Las **superficies cubiertas con el compuesto** deben estar permanentemente protegidas durante el período de curado establecido, no permitiéndose el paso de peatones, equipos o vehículos sobre la membrana, salvo en zonas restringidas en donde se realicen caminos para ese fin.

5.10.4.7. Cuando las condiciones del medio ambiente y la temperatura del hormigón puedan ocasionar la fisuración por **contracción plástica**, (ver el artículo 5.12.2.), inmediatamente después de terminada la superficie se aplicará un **rociado con agua en forma de niebla**. Este proceso debe ser suspendido cuando el hormigón esté en condiciones de recibir la membrana de curado.

5.10.4.8. El presente método de **curado** no se debe aplicar sobre superficies a las cuales posteriormente se deba adherir hormigón fresco, mortero u otros revestimientos, salvo en el caso en que la superficie sea posteriormente tratada en la forma indicada para superficies y juntas de construcción, de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.8. de este Reglamento.

5.10.5. Curado mediante membranas preformadas

5.10.5.1. Se puede efectuar el curado mediante la utilización de **membranas preformadas** que impidan la pérdida de agua del hormigón, las que se aplicarán tan pronto como sea posible, pero sin afectar la superficie del hormigón, especialmente en el caso de superficies donde además de la planicidad se deba respetar una determinada textura superficial.

5.10.5.2. Las **membranas** pueden ser:

- a) Películas plásticas de un espesor mínimo de **0,100 mm** y de color blanco o negro según convenga por razones térmicas.
- b) Papel reforzado de dos hojas tipo kraft adheridas entre sí con un cementante, tratadas para reducir la deformación por humedecimiento y secado, y con superficie reflectante.

5.10.5.3. Las **láminas sin roturas** se deben aplicar firmemente sobre las superficies expuestas de hormigón fresco, solapadas entre sí no menos de **40 cm**, extendidas por fuera de los límites de los elementos que protegen, y sostenidas de modo que su desplazamiento esté impedido durante todo el lapso de curado establecido.

5.10.5.4. Las **superficies transitables**, cubiertas con láminas de curado, deben estar permanentemente protegidas durante el período de curado establecido, no permitiéndose el paso de peatones, equipos o vehículos sobre la membrana, salvo en zonas restringidas en donde se realicen caminos para ese fin.

5.10.5.5. Este **procedimiento de curado** no se debe aplicar sobre las superficies donde esté especificada una terminación vista y la apariencia de la misma fuese relevante, a excepción de que se la combine con un curado por adición de agua inicial hasta que el hormigón haya superado en **12 h** su tiempo de fraguado final (norma IRAM 1662).

5.10.6. Curado a vapor

5.10.6.1. En todo plan de **curado del hormigón con vapor** se debe aprobar previamente la metodología, procedimientos, equipos, elementos e instalaciones a emplear para el proceso de endurecimiento acelerado por curado a vapor de elementos estructurales de hormigón.

5.10.6.2. Para mantener la temperatura y la humedad dentro de las **cámaras de curado** se debe utilizar vapor saturado de presión igual a la atmosférica. Los **chorros de vapor** deben rodear a los elementos estructurales y nunca incidir directamente sobre ellos, ni sobre las probetas moldeadas que se almacenen en la cámara para el control de las resistencias.

5.10.6.3. Las **cámaras** o **recintos** donde se realice el **curado**, deben permitir la libre circulación del vapor entre los elementos estructurales, y estarán construidas de forma tal que las pérdidas de humedad y de temperaturas sean mínimas.

5.10.6.4. Las **cámaras** o **recintos** deben contar en su interior con termómetros e higrómetros registradores, para medir en forma continua durante el proceso de curado las variaciones de temperatura y humedad en su interior.

5.10.6.5. El **ciclo térmico del curado a vapor**, debe ser estudiado experimentalmente para demostrar que con los materiales componentes elegidos, las proporciones calculadas para la mezcla y los equipos de obra, el hormigón alcanzará la resistencia de rotura a la compresión especificada tanto a corta como a larga edad.

5.10.6.6. Independientemente de lo establecido en el artículo 5.10.6.5., el **ciclo térmico** debe cumplir con las siguientes condiciones mínimas:

- a) Antes de iniciar el **curado a vapor**, los elementos estructurales se deben dejar estacionar al aire a una temperatura entre **10 °C** y **30 °C** hasta el comienzo de su fraguado inicial.
- b) El **calentamiento y el posterior enfriamiento del elemento estructural** deben ser graduales, y con una velocidad de aumento y disminución de la temperatura en la atmósfera de la cámara limitada entre **10 °C** y **30 °C** por hora.
- c) La **temperatura máxima para el curado a vapor** establecida según el artículo 5.10.6.5., no podrá superar los **80 °C** en cualquier lugar de la cámara.
- d) Finalizado el ciclo de curado a vapor, los **elementos estructurales no se deben someter a cambios bruscos de temperatura**.

5.10.6.7. Las **probetas para verificar la resistencia del hormigón a distintas edades**, se deben moldear exclusivamente en moldes metálicos y se deben colocar en aquellos lugares de la cámara de curado a vapor en donde la temperatura y la humedad sean representativas de los valores medios reinantes en la misma.

5.10.6.8. Los **elementos estructurales** pueden ser trasladados cuando la resistencia media de por lo menos **tres probetas**, obtenida de acuerdo con el artículo 5.10.6.7., alcance el valor especificado por el Proyectista o Diseñador Estructural para su movilización.

5.10.6.9. Inmediatamente después de realizado el **traslado de los elementos estructurales** y de las **probetas de control**, ambos se deben someter a un curado húmedo continuo adicional, durante un lapso de **7 días**.

5.10.6.10. El **curado húmedo** exigido en el artículo 5.10.6.9. se puede acortar si se controla el endurecimiento del hormigón y se verifica lo establecido en los artículos 5.10.2.1. y 5.10.2.2. No obstante, el período de curado húmedo siempre será igual o mayor que **3 días**.

5.11. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO

5.11.1. Definición

Este Reglamento define como **tiempo frío** al período en el cual durante más de tres **(3)** días consecutivos existen las siguientes condiciones:

- a) La **temperatura media diaria ambiente** es menor que **5 °C**.
- b) La **temperatura ambiental** es igual o menor que **10 °C** durante medio día de cualquier período de **24 h**.

Este Reglamento considera como **temperatura media diaria ambiente** al promedio de las temperaturas máxima y mínima que ocurren durante las **24 h** de dos días consecutivos.

5.11.2. Temperaturas de colocación del hormigón fresco

La **temperatura de colocación del hormigón fresco inmediatamente después de su colocación**, debe ser igual o mayor que la indicada en la línea I de la Tabla 5.11. Dichas temperaturas mínimas tienen en cuenta la temperatura ambiente y la menor dimensión lineal de la sección transversal.

Tabla 5.11. Temperaturas de colocación del hormigón, en tiempo frío

	Temperatura del aire	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
	°C	Menor de 30	30 a 90	90 a 180	Mayor de 180
Temperatura mínima a la que se debe colocar y mantener el hormigón durante el período de protección					
I	-----	13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Temperatura mínima recomendada a la salida de la planta dosificadora, según sea la temperatura del aire					
II	- 1 a +7	16 °C	13 °C	10 °C	7 °C
III	- 18 a -1	18 °C	16 °C	13 °C	10 °C
IV	Menor de - 18	21 °C	18 °C	16 °C	13 °C
Variación máxima admisible de la temperatura del hormigón en las primeras 24 horas posteriores a la finalización del período de protección					
V	-----	28 °C	22 °C	17 °C	11 °C

La **temperatura de colocación del hormigón** no debe superar en más de 10 °C a los mínimos indicados en la línea I y debe estar lo más próxima posible a esos mínimos.

La temperatura del hormigón fresco a la salida de la planta elaboradora debe tener en cuenta las pérdidas de calor durante el transporte. A ese efecto se debe calcular la temperatura a la salida de planta que permita cumplir con la temperatura mínima de colocación. Por defecto, se deben utilizar los valores indicados en la Tabla 5.11., líneas II, III y IV.

5.11.3. Temperaturas máximas de calentamiento de los materiales

Cuando sea necesario **calentar los materiales componentes** para que el hormigón alcance las temperaturas de colocación establecidas en el artículo 5.11.2., se deben respetar las siguientes temperaturas máximas:

- a) Agua de mezclado: **80 °C**.
- b) Agregados: **65 °C** de media, y en cualquier punto de la masa de los mismos menor que **80 °C**.

Los **equipos empleados para calentar los materiales**, lo deben hacer en forma **uniforme** en toda su masa.

En ningún caso la temperatura del hormigón fresco resultante será mayor que **30 °C**.

5.11.4. Elaboración del hormigón

5.11.4.1. No se deben descongelar los agregados usando **sales** o **productos químicos**.

5.11.4.2. Se deben utilizar agregados que **no contengan hielo adherido a su superficie**.

5.11.4.3. Se debe cuidar el **orden de ingreso a la hormigonera de los componentes de la mezcla**, evitando que el cemento se ponga en contacto con materiales que estén a temperaturas mayores de **60 °C**.

5.11.5. Colocación del hormigón

5.11.5.1. Las **operaciones de colocación** no se deben iniciar, o deben ser interrumpidas, **cuando se carezca de medios adecuados para proteger al hormigón** de las bajas temperaturas, (ver el artículo 5.11.6.), y se den algunas de las siguientes condiciones:

- a) La **temperatura ambiente** en el lugar de la obra, a la sombra y lejos de toda fuente artificial de calor, sea menor que **5 °C**.
- b) Cuando pueda preverse que **dentro de las 48 h** siguientes al momento de colocar el hormigón, la **temperatura ambiente** pueda descender por debajo de **0 °C**.

A tales efectos, el hecho de que la **temperatura ambiente a las nueve de la mañana sea menor de 4 °C**, se debe considerar como indicio suficiente para prever que dentro del plazo indicado se alcanzará el límite de temperatura establecido anteriormente.

5.11.5.2. Durante los **períodos de baja temperatura ambiente**, antes de iniciar las tareas de colocación, se debe verificar que:

- a) Existan en obra los medios necesarios para **proteger al hormigón** contra la acción de las bajas temperaturas.
- b) Los materiales componentes del hormigón estén **libres** de nieve, hielo o escarcha, inmediatamente antes de su ingreso a la hormigonera.
- c) Los encofrados, armaduras y lugares que ocupará el hormigón estén **libres** de nieve, hielo o escarcha.

- d) La **temperatura de la superficie de contacto** debe ser igual o mayor que **2 °C** y no debe superar en más de **5 °C** a las temperaturas mínimas de colocación dadas en la Tabla 5.11. Ello incluye moldes y encofrados; elementos metálicos que queden empotrados en el hormigón; suelos de fundaciones y subrasantes hasta **10 cm** por debajo de la superficie de contacto con el hormigón; hormigón endurecido hasta **10 cm** de la superficie de construcción.

5.11.5.3. El hormigón que haya resultado perjudicado por la **acción de las bajas temperaturas, debe ser eliminado antes de continuar con las tareas de hormigonado.**

5.11.6. Protección y curado del hormigón

5.11.6.1. Cuando se espere que la **temperatura media del ambiente descienda** por debajo de **+ 5 °C**, después de su colocación, el hormigón fresco debe ser protegido y mantenido a temperaturas iguales o mayores que las mínimas establecidas en la línea I de la Tabla 5.11., durante un período no menor que el indicado en el artículo 5.11.6.2., con las aclaraciones indicadas en los artículos 5.11.6.3. y 5.11.6.4.

5.11.6.2. Cuando el hormigón contenga **aire intencionalmente incorporado**, el período de protección mínimo debe ser el indicado a continuación, según sea el tipo de cemento utilizado:

- a) Cementos pòrtland normal, sin adiciones que alteren su desarrollo de resistencia. Incluye también a los cementos sin adiciones que sean moderada o altamente resistente a los sulfatos y/o resistente a la reacción álcali - agregado: tres **(3)** días.
- b) Cemento de alta resistencia inicial: dos **(2)** días.
- c) Cementos de bajo calor de hidratación, puzolánico, con escorias y cemento de alto horno. Incluye también a los cementos con adiciones que posean la condición de moderada o altamente resistente a los sulfatos y/o resistentes a la reacción álcali-agregado: seis **(6)** días.

5.11.6.3. Si el hormigón **no contiene aire intencionalmente incorporado** en su masa, los **períodos de protección** establecidos en el artículo 5.11.6.2. deben ser **duplicados**. Como alternativa, el período de protección se debe extender como mínimo hasta que el hormigón haya desarrollado una resistencia in situ igual o mayor que **7 MPa** determinada según se especifica en el artículo 4.3.

5.11.6.4. Durante el **período de protección del hormigón** se pueden admitir temperaturas de la masa inferiores a las indicadas en la línea I de la Tabla 5.11. siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) En ningún momento la **temperatura del hormigón de la estructura** será menor que **5 °C**.

- b) Dicha temperatura será monitoreada con **sensores empotrados en su masa**, que serán leídos no menos de cuatro (**4**) veces al día. Las lecturas deben permitir el registro de los picos extremos.
- c) La **protección del hormigón** se mantendrá durante el período de tiempo necesario para que el hormigón alcance una resistencia a compresión igual o mayor que **7 MPa**, y asegure el posterior desarrollo de la resistencia característica especificada.
- d) La **protección exterior** debe ser suficientemente confiable frente a los fenómenos atmosféricos y las contingencias propias de la obra, para poder asegurar las condiciones establecidas en los puntos a), b) y c).

5.11.6.5. Para **proteger el hormigón del efecto de las bajas temperaturas** se deben utilizar cubiertas con **aislantes térmicos** que aprovechen el calor de hidratación, o cerramientos que permitan calentar con vapor de agua el recinto en que se encuentra la estructura.

Si para mantener la temperatura se emplean **radiadores o calefactores a combustión**, se deben adoptar las precauciones necesarias para evitar el secado del hormigón. Además, los gases de combustión se deben conducir hacia afuera del recinto calefaccionado para evitar la exposición del hormigón a una **atmósfera contaminada** con anhídrido carbónico.

5.11.6.6. El **curado del hormigón** durante el **período de protección** se debe realizar utilizando algunos de los métodos indicados en el artículo 5.10, combinándolos con la protección adecuada para cumplimentar los requisitos establecidos en los artículos 5.11.6.1. a 5.11.6.5.

En caso de emplearse un **curado húmedo** con aporte de agua o vapor, el mismo debe ser interrumpido no menos de **12 h** antes de que se termine el período de protección establecido y se permitirá que el hormigón se seque lo suficiente durante el período de ajuste gradual de temperatura hasta alcanzar las condiciones ambientales del tiempo frío.

5.11.6.7. Finalizado el **período de protección**, en caso de que existan temperaturas ambientes por encima de **10 °C** durante más de **12 h** de cualquier período de **24 h** por tres (**3**) días consecutivos, se debe considerar que el hormigón no está más sometido a tiempo frío y sobre él se continuará el curado normal.

5.12. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

5.12.1. Definición

Este Reglamento define como **tiempo caluroso** a cualquier combinación de factores climáticos que asociados a la **alta temperatura ambiente**, tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido, o que contribuya al desarrollo de propiedades anormales del mismo.

5.12.2. Temperatura de colocación del hormigón fresco

5.12.2.1. La **temperatura del hormigón fresco** inmediatamente después de su colocación y compactación, debe ser igual o menor que **30 °C**. Cuando el proyectista establezca una temperatura menor de colocación, esta tendrá prelación sobre la indicada anteriormente.

5.12.2.2. La **temperatura** indicada en el artículo 5.12.2.1. no evita la formación de **fisuras por retracción térmica**. Cuando la tipología estructural y las condiciones del medio planteen la posibilidad de que ello ocurra y se deba evitar la fisuración térmica por razones de durabilidad y/o aptitud de servicio de la estructura, se deben realizar los estudios necesarios para fijar la temperatura máxima de colocación.

Lo expresado precedentemente es de especial aplicación, sin que las menciones sean taxativas, en **estructuras masivas, tabiques, losas de fundación y entrepisos de grandes dimensiones**, y en toda estructura en las que las formas estructurales y las restricciones de vínculos a la retracción térmica puedan producir tensiones mayores que la resistencia a tracción.

5.12.2.3. El **hormigonado en tiempo caluroso** puede provocar la fisuración por **contracción plástica** del hormigón. La temperatura indicada en el artículo 5.12.2.1. no asegura su prevención.

Cuando se hormigone en **tiempo caluroso** se debe prever las condiciones necesarias para evitar la contracción plástica.

5.12.3. Reducción de la temperatura del hormigón

Para **reducir la temperatura del hormigón** se puede adoptar uno o más de los siguientes métodos:

- a) Usar cemento con la menor temperatura posible.
- b) Mantener los acopios de agregados a la sombra, y refrigerarlos por humedecimiento con agua en forma de niebla para reducir su temperatura.
- c) Refrigerar el agua de mezclado.
- d) Emplear hielo en reemplazo parcial o total del agua de mezclado.
- e) Mantener a la sombra o aislados térmicamente o pintados de blanco o de color claro a los silos, tolvas, depósitos y cañerías que conducen el agua de mezclado, y al tambor de la hormigonera.

5.12.4. Elaboración del hormigón

5.12.4.1. Cuando se utiliza **hielo**, el mismo se debe licuar totalmente antes de terminar el período de mezclado.

5.12.4.2. Si los **agregados se refrigeran con agua en forma de niebla**, se debe descontar del total de agua de mezclado, la aportada por los agregados.

5.12.4.3. No se debe utilizar cemento de alta resistencia inicial o aditivos químicos aceleradores.

5.12.4.4. Se puede utilizar un aditivo retardador del tiempo de fraguado, fluidificante y retardador o superfluidificante y retardador del tiempo de fraguado del hormigón. Estos aditivos permiten compensar la aceleración del fraguado producida por la mayor temperatura del hormigón, pero no son de aplicación para resolver otros efectos térmicos desfavorables. En estos casos la dosis de retardador se debe ajustar en función de las variaciones en la temperatura de colocación del hormigón.

5.12.4.5. El **tiempo de mezclado del hormigón** debe ser el mínimo indispensable para producir mezclas uniformes y homogéneas. En lo posible, y para hormigón mezclado en planta fija, no debe exceder de **90 s**.

5.12.5. Colocación del hormigón

5.12.5.1. Cuando la **temperatura del aire ambiente** llegue a **30° C**, y se continúe colocando hormigón adoptando las precauciones estipuladas en el artículo 5.12.3., se debe proceder a rociar y humedecer los moldes, los encofrados, el hormigón y las armaduras existentes, con agua en forma de niebla a la menor temperatura posible. En este caso, inmediatamente antes de la colocación del hormigón, se deber eliminar toda acumulación de agua que pueda existir en los lugares que ocupará el hormigón fresco.

5.12.5.2. En caso de que las **condiciones ambientales diurnas** sean críticas para lograr que el hormigón tenga una temperatura menor a la establecida en el artículo 5.12.2.1, las operaciones de hormigonado se realizarán por la noche.

5.12.5.3. Se recomienda que diariamente y a distintas horas **se registre la temperatura y la humedad relativa ambiente, la temperatura del hormigón y la velocidad del viento, correlacionándolas con el lugar de colocación del hormigón.**

5.12.6. Protección y curado del hormigón

5.12.6.1. Las **superficies expuestas de hormigón** se deben mantener continuamente humedecidas durante **48 h** después de finalizada la colocación, mediante riego en forma de niebla, arpilleras húmedas u otros medios de comprobada eficacia. Inmediatamente después se debe seguir con el período de curado húmedo especificado en el artículo 5.10.

5.12.6.2. Durante las primeras **24 h**, las **superficies de hormigón expuestas al medio ambiente**, deben ser protegidas contra la acción del viento y del sol, con el objeto de evitar la fisuración del hormigón por contracción plástica y/o por secado prematuro.

5.12.6.3. Los **encofrados de madera** se deben mantener continuamente humedecidos hasta finalizar el período de curado especificado en el artículo 5.10.

5.12.6.4. En ningún caso el **agua de curado** debe tener una temperatura inferior a la del hormigón en más de **10 ° C**.

5.12.6.5. El **curado del hormigón** se debe realizar utilizando algunos de los métodos indicados en el artículo 5.10., combinándolos con la protección adecuada para cumplir los requisitos establecidos en los artículos 5.12.6.1 a 5.12.6.4.

5.13. HORMIGÓN MASIVO ESTRUCTURAL

5.13.1. Definición, alcance y requisitos

5.13.1.1. Se considera **hormigón masivo**, al colocado en secciones macizas cuya menor dimensión lineal sea igual o mayor que **75 cm**.

5.13.1.2. El presente artículo **no es de aplicación** para la construcción de **diques de hormigón**, pero puede ser utilizado para el diseño de elementos estructurales de hormigón armado o pretensado que formen parte de un dique.

5.13.1.3. En este artículo se establecen los **requisitos particulares** que debe cumplir el hormigón masivo estructural, los que tienen prelación sobre las especificaciones equivalentes contenidas en otros Capítulos de este Reglamento.

5.13.1.4. En la **construcción de un elemento estructural de hormigón masivo**, en todo el proceso que incluye la selección de los materiales, la dosificación de la mezcla, el transporte, colocación, compactación y curado, se debe tener en cuenta que el aumento de la temperatura en la masa del hormigón, generado por el calor de hidratación del cemento, puede producir su posterior fisuración.

5.13.1.5. En una **estructura masiva de hormigón** se deben considerar las tensiones inducidas por las causas indicadas en el artículo 5.13.1.4., realizar los estudios y adoptar las disposiciones necesarias para cumplir con los requisitos que correspondan y que se indican a continuación:

- a) En estructuras de **hormigón simple** o **armado**, que deban **ser estancas** entre juntas de contracción con barreras que impidan el pasaje de agua, no se admiten **fisuras**.
- b) En estructuras de **hormigón simple** que **no deben ser estancas** se debe evitar la fisuración errática con juntas de contracción indicadas en los Documentos del Proyecto.
- c) En estructuras de **hormigón armado** que **no deben ser estancas** se debe evitar la fisuración errática con juntas de contracción indicadas en los Documentos del Proyecto. Además, entre juntas, las armaduras deben ser diseñadas para tomar las tensiones de origen térmico.

5.13.2. Materiales componentes

5.13.2.1. Los requisitos generales para los materiales componentes deben cumplir con lo establecido en el Capítulo 3.

5.13.2.2. El **tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe exceder** de los valores indicados a continuación:

- a) En estructuras de hormigón simple: **100 mm**.
- b) En estructuras de hormigón armado o pretensado: **75 mm**.

5.13.3. Composición del hormigón

5.13.3.1. Contenido y tipo de cemento

El **contenido de cemento será el mínimo posible** para cumplir simultáneamente con los requisitos de resistencia mecánica, durabilidad y demás características especificadas por el **Proyectista o Diseñador Estructural** y con las condiciones establecidas en el Capítulo 2.

El **hormigón no debe contener** cemento de alta resistencia inicial ni aditivos aceleradores de resistencia.

5.13.3.2. Recomendación por problemas térmicos

Cuando los **problemas térmicos sean determinantes**, es aconsejable utilizar una solución que incluya un hormigón masivo interior que resista exclusivamente las acciones mecánicas, y un hormigón exterior con espesor no masivo, de mayor capacidad para resistir las acciones mecánicas y del medio ambiente.

5.13.4. Propiedades del hormigón fresco

5.13.4.1. Consistencia

El **asentamiento del hormigón masivo** (IRAM 1536) debe ser:

- a) Estructuras de hormigón simple: Igual o menor que **50 mm**.
- b) Estructuras de hormigón armado: Igual o menor que **100 mm**.

Cuando el **tamaño máximo nominal del agregado grueso** sea igual o mayor que **53 mm**, el asentamiento (IRAM 1536) se determinará sobre la fracción de hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de **37,5 mm** de lado.

5.13.4.2. Contenido total de aire

Cuando el **contenido de cemento** sea menor de **280 kg** por metro cúbico de hormigón fresco compactado, el hormigón deberá contener aire intencionalmente incorporado en los porcentajes establecidos en la Tabla 5.3.

Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso exceda de **53 mm**, el contenido de aire (IRAM 1602-1 ó 1602-2) se debe determinar sobre la fracción de hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de **37,5 mm** de lado.

5.13.4.3. La temperatura máxima del hormigón masivo

La **temperatura máxima del hormigón masivo** inmediatamente después de su colocación debe ser la que surja de los estudios térmicos realizados para el diseño de la estructura, y deberá constar en los Documentos del Proyecto.

5.13.5. Resistencia potencial del hormigón masivo

5.13.5.1. Requisitos generales

A todos los efectos de este Reglamento, se debe considerar que la **resistencia de un hormigón masivo** es la correspondiente al hormigón integral, como se lo coloca en la estructura, incluyendo a todas las fracciones de agregados.

5.13.5.2. Dimensiones de las probetas

Cuando el **tamaño máximo nominal del agregado grueso** sea igual o mayor que **53 mm**, la **resistencia de rotura a la compresión** se determinará con **probetas cilíndricas normalizadas de diámetro igual o mayor a tres (3) veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso** y una relación entre altura y diámetro igual a **2**, moldeadas y curadas de acuerdo con lo establecido por las normas IRAM 1534 ó 1524, y ensayadas a la compresión hasta la rotura de acuerdo con lo establecido por la norma IRAM 1546.

También se pueden utilizar probetas cilíndricas normalizadas de **15 cm** de diámetro, moldeadas con la fracción del hormigón que pasa por el tamiz **37,5 mm**. En este caso, los resultados de ensayo deberán ser corregidos para tener en cuenta el tamaño de la probeta y la composición del material ensayado, de acuerdo con lo indicado en el artículo 5.13.5.3.

5.13.5.3. Relación entre las resistencias obtenidas en probetas de distinto tamaño

En los **estudios previos de mezclas** se debe determinar la relación entre las resistencias obtenidas ensayando probetas moldeadas con el hormigón integral y probetas moldeadas con la fracción del hormigón que pasa por el tamiz de **37,5 mm**.

Cuando no se realicen estos ensayos comparativos, se pueden adoptar las siguientes relaciones entre las resistencias a la compresión del hormigón masivo y el hormigón tamizado.

- | | |
|---|-------------|
| a) Tamaño máximo nominal igual o menor que 53 mm : | 1,00 |
| b) Tamaño máximo nominal mayor que 53 mm : | 0,85 |

5.13.5.4. Control de resistencia en obra

El **control de las resistencias en obra** se debe realizar sobre probetas cilíndricas normales de **15 cm** de diámetro y **30 cm** de altura, moldeadas con la fracción del hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de **37,5 mm** de lado, y curadas de acuerdo con lo establecido por las normas IRAM 1534 ó 1524, y ensayadas a la compresión hasta la rotura de acuerdo con lo establecido por la norma IRAM 1546.

5.13.5.5. El **juzgamiento de la resistencia** se debe realizar en un todo de acuerdo con el Capítulo 4, y el artículo 5.13.5.3.

5.13.6. Colocación y compactación del hormigón

5.13.6.1. Plan de hormigonado

Para iniciar las tareas de colocación del hormigón se debe contar con un **plan de hormigonado aprobado por escrito por el Director de la Obra**, en el cual debe constar la metodología para la colocación del hormigón y la secuencia de hormigonado de las distintas secciones.

5.13.6.2. Secuencia de hormigonado y altura de los bloques

La **secuencia de hormigonado** y la **altura de los bloques** debe cumplir con las siguientes condiciones.

Los **elementos estructurales de carácter masivo que tengan secciones horizontales de grandes dimensiones**, se deben hormigonar en bloques no contiguos y luego los bloques faltantes hasta completar la sección horizontal total.

La **altura máxima de cada bloque** ejecutado de una sola vez será menor de **1,50 m**, y una vez iniciada la ejecución del mismo, dicha operación no debe ser interrumpida antes de completar su construcción.

Los **elementos estructurales masivos** se deben construir colocando el hormigón en capas de espesor igual y menor de **0,50 m** de espesor. Dicha colocación se debe iniciar en uno de los extremos del elemento estructural, abarcando todo el ancho del mismo y el sentido de avance debe ser hacia el extremo opuesto del elemento estructural. Cuando la superficie del elemento estructural lo requiera, se puede avanzar con un frente que incluya a dos o más capas de **0,50 m** de espesor, dispuestas en escalera. En este último caso se colocará hormigón en todas las capas del frente escalonado simultáneamente y la distancia entre dos escalones será mayor que **1,50 m**.

5.13.6.3. Tratamiento de las superficies entre bloques

Antes de colocar hormigón fresco sobre la superficie horizontal de un bloque o entre superficies verticales de bloque contiguos cuyo hormigón ha endurecido, se debe dejar transcurrir un período mayor de cinco (5) días, contados a partir del momento de terminación de su ejecución.

Previamente a la colocación del hormigón, las superficies de hormigón endurecido deben ser tratadas en la forma establecida en el artículo 5.8.4.

5.13.6.4. Métodos de colocación

El **hormigón** se debe colocar utilizando **balde con descarga de fondo o lateral, cinta transportadora o la combinación de ambos**.

En **estructuras densamente armadas el hormigón se puede colocar por bombeo**, utilizando un equipo y cañerías compatibles con el tamaño máximo nominal del agregado grueso. El uso de **bombeo** no debe ser causal de la reducción del tamaño máximo nominal del agregado. En este caso se debe **rediseñar la mezcla de hormigón a utilizar**. Se **admite aumentar el asentamiento** hasta un máximo de **12 cm**, sin alterar el contenido de cemento resultante de acuerdo con el artículo 5.13.3.1., ni incrementar el porcentaje de arena respecto del total de agregados en más de cuatro **(4)** unidades porcentuales.

Cuando sea necesario verter el hormigón desde alturas mayores de 1,50 m, el mismo deberá ser conducido hasta su lugar de colocación mediante tubos verticales cilíndricos, de diámetro compatible con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

5.13.6.5. Compactación del hormigón

La **compactación del hormigón** se realizará mediante vibradores de inmersión. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea igual o mayor que **53 mm**, el diámetro de la cabeza vibrante será igual o mayor que **50 mm**.

5.13.7. Curado y protección del hormigón

Para el hormigón masivo estructural serán de aplicación los mismos requisitos sobre curado y protección especificados para el hormigón estructural en este Capítulo 5, siempre que no se opongan a los requisitos específicos para hormigón masivo que se indican en los artículos 5.13.7.1. y 5.13.7.2.

5.13.7.1. Curado

- a) El **curado se debe iniciar inmediatamente después de que el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado adoptado**, y se debe realizar únicamente con agua, en la forma indicada en el artículo 5.10.3.
- b) El **período mínimo de curado húmedo**, contado a partir del momento de la colocación del hormigón, será el indicado en el artículo 5.10.2.

5.13.7.2. Protección

- a) Durante el **período de curado** establecido y al finalizar el mismo, los cambios de temperatura del hormigón deben ser graduales, y menores de **1,5 °C** en una hora o de **15 °C** en cualquier período de **24 h**.
- b) Si la **temperatura del aire en contacto con la estructura** desciende por debajo de **+ 2 °C**, la superficie expuesta del hormigón debe ser protegida contra los efectos de las bajas temperaturas. Ver el artículo 5.11.6.

