

**GUÍA DE APLICACIÓN
DE LA
PUESTA EN OBRA
DEL HORMIGÓN DE
CONSISTENCIA FLUIDA
EN EDIFICACIÓN SEGÚN EL**

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Documento de orientación técnica

1.ª edición: noviembre 2022.

©de textos y fotografías

Autores:

Julián Pérez Navarro, José M.ª Carrau Criado, José Ángel Alonso de León,
Miguel Ángel Páez Rodríguez e Ignasi Jarauta Bragulat.

©de la edición, Fundación MUSAAT, todos los derechos reservados.

EDITA: Fundación MUSAAT, Calle del Jazmín, 66 - 28033 MADRID.

IMPRIME: Gráficas Hispania Valladolid, S.L. - Tfno.: 983 292 074.

DEPÓSITO LEGAL: M-27954-2022

ISBN: 978-84-09-45912-4

El presente documento ha sido promovido y elaborado por la Fundación MUSAAT. Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

ÍNDICE

1.	Introducción	4
2.	Estado del arte	5
3.	Características de los hormigones con consistencia fluida	9
4.	Aditivos	11
5.	Consideraciones en la puesta en obra del hormigón fluido	12
6.	Control de conformidad del hormigón fluido	13
7.	Requerimientos de los encofrados	16
8.	Vertido del hormigón	18
9.	Compactación del hormigón	22
10.	Conclusiones	24
11.	Referencias	26
	Autores	27

1 INTRODUCCIÓN

Una de las novedades del Código Estructural, en adelante Código, aprobado por R.D. 470/2021, de 29 de junio^[1], y que está en vigor desde noviembre de 2021 y que forzosamente tendrán que aplicar todas las obras de edificación que se inicien a partir del 10 de noviembre de 2022, es la obligación de utilizar hormigón de consistencia fluida en pilares, forjados y vigas, salvo justificación en contra (artículo 33.5 del Código).

Esta novedad en la prescripción sobre la docilidad, ha generado cierta inquietud entre los técnicos que participan en la ejecución de las obras, dado que no existe excesiva experiencia sobre el vertido y compactación de este tipo de hormigones.

Con esta prescripción, se pretenden evitar los frecuentes añadidos de agua que se realizan para facilitar la trabajabilidad del hormigón (de consistencia generalmente blanda en la Instrucción EHE-08^[2]) en su puesta en obra, lo que puede suponer en ocasiones alterar las propiedades del hormigón suministrado.

Por este motivo, Fundación MUSAAT ha considerado oportuno editar este documento de orientación técnica, dirigido principalmente a los agentes con responsabilidad en la ejecución de las estructuras de hormigón en las obras de edificación (Arquitectos Técnicos de la Dirección de Ejecución de Obra, Técnicos de los contratistas de estructuras de hormigón, etc.), con el fin de recordar las prestaciones de los hormigones fluidos y promover la correcta utilización, vertido y compactación del mismo.

Este documento de orientación ha sido redactado por expertos de la Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado, Asociación de Fabricantes de Aditivos para Hormigón y Mortero y un Asesor técnico experto de la Fundación MUSAAT.

Seguidamente citamos textualmente las distintas normas y publicaciones que mencionan algún aspecto sobre el vertido y compactación del hormigón, que tienen relación con el objetivo principal de este documento.

2.1. Código Estructural

El Código Estructural^[1] dedica algunos artículos a aspectos sobre el vertido y compactación del hormigón en su Capítulo 8, *Propiedades tecnológicas de los materiales*, en el Capítulo 11, *Ejecución de estructuras de hormigón* y en sus Anejos 7 y 8.

El artículo **33.5. Docilidad del hormigón**, menciona:

“En obras de edificación, para pilares, forjados y vigas se utilizará un hormigón de consistencia fluida salvo justificación en contra. Esta prescripción se podría aplicar también a elementos de ingeniería civil, en especial los que pudiesen estar densamente armados, como por ejemplo tableros de puentes o estribos.”

Comentario del Código

En el caso de hormigones vistos pueden ser convenientes hormigones con consistencias fluidas obtenidas mediante el empleo de aditivos superplastificantes que favorezcan además su puesta en obra y su compactación. En el caso de hormigones para bombeo, las consistencias con asentamientos inferiores a 100 mm pueden dificultar notablemente dicha operación, por lo que se recomienda el empleo de consistencias fluidas, especialmente en el caso de hormigones fabricados con áridos de machaqueo.

El artículo **48.3 Encofrados y moldes** indica:

“Con carácter general, deberán presentar al menos las siguientes características:

– *estanqueidad suficiente de las juntas entre los paneles de encofrado o en los moldes, previendo ... posibles fugas de lechada;*

...

– *resistencia adecuada a las presiones del hormigón fresco y a los efectos del método de compactación;*

...

Cuando sea necesario el uso de encofrados dobles o encofrados contra el terreno natural... deberá garantizarse la operatividad de las ventanas por las que esté previsto efectuar las operaciones posteriores de vertido y compactación del hormigón.

...

Los encofrados y moldes podrán ser de cualquier material que no perjudique a las propiedades del hormigón. Cuando sean de madera, deberán humedecerse previamente para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón."

Comentario del Código

La presión estática ejercida por el hormigón sobre los encofrados o moldes aumenta, como es sabido, con la altura de la masa fresca contenida en los mismos. Por otra parte, la velocidad de hormigonado o el tipo de hormigón (hormigón autocompactante), la aplicación del vibrado para compactar el hormigón, el empleo de determinados aditivos (fluidificantes, retardadores de fraguado, etc.) origina presiones adicionales, que será preciso tener en cuenta a la hora de disponer los encofrados o moldes con el fin de garantizar su rigidez y evitar la aparición de deformaciones no deseadas.

El artículo **51.4.2 Suministro del hormigón** indica:

"Queda expresamente prohibida la adición al hormigón de cualquier cantidad de agua u otras sustancias que puedan alterar la composición original de la masa fresca."

Comentario del Código

Este Código prohíbe expresamente que en la recepción del hormigón se lleve a cabo la adición de agua. También se prohíbe la adición de cualquier otro producto que altere negativamente las propiedades del mismo o que no haya sido previamente establecido en las condiciones del contrato de suministro que, en su caso, deberán ser conocidas con antelación por la dirección facultativa.

El artículo **52.1 Vertido y colocación del hormigón** establece:

"No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa."

Comentario del Código

El vertido del hormigón en caída libre, si no se realiza desde pequeña altura (inferior a dos metros), produce inevitablemente la disgregación de la masa, y puede incluso dañar la superficie de los encofrados o desplazar estos y las armaduras o conductos de pretensado, debiéndose adoptar las medidas oportunas para evitarlo.

El empleo de aditivos superplastificantes y el elevado contenido de finos en hormigones de alta resistencia, los hace muy fluidos, permitiendo unas tongadas de mayor espesor que en un hormigón convencional, si bien resulta necesaria una mayor energía de compactación.

El artículo **52.2 Compactación del hormigón** establece:

“La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación.”

Comentario del Código

El espesor de las capas o tongadas en que se extienda el hormigón estará en función del método y eficacia del procedimiento de compactación empleado. Como regla general, este espesor estará comprendido entre 30 y 60 centímetros.

En hormigones de alta resistencia se puede utilizar la compactación por vibración incluso con consistencias fluidas o líquidas. Debido a su mayor cohesión la segregación durante el vertido es menor. En función de la consistencia y trabajabilidad del hormigón, así como del tipo de elemento estructural, deberá emplearse el procedimiento de compactación que mejor se adapte a las condiciones particulares de la masa.

El artículo **57.3.1 Ensayos de docilidad del hormigón** establece:

“La docilidad del hormigón se comprobará mediante la determinación de la consistencia del hormigón fresco por el método del asentamiento, según UNE-EN 12350-2.

El resultado del ensayo de asentamiento del hormigón se obtiene como la media de dos determinaciones conformes a la norma UNE-EN 12350-2, sobre la misma muestra de hormigón.”

En el Anejo 8 Recomendaciones para la utilización de hormigón con áridos ligeros, el apartado **5.1.2.3 Docilidad del hormigón** indica:

“La densidad del hormigón con áridos ligeros es inferior a la del hormigón convencional, razón por la cual ofrece mayor docilidad para asentamientos equivalentes. Por este mismo motivo, no se considera prudente superar el límite superior para la consistencia fluida, aun con el empleo de aditivos superfluidificantes.”

2.2. Instrucción de hormigón estructural EHE-08

La Instrucción de hormigón estructural^[2] en su artículo **71.5.2 Compactación del hormigón** indica:

“En función de la consistencia y trabajabilidad del hormigón, así como del tipo de elemento estructural, deberá emplearse el procedimiento de compactación que mejor se adapte a las condiciones particulares de la masa.”

Comentario de los autores

En la EHE-08 no se prescribe ningún procedimiento de compactación en función de la consistencia del hormigón, pero sí se ofrece una tabla orientativa que a criterio de los autores de este documento no es acertada porque las referencias están desactualizadas. El picado con barra está pensado para la compactación de probetas y obras de pequeña importancia según establece la monografía "Hormigón Armado" de los autores Jiménez Montoya P. et al.^[3]

Las nuevas formulaciones de dosificación del hormigón con un aumento en la proporción de finos y los nuevos aditivos, controlan la segregación. Por tanto, la compactación con vibrador es perfectamente aplicable.

2.3. Código Modelo CEB-FIP 1990 para hormigón estructural

El Anejo D Tecnología del hormigón de este Código Modelo CEB-FIP^[4] en el apartado d10 Transporte, vertido y compactación del hormigón fresco y subapartado **d.10.3 Vertido** indica:

"Los tramos de tubería empleados para rellenar encofrados altos de muros o pilares deben tener su extremo a corta distancia del lugar donde el hormigón se deposite, de manera que se evite la segregación".

2.4. Pliego General de Condiciones Técnicas en la Edificación

En la publicación de Pliego de Condiciones Técnicas en Edificación^[5], en su Parte I Condiciones de ejecución de las unidades de obra, capítulo 3. Estructuras y subapartado 3.3. Estructuras de hormigón, se indica:

"Prohibido vertidos desde altura superior a 1 metro. Tongadas inferiores a 50 cm o longitud del vibrador. Vibrar hasta que refluya la pasta a la superficie".

2.5. Pliego de prescripciones técnicas generales para carreteras y puentes

En la publicación Pliego de prescripciones técnicas generales para carreteras y puentes^[6], también conocida como PG3 2002, en su artículo 610.6.4 Compactación del hormigón, se indica:

"La distancia entre puntos de inmersión será la adecuada para dar a toda la superficie de la masa vibrada un aspecto brillante; como norma general será preferible vibrar en muchos puntos por poco tiempo a vibrar en pocos puntos prolongadamente."

2.6. V Congreso de ACHE – Asociación Española de Ingeniería Estructural

En las actas de este Congreso de ACHE celebrado el año 2011, fue objeto de una ponencia científica tras un estudio experimental sobre el comportamiento de los hormigones fluidos, en comparación con los de consistencia blanda, bajo el título *“Aseguramiento de calidad y buen acabado de las estructuras de hormigón mediante la mejora de puesta en obra”*, cuyos autores Castillo Talavera, Á. et al.^[7], llegaron, entre otras, a la siguiente conclusión: *“Los hormigones con consistencia fluida, adquirida con un mayor contenido de aditivo, y no de agua, favorecen y mejoran las características del hormigón tanto en estado fresco como en estado endurecido, llegaron a tener menores coeficientes de variación en dichas propiedades”*.

CARACTERÍSTICAS DE LOS HORMIGONES CON CONSISTENCIA FLUIDA

3

Los hormigones de consistencia fluida siempre han estado referenciados en la normativa española, sin embargo, su utilización se ha circunscrito a obras muy determinadas.

Los hormigones de consistencia fluida son los más empleados en los países de nuestro entorno geográfico y tecnológico, tal como demuestran en su artículo Burón Maestro et al.^[8], ya que solo aportan ventajas a la construcción: calidad, durabilidad, sostenibilidad (menor uso de energía y menor emisión de ruido) de las obras y prevención de riesgos laborales (menor esfuerzo de operarios para su extendido), que también comenta en su artículo Ferraris, C.^[9], por lo que la generalización de su uso en España supondrá una adaptación a los hábitos constructivos europeos.

En cuanto a la dosificación de hormigones de consistencia **fluida** respecto a los de consistencia **blanda**, la única modificación es el tipo y/o cantidad de aditivo multifuncional o superfluidificante y en caso de ser necesario, un ligero incremento de finos para evitar exudaciones. Con ello se consigue un gran cambio en sus características reológicas y de manipulación, que se manifiestan en su colocación en obra posteriormente, en parámetros como la densidad en fresco, menor porcentaje de aire ocluido y mayor densidad en estado endurecido y saturado.

Consistencia blanda	Consistencia fluida
Dosificación: <ul style="list-style-type: none"> • Menor cantidad aditivo multifuncional o superfluidificante. Asentamiento: <ul style="list-style-type: none"> • 50-90 mm \pm 10 mm 	Dosificación: <ul style="list-style-type: none"> • Mayor cantidad aditivo multifuncional o superfluidificante. • Ligero incremento de finos. Asentamiento: <ul style="list-style-type: none"> • 100-150 mm \pm 10 mm

Tabla 1. *Diferencias consistencia blanda y fluida.*

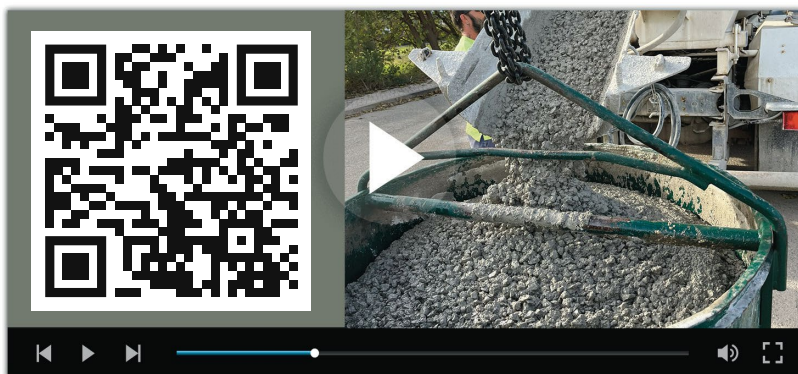
Estas mejoras que significan una mayor resistencia mecánica, menor porosidad que proporciona una mayor protección frente a los ataques de agentes externos y por lo tanto una mayor durabilidad de la construcción, las conseguimos básicamente al disponer de un elemento que facilita la salida del aire ocluido durante el amasado y se compacta más con la misma energía de vibrado, además de mejorar notablemente la adherencia a las armaduras y mejorar el relleno de los encofrados logrando acabados significativamente mejores.

Las dosificaciones recomendadas para los hormigones fluidos suelen mantener para cada ambiente y resistencia deseados la misma cantidad de cemento y de agua de amasado que los hormigones de consistencia blanda, por lo que los cumplimientos de exigencias de dosificación siguen sin ninguna variación y continúan siendo válidos.

En los elementos en los que la superficie del hormigón ha de quedar vista, los hormigones fluidos también aportan una mejora notable debido a la facilidad de salida del aire atrapado durante la colocación y también del aire ocluido en el hormigón durante el amasado, por lo que mejoran notablemente su apariencia y vistosidad.

No obstante, estas ventajas no libran de tener en consideración ciertas precauciones que se pondrán de manifiesto seguidamente. Si bien es cierto que algunas de ellas también son aplicables a la colocación de hormigones con consistencias blandas, su incumplimiento puede tener más repercusión en el hormigonado con hormigones fluidos.

Video n.º 1. Aspecto de la trabajabilidad del hormigón fluido.



<https://youtube.com/shorts/wliwVh6w9M?feature=share>

ADITIVOS 4

En la fabricación de hormigones de consistencia fluida se aumenta la cantidad de aditivo reductor de agua pasando de unas dosificaciones cercanas al 1% en peso de cemento a un 1,5%. En tiempo frío, hay que comprobar que no se producen retrasos importantes en el fraguado y, en su caso, deberá complementarse el reductor de agua habitual con un superfluidificante que no presente efecto secundario de retraso en el inicio de fraguado y solo presente el efecto en la reducción de agua como función principal.

Los aditivos reductores de agua que se emplean en las plantas de hormigón preparado son normalmente los denominados multifuncionales que presentan un rango de dosificación suficiente para permitir la elaboración de distintos tipos de hormigones variando solamente su dosificación, ya que son plastificantes a dosificaciones habituales entre 0,5 y 1% y son superfluidificantes a dosificaciones entre 1 y 1,5% o un poco más.

La sinergia entre varios aditivos es una práctica habitual con hormigones que demandan prestaciones especiales. El director técnico de cada fabricante de hormigón preparado dispone del asesoramiento del servicio técnico de su suministrador de aditivos,

recomendándose desde este trabajo no mezclar aditivos de distintos proveedores, si no se comprueba previamente que no se produce una eventual incompatibilidad de algún componente de los productos empleados.

Comentario de los autores

Especial atención deben tener los hormigones de consistencia fluida en climas fríos ante un eventual retraso en el tiempo de fraguado, ocasionado por la función secundaria de algunos aditivos, que se corrige habitualmente complementando el reductor de agua habitual, con un superfluidificante que no presente efecto secundario de retraso en el inicio de fraguado y solo en la reducción de agua como función principal.

Las centrales de hormigón cuyo control de producción está certificado conforme al RD 163/2019, disponen de un director técnico entre cuyas responsabilidades está, fijar y vigilar las dosificaciones más adecuadas para cada tipo de hormigón.

5

CONSIDERACIONES EN LA PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN FLUIDO

Los hormigones de consistencia fluida presentan numerosas ventajas en su colocación en obra debido a su gran facilidad de manejo, facilidad de bombeo, facilidad de compactación, etc.

La motivación de este documento técnico está originada por la obligatoriedad que establece el Código en su artículo 33.5, de que en obras de edificación, para pilares, forjados y vigas se utilizará un hormigón de consistencia fluida salvo justificación en contra.

Esta exigencia, conlleva tomar precauciones en el proceso de ejecución, originadas por el distinto comportamiento de esta consistencia del hormigón. Así pues, en el encofrado se debe prestar atención a las características de estanqueidad en juntas para evitar fugas de lechada y se comprobará la resistencia adecuada del encofrado a las presiones del hormigón fresco. (Artículo 48.3 del Código).

Para prevenir la segregación, el vertido debe realizarse mediante capas o tongadas que permitan su compactación. Pero no se debe olvidar que, como norma general, el vertido se debe hacer a corta distancia del lugar donde se deposite el hormigón. (Artículo 52.1 del Código).

La resistencia y durabilidad de un elemento de hormigón dependen en gran medida de un correcto curado (Artículo 52.5 del Código). Si no se lleva a cabo un buen curado

del hormigón, la capa exterior, que constituye el recubrimiento de las armaduras, puede resultar más porosa y permeable comprometiendo la vida útil de la estructura. Las prescripciones relativas al contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento para hormigones fluidos, es la misma que para otras consistencias, si bien es cierto que el empleo de aditivos de mayor eficacia, como en el caso de hormigones fluidos, puede incluso mejorar estos condicionantes de dosificación.

El Código en su artículo **68 Control de los procesos de hormigonado** establece que:

“El constructor y la dirección facultativa comprobarán que el curado se desarrolla adecuadamente durante, al menos, el periodo de tiempo indicado en el proyecto o, en su defecto, el indicado en este Código.”

Importante

- Obligatoria la consistencia fluida de hormigones en edificación, para pilares, forjados y vigas.
- Atención especial a la estanqueidad y resistencia de los encofrados.
- Vertido mediante capas o tongadas.
- La durabilidad y resistencia del hormigón dependen en gran medida de un correcto curado.

CONTROL DE CONFORMIDAD DEL HORMIGÓN FLUIDO

6

El hormigón es un producto que no dispone de marcado CE, por lo tanto, la comprobación de su conformidad comprenderá un control documental; en su caso, un control mediante distintivo de calidad oficialmente reconocido, DCOR; y un control experimental mediante la realización de ensayos de recepción.

El hormigón de consistencia fluida está sometido al mismo control que el hormigón de consistencia blanda, que especificamos a continuación.

6.1. En lo relativo al control documental:

a) Documentación previa al suministro del hormigón

- A) En el caso de que el hormigón disponga de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR), será suficiente con la presentación de la documentación relativa al distintivo.

B) Si el hormigón no dispone un distintivo oficialmente reconocido el suministrador del hormigón aportará la siguiente documentación:

- Declaración responsable según la información que establece el Anejo 4 del Código, en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas a los artículos 271 y 43 del Código.
- En su caso, informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de los ensayos a los que se hacen referencia en la declaración.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados, en el caso de que se adjunten informes o actas de ensayos.
- Además, en el caso de hormigón fabricado en central, se aportará el certificado de conformidad del control de producción según el RD 163/2019, de 22 de marzo.

b) Documentación durante el suministro de hormigón

Albarán de cada amasada suministrada, en la que se indicarán entre otros datos, el contenido de cemento y relación a/c de la misma, así como los datos especificados en el Anejo 4 del Código incluyendo la información de estar en posesión de un DCOR, si fuera el caso.

El constructor, o la persona designada en obra que le represente técnicamente, comprobará, bajo la supervisión de la dirección facultativa, que los valores reflejados en la hoja de suministro son conformes con las especificaciones del Código, y se corresponden con las de la dosificación declarada por el suministrador

c) Documentación tras el suministro. Certificado final del suministro

Los suministradores de materiales o productos incluidos en el ámbito del Código proporcionarán un certificado final de suministro, en el que se recogerán la totalidad de los materiales o productos suministrados. El certificado de suministro deberá mantener la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

El constructor facilitará a la dirección facultativa un certificado de suministro del hormigón según la información establecida en el Anejo 4 del Código.

6.2. En lo relativo al control experimental:

La conformidad de un hormigón con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en la obra, e incluirá:

- La docilidad del hormigón que se comprobará mediante la determinación de la consistencia del hormigón fresco por el método del asentamiento, según UNE-EN 12350-2.
- La resistencia del hormigón que se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión realizados conforme a la Norma UNE-EN 12390-3 efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2.
- En hormigones sin DCOR, la durabilidad para los hormigones de ambientes XA, XS, XD, XF o XM (ensayo profundidad de penetración de agua) y XF2 y XF4 (ensayo de contenido de aire ocluido).

Respecto al control de la conformidad de la docilidad del hormigón fluido que se realiza según la UNE-EN 12350-2 ^[10], se admite una tolerancia de ± 10 mm sobre los límites que lo definen, 100-150 mm en la medida del asentamiento en el Cono de Abrams, por lo que el intervalo de aceptación en obra será el comprendido entre 90 y 160 mm.



Imagen 1. Cono de Abrams para medida de la consistencia.

La toma de muestras y fabricación de probetas en la recepción del hormigón para el control de la resistencia, es exactamente igual en el caso de hormigón fluido que lo prescrito para hormigón blando y el laboratorio deberá entregar copia del **acta de toma de muestras** a los representantes de constructor, dirección facultativa y suministrador del hormigón presentes durante la toma de muestras.

La Fundación MUSAAT ha editado recientemente la *“Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón”* que permite ampliar los conocimientos respecto a este punto.

7 REQUERIMIENTOS DE LOS ENCOFRADOS

Los hormigones fluidos precisan de encofrados más estancos que los hormigones plásticos o blandos, ya que tienen una gran facilidad de penetración por las juntas y podrían producirse problemas en la apariencia de las superficies y también de homogeneidad en el producto al perder una parte rica en cemento.

Debe cuidarse la ejecución de los encofrados. En la mayoría de las ocasiones solo será necesario realizar un montaje algo más cuidadoso. En caso de presentar discontinuidades o roturas en los laterales, se procederá a un sellado interior antes de la colocación de las armaduras en los forjados, vigas y jácenas y a un sellado exterior en el caso de pilares y muros. Este requerimiento es una novedad respecto a lo que se venía precisando hasta ahora, pero es totalmente necesario para garantizar que las ventajas de los hormigones fluidos repercutan en la calidad de la obra ejecutada.

Así pues, en **encofrados horizontales**, la resistencia del encofrado no se ve condicionada por la consistencia del hormigón ya que el factor que se toma en consideración para evaluar las cargas es el peso propio del hormigón. Respecto a la estanqueidad, los requerimientos deben ser superiores.

Respecto a los **encofrados verticales**, la resistencia del encofrado es relevante ya que el comportamiento elasto-visco-plástico del hormigón permite suponer presiones mucho más altas sobre el encofrado, cercanas a la presión hidrostática, que sería la máxima posible. Igualmente la estanqueidad requerida será mayor, máxime cuando la presión que puede presentarse también será mayor.

En este sentido, para garantizar la suficiente rigidez y evitar que la presión hidrostática del hormigón sobre los tableros pueda producir deformaciones en los mismos, será conveniente la sujeción de su parte inferior para impedir que se pudieran levantar por el efecto de la fluidez o flotación del encofrado, tal como menciona Madureira, E. y Paiva, L. [1].

Preferiblemente se utilizarán encofrados industriales que aseguren la resistencia y estanqueidad de este tipo de hormigones, cuidando que el espesor de la capa de desencofrante sea lo menor posible para evitar que puedan quedar atrapadas burbujas de aire. Si los encofrados o moldes son de madera, deben humedecerse para evitar la absorción de agua y tratarse adecuadamente con desencofrantes biodegradables previamente al hormigonado.



Imagen 2. Ejemplo de fijación de la parte inferior del encofrado de un murete con hormigón fluido.

Importante

- Los hormigones fluidos precisan de encofrados más estancos que los hormigones plásticos o blandos, por lo que se prestará atención a la estanqueidad de las juntas.
- En encofrados verticales (pilares, muros,..), la resistencia del encofrado deberá tener en cuenta que las presiones del hormigón fluido sobre el encofrado serán más altas y será conveniente la sujeción de su parte inferior.
- Se recomienda el uso de encofrados industriales que aseguren la resistencia y estanqueidad de este tipo hormigones.

8 VERTIDO DEL HORMIGÓN

Los tramos de tubería para rellenar encofrados de pilares altos deben tener su extremo a corta distancia de donde se deposite el hormigón para evitar segregaciones.

En general, no se deben hacer vertidos desde alturas superiores a un metro y el espesor de las tongadas de hormigón estará comprendido entre 30 y 60 cm o limitado por la longitud del vibrador según los comentarios al artículo 52.2 del Código.

En **superficies horizontales**, la colocación del hormigón se realizará contra la masa ya colocada para evitar segregación de la mezcla.

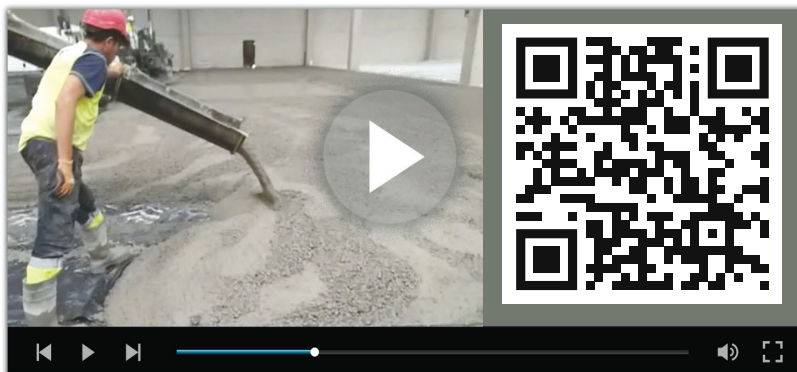


Imagen 3. En esta foto apreciamos que el vertido se realiza contra la masa ya colocada y al fondo se puede ver el acabado brillante de la superficie compactada.



Imagen 4. Muestra de la facilidad de vertido, colocación y extendido del hormigón fluido.

Video n.º 2. *Proceso de vertido directo desde la canal sobre un elemento horizontal.*



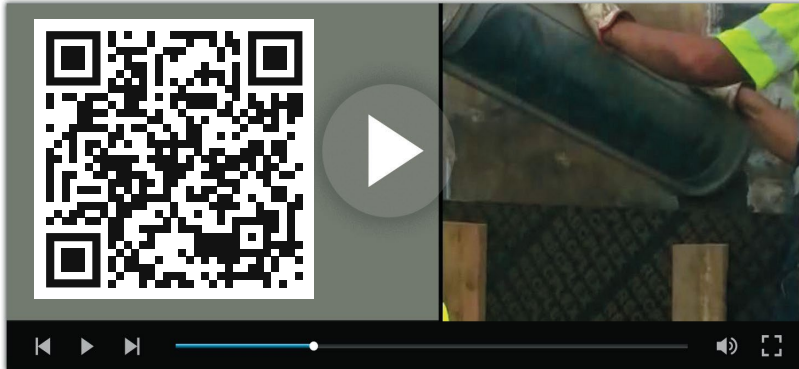
<https://youtu.be/8c9-wbNXzJA>

El vertido de hormigón en **elementos verticales** (muros, pilares, etc.) se debe realizar a través de una manga (generalmente como mínimo de unas 5 o 6 pulgadas de diámetro) o guía, tanto en el cubilote como en el bombeo, que evite el golpeo del hormigón sobre las paredes del encofrado y barras, lo cual conllevaría una segregación de la mezcla así como formación de coquearas. También será necesario tener en cuenta la altura máxima de vertido de 1 metro.



Imagen 5. *Vertido de elementos verticales con cubilote con manga.*

Video n.º 3. Proceso de vertido en elemento vertical.



<https://youtube.com/shorts/4jgo6pwuwec?feature=share>

En el vertido de hormigón en **superficies inclinadas** o zonas con pendientes (rampas de escaleras, forjados inclinados, etc.), se deberán adaptar los encofrados a estas características para evitar sifonamientos y deslizamientos no deseados hacia abajo, recurriendo normalmente a encofrar parcialmente la parte superior y disponiendo de ventanas que faciliten la colocación y eviten efectos no deseados. También puede colocarse el hormigón de abajo hacia arriba, por roscas cuyo volumen y distancia a la parte ya compactada permita una corta acción del vibrador, tal como aparece en la monografía "Hormigón armado" de Jiménez Montoya, P. et al. [3]



Imagen 6. Aspecto del acabado de la superficie en pilares con hormigón fluido.



Imagen 7. Aspecto del acabado de la superficie en muros con hormigón fluido.

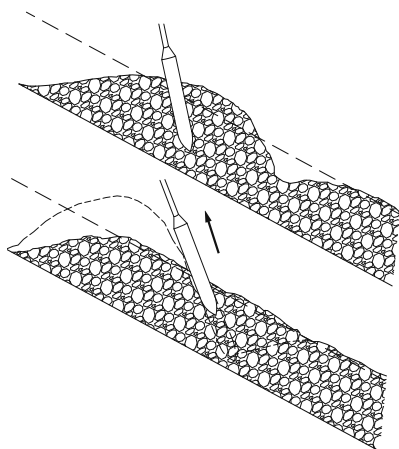


Imagen 8. El hormigón se extiende de abajo hacia arriba por roscas, que tras una ligera aplicación del vibrador ocupa su lugar definitivo.

Importante

- No se deben hacer vertidos desde alturas superiores a un 1 m y la altura de las tongadas de hormigón estará comprendida entre 30 y 60 cm.
- En superficies horizontales el vertido del hormigón se realizará contra la masa ya colocada para evitar segregación.
- En elementos verticales se debe realizar el vertido a través de una manga o guía que evite la segregación.
- En elementos inclinados, se puede encofrar parcialmente la parte superior para evitar deslizamientos o también puede colocarse el hormigón de abajo hacia arriba.

9 COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN

Para la compactación del hormigón fluido se pueden utilizar **los mismos vibradores que se usan para compactar el hormigón blando, pero teniendo en cuenta que el tiempo de vibrado necesario será considerablemente inferior en el caso del hormigón fluido.**

Como norma general, será preferible vibrar en muchos puntos durante poco tiempo, a vibrar pocos puntos durante mucho tiempo.

Los objetivos del vibrado son: "coser" las sucesivas tongadas y eliminar el aire ocluido; evitando la formación de juntas frías y consiguiendo que la masa vibrada tenga una superficie de aspecto brillante y uniforme, por el reflujo de la pasta a la superficie.

Los vibrados en consistencias fluidas han de ser de **menor intensidad**, lo que repercute en un ahorro de tiempo en su colocación, menos consumo de energía de vibrado, menos ruidos en la obra y menor riesgo a lesiones por sobreesfuerzos del personal que procede a su colocación.



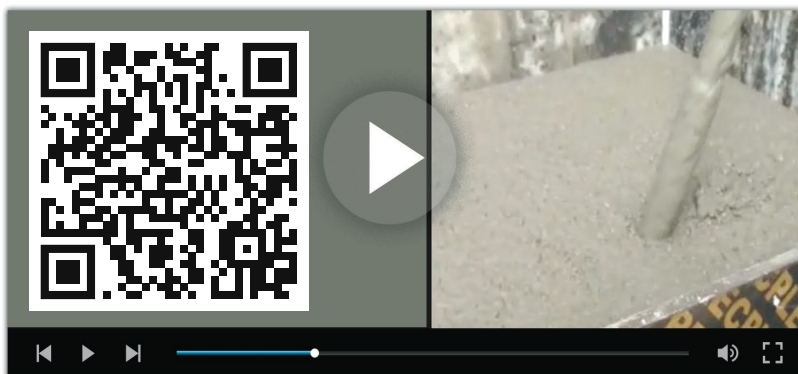
Imagen 9. Proceso de vibrado de un elemento horizontal donde se aprecia el correcto compactado.

Los hormigones se colocan en general con mucha mayor rapidez, principalmente en los bombeos y en los vertidos directos, ya que con cubilotes no se nota tanto, aunque este último método conlleva un mayor esfuerzo para los trabajadores en el extendido del hormigón sobre elementos horizontales. Además del ahorro de tiempo en el vertido y bombeo, se agiliza mucho la fase de vibración, que no debe ser tan intensa como con los hormigones blandos, mucho más plásticos y difíciles de manejar. Estos ahorros repercuten directamente en los equipos de trabajo y en las energías de bombeo y vibrado, compensando sobradamente el ligero aumento de coste que representa el incremento de aditivo.

Importante

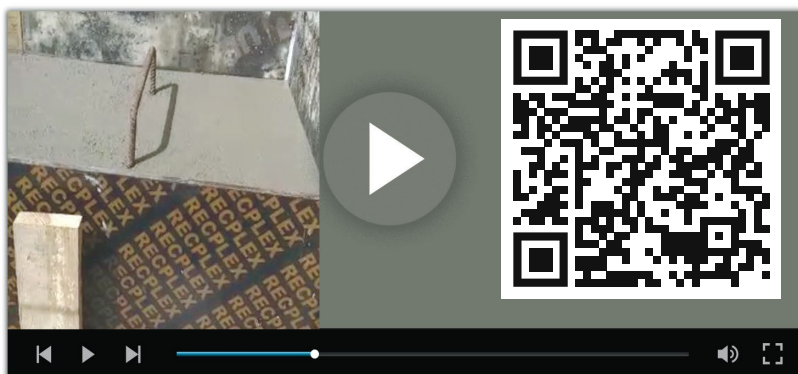
- Se pueden utilizar los mismos vibradores que se usan para compactar el hormigón blando.
- El tiempo de vibrado necesario será considerablemente inferior en el caso del hormigón fluido.
- Se vibrará hasta conseguir que refluya la pasta a la superficie y la superficie tenga un aspecto brillante y uniforme.

Video n.º 4. *Proceso de compactación con vibrador.*



<https://youtube.com/shorts/rk7Y8yFhQDM?feature=share>

Video n.º 5. *Aspecto de la superficie una vez finalizado el vibrado.*



<https://youtube.com/shorts/q-QeRJayJA?feature=share>

10 CONCLUSIONES

Los hormigones de consistencia fluida presentan numerosas ventajas en su colocación en obra debido a su gran facilidad de manejo, facilidad de bombeo, facilidad de compactación, etc.

En obras de edificación, para pilares, forjados y vigas se utilizará un hormigón de consistencia fluida salvo justificación en contra según el Código Estructural. A criterio de los autores sería recomendable especificar en proyecto esta consistencia también en cimentaciones, por el volumen que normalmente conlleva y las ventajas expresadas a lo largo de este documento.

Esta exigencia, conlleva tomar precauciones en el proceso de ejecución, originadas por el distinto comportamiento de esta consistencia del hormigón:

Encofrados:

- Los hormigones fluidos precisan de encofrados más estancos que los hormigones plásticos o blandos, por lo que se prestará atención a la estanqueidad de las juntas.
- En encofrados verticales (pilares, muros,..), la resistencia del encofrado deberá tener en cuenta que las presiones del hormigón fluido sobre el encofrado serán más altas y será conveniente la sujeción de su parte inferior.
- Se recomienda el uso de encofrados industriales que aseguren la resistencia y estanqueidad de este tipo de hormigones.

Vertido:

- No se deben hacer vertidos desde alturas superiores a un 1 m y el espesor de las tongadas de hormigón estará comprendido entre 30 y 60 cm.
- En superficies horizontales el vertido del hormigón se realizará contra la masa ya colocada para evitar segregación.
- En elementos verticales se debe realizar el vertido a través de una manga o guía que evite la segregación.
- En elementos inclinados, se puede encofrar parcialmente la parte superior para evitar deslizamientos o también puede colocarse el hormigón de abajo hacia arriba.

Compactación:

- Se pueden utilizar los mismos vibradores que se usan para compactar el hormigón blando.
- El tiempo de vibrado necesario será considerablemente inferior en el caso del hormigón fluido.
- Se vibrará hasta conseguir que refluya la pasta a la superficie y la superficie tenga un aspecto brillante y uniforme.

Por tanto, los autores suscribimos la afirmación de los autores Castillo Talavera, Á. et al, en un estudio experimental sobre el comportamiento de los hormigones fluidos, en comparación con los de consistencia blanda ^[7]:

"Los hormigones con consistencia fluida, adquirida con un mayor contenido de aditivo, y no de agua, favorecen y mejoran las características del hormigón tanto en estado fresco como en estado endurecido, llegando a tener menores coeficientes de variación en dichas propiedades".

11 REFERENCIAS

- [1] Ministerio de la Presidencia. España, "Código Estructural," Boletín Of. del Estado, n.º 190, 2021.
- [2] M. Fomento, "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)". 2008.
- [3] P. Jiménez Montoya, A. García Meseguer and M. Morán Cabré, "Hormigón armado," 2000.
- [4] CEB-FIP, "CÓDIGO MODELO CEB-FIP 1990 PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL". de GEHO-CEB (Grupo Español del Hormigón); ATEP (Asociación Técnica Española del Pretensado).
- [5] IVE, "Pliego General de Condiciones Técnicas en EDIFICACIÓN 2022 | IVE." [Online]. Available: <https://www.five.es/tienda-ive/pliego-general-de-condiciones-tecnicas-en-edificacion-online-2022/>.
- [6] Dirección General de Carreteras, "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)," Carreteras, 2004.
- [7] Á. Castillo Talavera, M. Burón Maestro, I. Jarauta Bragulat and R. d'Andrea Mattos, "Aseguramiento de calidad y buen acabado de las estructuras de hormigón mediante la mejora de puesta en obra," V Congr. ACHE, 2011.
- [8] M. Burón Maestro, J. Fernández Gómez and L. Garrido Romero, "Hormigón autocompactante. Criterios para su utilización," Instituto Español del Cemento. y sus Aplicaciones, vol. 887, 2006.
- [9] C. F. Ferraris, "Measurement of the rheological properties of highperformance concrete: State of the art report," J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol., vol. 104, no. 5, 1999.
- [10] "UNE-EN 12350-2:2020 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensay..." [Online]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-12350-2-2020-n0063378>.
- [11] E. L. MADUREIRA and L. A. PAIVA, "Fresh concrete consistency effect on thin-walled columns creep phenomenon," Rev. IBRACON Estruturas e Mater., vol. 11, no. 3, 2018.
- [12] J. J. Palencia, J. Pérez Navarro, M. V. Viedma, S. Rodríguez, E. Meseguer and A. Sevilla, "Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón". Fundación MUSAAT, 2021.

AUTORES

Julián Pérez Navarro

Arquitecto Técnico. Ingeniero de Edificación. Máster en Edificación. Coautor de la Guía de Aplicación del Código Estructural para la Gestión de Calidad de los Productos y de la Ejecución. Asesor técnico de la Fundación MUSAAT.

José M.^a Carrau Criado

Arquitecto y Delegado de ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado).

José Ángel Alonso de León

Ingeniero Técnico Industrial y Delegado de ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado).

Miguel Ángel Páez Rodríguez

Ingeniero Técnico de Obras Públicas y Delegado de ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado).

Ignasi Jarauta Bragulat

Ingeniero Industrial y Secretario General de ANFAH (Asociación de Fabricantes de Aditivos para Hormigón y Mortero, www.anfah.org).



GRUPO
musaat

 **ANEFHOP**

ISBN: 978-84-09-45912-4



Calle del Jazmín, 66. 28033 Madrid
Tel. 913 83 29 73 - Fax: 917 66 42 45
www.fundacionmusaat.musaat.es