



**Especificaciones para  
la fabricación, curado y ensayo  
de productos de hormigón reforzado  
con fibras de vidrio (HRFV)**

**Asociación Internacional del  
Hormigón Reforzado con Fibras  
de Vidrio (GRCA)**

**Octubre de 2017**

La Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA) mantiene lazos con otras organizaciones relacionadas con el sector del HRFV. Podrá encontrar más información, además de una lista de todos los Miembros de la GRCA, en el sitio web de la Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA), [www.grca.org.uk](http://www.grca.org.uk).

La afiliación a la GRCA está abierta a:

- Empresas que fabrican o desarrollan productos de HRFV
- Proveedores de materiales o equipamiento a empresas del sector
- Sociedades o consultorías profesionales
- Otros interesados.

La categoría de "Miembro Asociado" de la GRCA está abierta a cualquier persona interesada en el HRFV, que no trabaje en su fabricación, excepto a nivel de desarrollo o pequeña empresa.

### **Especificaciones para la fabricación, curado y ensayo de productos de hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV).**

Publicado por: Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA)

Fecha de publicación de esta edición: Octubre de 2017

ISBN 0 946691 78 9

© Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA)

### **Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio**

PO Box 1454,  
NORTHAMPTON  
NN2 1DZ  
Reino Unido

Tel.: +44 (0) 330 111 GRCA  
+44 (0) 330 111 4722

Sitio web: [www.grca.org.uk](http://www.grca.org.uk)

Correo electrónico: [info@grca.org.uk](mailto:info@grca.org.uk)

Las recomendaciones que contiene este documento se ofrecen solo como una guía general y antes de utilizarse para cualquier informe o especificación, deben revisarse para tener en cuenta todas las circunstancias de su uso específico. Aunque la Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA) ha puesto todo el cuidado posible en la elaboración de este documento, la Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA) y los integrantes de sus grupos de trabajo, sus empleados y agentes no aceptan ninguna responsabilidad por negligencia ni de otro tipo,

Todos los derechos reservados. Quedan prohibidos la reproducción, el almacenaje en cualquier sistema de recuperación de información y la transmisión de cualquier parte de esta publicación, en cualquier formato o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de otro tipo, sin el consentimiento expreso por escrito de la Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA).

# ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACIÓN, CURADO Y ENSAYO DE PRODUCTOS DE HRFV

## ÍNDICE

|   | PÁGINA |
|---|--------|
| PRÓLOGO   | 4      |
| 1. <sup>a</sup> PARTE: INTRODUCCIÓN                           | 5      |
| 1.1 Alcance   |        |
| 1.2 Referencias   |        |
| 1.3 Definiciones  |        |
| 2. <sup>a</sup> PARTE: MATERIAS CONSTITUTIVAS                 | 7      |
| 2.1 Fibras de vidrio resistentes a los álcalis                |        |
| 2.2 Cemento   |        |
| 2.3 Áridos finos  |        |
| 2.4 Agua  |        |
| 2.5 Aditivos  |        |
| 2.6 Polímeros acrílicos                                       |        |
| 2.7 Pigmentos   |        |
| 2.8 Otros materiales componentes                              |        |
| 3. <sup>a</sup> PARTE: COMPOSICIÓN DEL HRFV                   | 9      |
| 3.1 Diseño de la mezcla [grados 8, 10 Y 18]                   |        |
| 4. <sup>a</sup> PARTE: FABRICACIÓN                            | 10     |
| 4.1 Fabricación mediante rociado simultáneo                   |        |
| 4.2 Fabricación mediante premezclado                          |        |
| 4.3 Almacenaje antes del desmoldeo                            |        |
| 4.4 Desmoldeo   |        |
| 4.5 Curado  |        |
| 4.6 Almacenaje, manipulación y transporte                     |        |
| 5. <sup>a</sup> PARTE: CONTROL Y GARANTÍA DE CALIDAD          | 13     |
| 5.1 Generalidades   |        |
| 6. <sup>a</sup> PARTE: TOMA DE MUESTRAS                       | 13     |
| 6.1 Toma de muestras y planchas de muestra                    |        |
| 6.2 Frecuencia  |        |
| 7. <sup>a</sup> PARTE: ENSAYOS                                | 13     |
| 7.1 Contenido de fibras de vidrio                             |        |
| 7.2 Límite de proporcionalidad y módulo de ruptura            |        |
| 7.3 Densidad aparente, absorción de agua y porosidad aparente |        |
| 7.4 Otras pruebas   |        |
| 8. <sup>a</sup> PARTE: CUMPLIMIENTO                           | 14     |
| 8.1 Generalidades   |        |
| 8.2 Valores mínimos para cumplimiento                         |        |
| 9. <sup>a</sup> PARTE: NO CUMPLIMIENTO                        | 14     |
| 9.1 Incumplimiento  |        |
| 9.2 Medidas en caso de no cumplimiento                        |        |
| LECTURAS COMPLEMENTARIAS                                      | 15     |

## PRÓLOGO

Estas especificaciones han sido diseñadas para permitir a arquitectos, ingenieros y especificadores realizar la especificación del HRFV. Cubren todos los aspectos de la producción de HRFV, desde materias primas, producción, curado y almacenaje, hasta control de calidad y ensayo.

### **Grados de HRFV cubiertos:**

- Premezcla colada de HRFV para uso general: Grados 8 y 8P
- Premezcla rociada de HRFV o premezcla colada de alta calidad: Grados 10 y 10P
- HRFV rociado normalmente: Grados 18 y 18P

donde "P" se refiere al uso de una emulsión de polímero acrílico en el diseño de la mezcla de HRFV.

Consultando con un fabricante, el especificador debe seleccionar el grado de HRFV correspondiente. Después el especificador puede asegurarse de que el producto se fabrique y se someta a ensayos de acuerdo con las especificaciones.

Las especificaciones detallan tanto el material como su fabricación. Se deberá consultar a un ingeniero para asegurarse de que el grado del material elegido sea adecuado para el diseño técnico del producto. Las presentes Especificaciones sustituyen a todas las especificaciones del HRFV anteriores emitidas por la GRCA. Han sido elaboradas por el grupo técnico de la GRCA.

Las Especificaciones deben utilizarse en combinación con los "Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" de la GRCA.

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren los requisitos de fabricación, curado y ensayo de productos de HRFV. Detalla los requisitos correspondientes a los grados de HRFV fabricados con tres métodos distintos:

- Grados para pulverizado/rociado: 18 y 18P
- Grados para premezcla: 10 y 10P
- Grados para premezcla: 8 y 8P

"P" se refiere al uso de una emulsión de polímero termoplástico acrílico en el diseño de la mezcla de HRFV.

Las especificaciones son aplicables tanto a mezclas con polímero como sin polímero. El grado óptimo deberá elegirlo el fabricante teniendo en consideración el diseño técnico del producto. Esta selección deberá ser autorizada por el comprador.

### **1.2 Referencias**

Las normas y otras publicaciones relativas a estas especificaciones aparecen en la sección "Lecturas complementarias":

### **1.3 Definiciones**

#### **AMS / Registro de Fabricantes Autorizados**

Registro de Fabricantes Autorizados de la GRCA (AMS)

#### **Capa de recubrimiento**

Una capa inicial sin fibras pero con arena o áridos decorativos y, a menudo, pigmento.

#### **Capa pulverizada**

Una capa cementosa inicial pulverizada sin fibras de vidrio.

#### **Comprador**

La persona u organización que firma un contrato para comprar un producto de HRFV.

#### **Contenido de fibras de vidrio en peso (WF)**

La relación (expresada como porcentaje) entre la masa de fibras de vidrio y la masa de HRFV en estado no curado (mortero húmedo).

#### **Cupones de prueba**

Número de muestras tomadas de una plancha de prueba con el fin de determinar una propiedad.

#### **Curado en seco**

Un método de curado que evita la pérdida temprana de humedad y permite que el hormigón se seque sin conservar humedad. El curado en seco se lleva a cabo agregando una cantidad adecuada del polímero a la mezcla del HRFV. (Véanse la Tabla 3 y la sección 4.5).

#### **Ensayo de asentamiento**

Una prueba que mide la consistencia del mortero cementoso.

#### **Estado no curado**

La fase de la fabricación del HRFV en la que todos los procesos físicos que podrían alterar la composición del material se han completado, pero las fibras aún pueden separarse del mortero mediante la acción del agua al correr sobre él.

#### **Extremos de variaciones dimensionales**

Las variaciones dimensionales máximas (retracción hidráulica residual y expansión reversible) de una composición de HRFV atribuibles a variaciones en el contenido de agua al que pueden estar sometidos los productos expuestos a la intemperie.

#### **GRCA**

La Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio.

#### **Hormigonera de alto cizallamiento**

Una hormigonera con acción de alto cizallamiento capaz de preparar los morteros de arena fina y cemento necesarios para el proceso de rociado.

#### **Hormigonera para premezcla**

Una hormigonera de dos fases o de velocidad variable diseñada para preparar los morteros de arena fina/cemento (fase 1) y para combinar las fibras de vidrio cortadas resistentes a los álcalis (fase 2) durante el proceso de premezclado.

#### **HRFV de rociado simultáneo**

Un método de fabricación por el que el HRFV se produce rociando simultáneamente el mortero cementoso y las fibras de vidrio resistentes a los álcalis, que se cortan al ir moviéndose en el interior de la pistola de pulverización.

**HRFV modificado con polímero**

HRFV que ha sido modificado mediante la adición de una dispersión de polímero termoplástico, bien para su curado en seco o para fortalecer sus propiedades.

**HRFV premezclado**

Un método de fabricación en el que se combinan las fibras de vidrio precortadas resistentes a los álcalis y el mortero cementoso durante su mezclado.

**Ingeniero/Empresa de ingeniería**

La persona u organización responsable del diseño del componente de HRFV.

**Límite de proporcionalidad (LOP)**

También conocido como límite elástico. La tensión en un ensayo de flexión donde el trazado de tensión/deformación se desvía de la línea recta.

**MFFT**

Temperatura mínima de formación de película (en polímeros acrílicos).

**Miembro del AMS**

Un miembro fabricante de la GRCA que ha sido auditado por un organismo certificador independiente nombrado por la GRCA y ha sido aceptado por la GRCA como Miembro del AMS.

**Módulo de ruptura (MOR)**

La tensión más alta en un gráfico de tensión/deformación durante un ensayo de flexión.

**Plancha de prueba**

Una lámina de HRFV fabricada durante la producción normal con el fin de evaluar la calidad de los productos de HRFV que se están fabricando. La plancha de prueba puede ser una muestra del mismo producto. La plancha de prueba debe elaborarse de la misma forma y al mismo tiempo que el producto de HRFV, para que sea representativa de la calidad del HRFV.

**Productor**

La persona u organización que firma un contrato para fabricar un producto de HRFV.

**Promedio de la plancha de prueba**

El valor de la media aritmética de una propiedad calculada a partir de los resultados de todos los cupones de prueba procedentes de una sola plancha de prueba. Para el análisis estadístico,

este promedio cuenta como un solo resultado.

**Propiedad característica**

El valor de una propiedad por encima de la cual se prevé que entre el 95 % de todas las posibles mediciones de esa propiedad del HRFV especificado.

**Proporción de agua/cemento**

La relación entre la masa total de agua y la masa de cemento seco que contiene el HRFV en estado no curado. Cuando se utilizan aditivos puzolánicos, pueden considerarse cementosos y la proporción de agua/cemento puede expresarse como la relación agua/aglutinante total; ejemplos de estos aditivos puzolánicos son cenizas volantes, humo de sílice y metacaolín.

**Proporción de áridos/cemento**

La relación entre la masa total de áridos y la masa de cemento seco que contiene el HRFV.

**Proveedor**

La persona u organización que firma un contrato para suministrar bienes al productor.

**Pruebas para determinar el contenido de fibras ("bolsa y cubo")**

Métodos para la calibración del equipo de rociado de HRV.

**Relación parte superior/parte inferior**

La relación entre los resultados de las muestras sometidas al ensayo del módulo de ruptura (MOR) con la cara del molde en tensión, y las muestras con la cara talochada en tensión.

## **2 MATERIAS CONSTITUTIVAS**

### **2.1 Fibras de vidrio resistentes a los álcalis**

La fibra de vidrio será un filamento continuo de fibra resistente a los álcalis, desarrollada y formulada para tener una alta resistencia remanente en entornos de cemento hidráulico. El fabricante debe proporcionar la certificación del proveedor para demostrar que la fibra de vidrio cumple la norma EN 15422:2008 u otra norma nacional equivalente autorizada.

### **2.2 Cemento**

El proveedor del cemento deberá ser un fabricante de capacidad evaluada, y la fabricación del cemento será acorde con la norma BS EN 197 o normal nacional equivalente, y contará con el certificado correspondiente. El cemento se almacenará correctamente y se mantendrá seco para evitar su deterioro.

### **2.3 Áridos finos**

Habrá que lavar y secar los áridos finos o la arena para eliminar el material soluble y poder controlar con precisión la proporción agua/cemento. Las partículas deberán tener forma redonda o irregular, y tener una superficie lisa sin alveolos.

En el caso del HRFV rociado, el tamaño máximo de partículas será de 1,2 mm; con HRFV premezclado, el tamaño máximo de partículas será de 2,4 mm. En ambos casos la fracción fina de partícula, es decir, la arena que pasa por un tamiz de 150 micras, será menor del 10 % del peso total de la arena.

El uso de arena de sílice está muy extendido, y debe ajustarse a las especificaciones de la Tabla 1.

Se pueden utilizar arenas con un mayor contenido de humedad, siempre que se conozca dicho contenido y el diseño de la mezcla se altere en consonancia.

Se pueden utilizar arenas que no sean de sílice, pero el fabricante debe proporcionar pruebas de su idoneidad. No se deben utilizar arenas finas de construcción.

**Tabla 1: Especificaciones de la arena de sílice**

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Contenido de sílice     | > 96 % |
| Contenido de humedad    | < 2 %  |
| Pérdida por calcinación | < 0,5% |

### **2.4 Agua**

El agua debe estar limpia y libre de materias nocivas; véase la norma BS EN 1008, *Agua para mezclas de hormigón*.

### **2.5 Aditivos**

Se permite y se fomenta el uso de aditivos, ya que pueden realzar las propiedades del HRFV. Se deben utilizar siempre en estricta observancia de las recomendaciones del proveedor, y el fabricante debe asegurarse de que su uso no tenga efectos perjudiciales sobre el producto.

No deben utilizarse aditivos con base de cloruro cálcico si el componente de HRFV contiene refuerzos de acero, conectores de fijación o otros elementos vaciados.

### **2.6 Polímeros acrílicos**

Las dispersiones de polímeros termoplásticos acrílicos se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y deben respetar las especificaciones de la Tabla 2.

Pueden utilizarse polímeros con propiedades distintas de las especificaciones antedichas con el acuerdo del comprador y resultados de pruebas adecuados.

**Tabla 2: Especificaciones de polímeros para facilitar el curado.**

|   |   |
|---|---|
| Tipo de compuesto                           | Dispersión acuosa de polímeros termoplásticos |
| Tipo de polímero                            | Con base acrílica                             |
| Sólidos                                     | 45 - 55 %                                     |
| Aspecto                                     | Cremoso de un blanco lechoso, sin grumos      |
| Temperatura mínima de formación de película | 7-12 °C                                       |
| Resistencia a rayos ultravioleta            | Buena   |
| Resistencia a los álcalis                   | Buena   |

## 2.7 Pigmentos

Pueden utilizarse pigmentos en polvo o en dispersión para fabricar HRFV de colores. Los pigmentos deben cumplir las normas nacionales o internacionales. El comprador debe aceptar que pueden producirse variaciones en el color y acordar con el fabricante un nivel aceptable de variación.

## 2.8 Otros materiales componentes

Pueden añadirse otros materiales componentes (por ejemplo humo de sílice, metacolín, cenizas volantes, cargas reforzantes, aditivos, mallas) para modificar las propiedades de la mezcla. Deben utilizarse de acuerdo con las instrucciones del proveedor y el productor debe demostrar que su uso no afectará negativamente las propiedades del HRFV.



### 3 COMPOSICIÓN DEL HRFV

#### 3.1 Diseño de la mezcla

Es responsabilidad del fabricante seleccionar un diseño de mezcla apto para el producto. El diseño de la mezcla debe ser tal que se consigan las propiedades mecánicas del HRFV detalladas en la Sección 8 de las presentes Especificaciones, y que estos requisitos se correspondan con el diseño técnico del producto.

Los diseños de mezcla que aparecen en las tablas 3a, 3b y 3c se ofrecen a modo de guía e indican las cifras típicas; los diseños que estén fuera de estas directrices pueden ser aceptables pero deben examinarse antes de su uso.

**Tabla 3a: Diseños de mezcla de guía - Grado 8**

| Grado de premezcla   | Grado 8                     | Grado 8P    |
|--|-----------------------------|-------------|
| Descripción  | Premezcla para uso general: |             |
| Proporción de áridos/cemento                                 | 0,5 - 1,50                  | 0,5 - 1,50  |
| Proporción de agua/cemento                                   | 0,30 - 0,40                 | 0,30 - 0,40 |
| Contenido de fibras de vidrio (% en peso de la mezcla total) | 2 - 3 %                     | 2 - 3 %     |
| Contenido de sólidos de polímero (% en peso de cemento)      | Cero                        | 4 - 7%      |
| Extremos de variaciones dimensionales (mm/m)                 | 0,6 - 1,2                   | 0,6 - 1,2   |
| Absorción de agua  | 5 - 11 %                    | 5 - 11 %    |
| Densidad aparente en seco mínima (kg/m <sup>3</sup> )        | 1800                        | 1800        |
| Densidad aparente en mojado mínima (kg/m <sup>3</sup> )      | 2000                        | 2000        |

**Tabla 3b: Diseños de mezcla de guía - Grado 10**

| Grado de premezcla   | Grado 10   | Grado 10P   |
|--|--|-------------|
| Descripción  | Premezcla rociada<br>Premezcla colada de alta calidad: |             |
| Proporción de áridos/cemento                                 | 0,5 - 1,50   | 0,5 - 1,50  |
| Proporción de agua/cemento                                   | 0,30 - 0,38  | 0,30 - 0,38 |
| Contenido de fibras de vidrio (% en peso de la mezcla total) | 2 - 3,5 %  | 2 - 3,5 %   |
| Contenido de sólidos de polímero (% en peso de cemento)      | Cero   | 4 - 7%      |
| Extremos de variaciones (mm/m)                               | 0,6 - 1,2  | 0,6 - 1,2   |
| Absorción de agua  | 5 - 11 %   | 5 - 11 %    |
| Densidad aparente en seco mínima (kg/m <sup>3</sup> )        | 1800   | 1800        |
| Densidad aparente en mojado mínima (kg/m <sup>3</sup> )      | 2000   | 2000        |

**Tabla 3c: Diseños de mezcla de guía - Grado 18**

| Grado para pulverizado/rociado                               | Grado 18                  | Grado 18P   |
|--|---------------------------|-------------|
| Descripción  | HRFV para rociado directo |             |
| Proporción de áridos/cemento                                 | 0,5 - 1,5                 | 0,5 - 1,5   |
| Proporción de agua/cemento                                   | 0,30 - 0,38               | 0,30 - 0,38 |
| Contenido de fibras de vidrio (% en peso de la mezcla total) | 4 - 5,5 %                 | 4 - 5,5 %   |
| Contenido de sólidos de polímero (% en peso de cemento)      | Cero                      | 4 - 7%      |
| Extremos de variaciones (mm/m)                               | 0,6 - 1,2                 | 0,6 - 1,2   |
| Absorción de agua  | 5 - 11 %                  | 5 - 11 %    |
| Densidad aparente en seco mínima (kg/m <sup>3</sup> )        | 1800                      | 1800        |
| Densidad aparente en mojado mínima (kg/m <sup>3</sup> )      | 2000                      | 2000        |

## **4 FABRICACIÓN**

Estas Especificaciones cubren únicamente los productos de HRFV fabricados por los métodos de premezcla y rociado.

### **4.1 Fabricación mediante rociado simultáneo**

#### **4.1.1 Pesado/dosificación**

Los ingredientes secos deben dosificarse por peso mediante aparatos calibrados de pesado capaces de una precisión de  $\pm 2\%$  del peso dosificado que se indique. Los líquidos deben ser pesados, dosificados por volumen o dispensados automáticamente. El fabricante debe demostrar que el método utilizado ofrecerá una precisión de  $\pm 2\%$ .

#### **4.1.2 Mezclado**

El mortero cementoso debe mezclarse en una hormigonera adecuada de acuerdo con las instrucciones del fabricante y el diseño de la mezcla que se indique. El productor debe demostrar que se va a utilizar este tipo de sistema de mezclado. Se deberá someter a ensayo la consistencia de la mezcla midiendo el asentamiento según la 5.ª parte de los Métodos de ensayo del HRFV de la GRCA o las normas nacionales correspondientes.

#### **4.1.3 Rociado/pulverizado**

El rociado debe llevarse a cabo mediante aparatos especiales que permitan la deposición simultánea de cantidades conocidas de mortero cementoso y fibras de vidrio cortadas. Antes de empezar la fabricación, debe calibrarse el equipo de rociado para garantizar que se alcance el porcentaje de fibras de vidrio especificado. Se debe llevar a cabo una calibración para medir el índice de deposición de las fibras de vidrio y el mortero cementoso mediante las "pruebas de la bolsa y el cubo" de acuerdo con la 4.ª parte de los Métodos de ensayo del HRFV de la GRCA o las normas nacionales correspondientes.

Estas pruebas se deben llevar a cabo con cada bomba al principio de cada turno, después de alterar los controles del equipo y cuando se hayan obtenido resultados insatisfactorios en una prueba de lavado (sección 7.1).

Si el equipo utilizado ofrece una lectura continua de la salida de vidrio y de mortero, no será necesario realizar estas pruebas.

Se puede pulverizar una primera capa ligera sin fibras; esta capa debe ser lo más delgada [ $\sim 1\text{mm}$ ] posible e ir seguida inmediatamente por el primer rociado de HRFV.

La capa de recubrimiento puede rociarse o verse. Se puede dejar que se endurezca esta capa, pero la primera capa de HRFV debe aplicarse antes de que tenga lugar el fraguado inicial. El grosor típico es de 3 -5 mm, dependiendo del tratamiento posterior, por ejemplo granallado o grabado con ácido.

El HRFV debe rociarse en capas finas superpuestas de 3 - 4 mm hasta alcanzar el grosor deseado. El HRFV rociado debe compactarse con un rodillo de mano antes de rociar la siguiente capa. Una vez rociada la última capa, se debe comprobar el grosor del HRFV mediante una plantilla o galga de profundidad, y compararse con el grosor de diseño.

A menos que se indique expresamente en las especificaciones acordadas para la fabricación del producto, el grosor de diseño debe considerarse como un mínimo, y ninguna parte del componente debe tener un grosor menor de este.

Está permitido un grosor superior, y se prevé su presencia sobre todo en esquinas o zonas de perfil profundo. No estará permitido que:

1. Las zonas planas excedan el grosor de diseño en más de 4 mm.
2. El peso del componente exceda el peso máximo de diseño especificado por el ingeniero.

Tras comprobar el grosor, deben volver a rociarse todas las zonas de grosor inferior, y las zonas de grosor excesivo deben retirarse y desecharse el material. El acabado especificado para el "reverso" de la unidad debe aplicarse mediante una llana o rodillo.

### **4.2 Fabricación mediante premezclado**

#### **4.2.1 Pesado/dosificación**

Los ingredientes secos deben dosificarse por peso mediante aparatos calibrados de pesado capaces de una precisión de  $\pm 2\%$  del peso dosificado que se indique. Los líquidos deben ser pesados, dosificados por volumen o dispensados automáticamente. El fabricante de HRFV debe demostrar que el método utilizado ofrecerá una

precisión de  $\pm 2\%$ .

#### 4.2.2 Mezclado

El HRFV debe mezclarse en una hormigonera de dos fases o de otro tipo adecuado. El fabricante debe demostrar que el equipo es apto para la fabricación de premezcla de HRFV.

En primer lugar se debe mezclar el mortero cementoso a alta velocidad en una hormigonera de cizallamiento intensivo o de otro tipo aprobado. Después se debe trasladar el mortero a una segunda hormigonera, o adaptar el movimiento de la hormigonera de cizallamiento para que las fibras de vidrio resistentes a los álcalis se mezclen uniformemente con el mortero.

Las fibras de vidrio resistentes a los álcalis pueden añadirse manual o automáticamente como fibras cortadas, o automáticamente como hilo de fibra de vidrio resistente a los álcalis mediante una cortadora de fibra.

#### 4.2.3 Premezcla colada

El HRFV premezclado debe bombearse o trasladarse en un depósito hasta el punto de llenado. Después se verterá o bombeará el material en el molde asegurándose de que el método de llenado expulse el aire del producto y se eviten posibles planos de debilidad. La compactación puede hacerse mediante vibración interna o externa, o utilizando un mortero autocompactante. El fabricante debe asegurarse de que el método elegido se corresponda con el acabado de la superficie y las propiedades mecánicas deseados.

#### 4.2.4 Premezcla rociada

El HRFV premezclado también puede rociarse dentro de moldes o sobre ellos mediante aparatos especiales de pulverización de premezcla. Puede rociarse primero una capa fina de recubrimiento. El HRFV debe rociarse en capas de 4 - 6 mm y compactarse con un rodillo antes de pulverizar la siguiente capa. Se debe comprobar el grosor según se indica en el apartado 4.1.3.

### 4.3 Almacenaje antes del desmoldeo

Los moldes llenos deben almacenarse a temperaturas comprendidas entre los 5 °C y los 40 °C. Los grados "P" deben almacenarse a una temperatura superior a la temperatura mínima de formación de película (MFFT) pero inferior a

40 °C.

Los moldes deben guardarse sobre una superficie plana y sustentarse de forma que no se curven ni se tuerzan.

Una vez se ha producido el fraguado inicial, el molde se cubrirá con polietileno de 500 galgas o superior, y no debe quitarse hasta el momento del desmoldeo.

### 4.4 Desmoldeo (inc. izado y fijación)

El HRFV no debe sacarse del molde hasta que haya adquirido la suficiente resistencia para poder extraerlo del molde y transportarlo sin someterlo a tensión excesiva. El tiempo necesario dependerá de la temperatura.

El desmoldeo debe hacerse de forma que no se produzcan daños al componente. Las conexiones únicas para el desmoldeo, izado y fijación deben estar encastradas en el componente. Todos los elementos encastrados deben ser de un material adecuado (preferiblemente acero inoxidable austenítico o material no férreo) y estar encapsulados en un bloque de HRFV; el tamaño y los procedimientos a utilizar deben acordarse con los ingenieros antes de empezar la fabricación.

### 4.5 Curado

#### 4.5.1 Curado húmedo (para grados sin polímeros)

Los componentes de HRFV deben curarse con una temperatura y humedad controladas. Lo ideal son siete días a 20 °C y una HR del 95 %. Esto no siempre resulta practicable, y se pueden utilizar otros regímenes de curado siempre que el fabricante demuestre que el procedimiento:

1. Permita al componente lograr las propiedades físicas que se detallan en la sección 8.
2. Garantice que no se produzca una contracción excesiva debida a un secado demasiado rápido del producto.
3. El método de curado sea aceptable tanto para el comprador como para el ingeniero.

#### 4.5.2 Curado de grados con polímeros

Los componentes fabricados con grados de HRFV que contengan polímeros deben cubrirse ligeramente por la noche y deben curarse en seco tras el desmoldeo. El curado húmedo puede resultar perjudicial. Se deben evitar temperaturas

por encima de los 35 °C o por debajo de los 5 °C en los dos días posteriores a la fabricación.

**Los productos no deben exponerse a vientos secos ni calor excesivo durante un mínimo de dos días.**

#### **4.6 Almacenaje, manipulación y transporte**

Los componentes de HRFV deben almacenarse, manipularse y transportarse de modo que:

1. No se someta a tensión excesiva ninguna parte del componente.
2. No se curve ni se tuerza el componente.
3. No se ocasionen daños a ninguna parte del componente, sobre todo a las esquinas y los bordes.
4. Las condiciones de almacenaje y el material protector/de apilado no manchen ni decoloren permanentemente el componente.

En el caso de componentes de gran tamaño, deberá acordarse por anticipado con el ingeniero el método de manipulación, almacenaje, carga y transporte.

## **5 CONTROL Y GARANTÍA DE CALIDAD**

### **5.1 Sistema de gestión de calidad**

El fabricante debe demostrar que tiene implantado y sigue un sistema de garantía de calidad, que debe cumplir el Reglamento para Miembros Titulares de la GRCA, la norma ISO 9001 o similar.

## **6 TOMA DE MUESTRAS**

### **6.1 Toma de muestras y planchas de prueba**

Los ensayos pueden llevarse a cabo en cupones cortados de los mismos componentes de HRFV, pero por lo general esto no resulta práctico. Resulta aceptable fabricar una plancha de prueba para realizar los ensayos, que será fabricada, desmoldeada y curada de la misma forma que el componente que representa. Su calidad debe ser la misma que la del componente, en la medida de lo posible.

Sin embargo, debido a las limitaciones del equipo de ensayo, su grosor debe limitarse a 12 mm. Las planchas de prueba deben ser lo bastante grandes para poder cortarlas de acuerdo con los requisitos. Se sugiere un tamaño de 500 x 800 mm para poder identificar cualquier efecto direccional en los procesos de rociado.

### **6.2 Frecuencia**

La frecuencia de fabricación de las planchas de prueba no será menor de 1 plancha por día y por hormigonera/bomba, tanto para el método de rociado como para el de premezcla. Las planchas de prueba fabricadas para procesos de rociado y no sometidas a ensayo se conservarán durante un período de un año como mínimo para realizar futuras pruebas si es necesario.

## **7 ENSAYOS**

Se llevarán a cabo los siguientes ensayos, y las propiedades necesarias serán las expresadas en las Tablas 3a, 3b, 3c, 4 y 5.

### **7.1 Contenido de fibras de vidrio resistentes a los álcalis**

El contenido de fibras de vidrio resistentes a los álcalis se determinará de acuerdo con la 1.<sup>a</sup> parte de los Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV) de la GRCA, o con la norma BS EN 1170-2 u otra norma nacional reconocida. En procesos de rociado, el ensayo se llevará a cabo una vez al día por pulverizador como mínimo.

### **7.2 Limite de proporcionalidad (LOP) y módulo de ruptura (MOR)**

El LOP y el MOR se determinarán a los 7 y/o los

14 y/o los 28 días de acuerdo con la 3.<sup>a</sup> parte de los Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV) de la GRCA, o con la norma BS EN 1170-5 u otra norma nacional reconocida. Los resultados obtenidos a los 7 y los 14 días solo serán aceptables si ya superan los requisitos de diseño.

La información adicional, como el porcentaje de tensión hasta el LOP, el porcentaje de tensión hasta el MOR, y el módulo de Young, provista por los equipos de ensayo modernos debe anotarse tan solo a título informativo.

La frecuencia mínima de ensayo del LOP y el MOR será:

Rociado: Dos veces por semana y por pulverizador, o cada 10 toneladas de HRFV que se produzca, lo que antes se alcance.

Premezclado: Una vez por semana y por pulverizador, o cada 10 toneladas de HRFV que se produzca, lo que antes se alcance.

Estas frecuencias son el mínimo estrictamente necesario, y es posible que algunos fabricantes prefieran realizar ensayos más frecuentes por considerarlo apropiado.

**Tabla 4: Valores característicos**

| <b>GRADO</b>           | <b>8 /<br/>8P</b> | <b>10 /<br/>10P</b> | <b>18 /<br/>18P</b> |
|------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| LOP<br>característico* | 5                 | 6                   | 7                   |
| MOR<br>característico* | 8                 | 10                  | 18                  |

\*Se analizarán como mínimo 40 resultados promedios de la plancha de prueba para el cálculo de valores característicos.

### **7.3 Densidad aparente, absorción de agua y porosidad aparente**

Estas propiedades se determinarán de acuerdo con la 2.<sup>a</sup> parte de los Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV) de la GRCA, o con la norma BS EN 1170-6 u otra norma nacional reconocida. Todas estas pruebas se realizarán una vez al mes como mínimo.

### **7.4 Otras pruebas**

Se pueden llevar a cabo otras pruebas del HRFV cuando las solicite el comprador, incluidos el ensayo de extremos de variaciones dimensionales según la norma BS EN 1170-7, ensayos completos bajo carga de productos y componentes, ensayos de incendio, pruebas de rendimiento de fijaciones encastradas, etc. Estas pruebas deberán estar supervisadas por el Ingeniero.

## **8 CUMPLIMIENTO**

### **8.1 Generalidades**

Las materias constitutivas deben cumplir los requisitos de la Sección 2 y la composición del HRFV cumplirá la Sección 3. El HRFV deberá ser fabricado y curado de acuerdo con la Sección 4. Las muestras deberán tomarse con una frecuencia que cumpla las estipulaciones de la sección 6 y los ensayos deberán ajustarse a la Sección 7. Debe cumplir los requisitos de la Sección 8.

### **8.2 Valores mínimos para cumplimiento**

La Tabla 5 indica valores LOP y MOR mínimos mediante resultados de inspecciones realizadas durante el proceso, como guía para el cumplimiento inicial solamente. Para cumplir estas especificaciones, el fabricante debe poder demostrar también mediante su sistema y documentación de ensayo que el análisis muestra los valores característicos que se indican en la Tabla 4. Para ser permisible, este análisis debe formar parte de sus procedimientos de garantía de calidad.

Si otras propiedades, por ejemplo la densidad o la porosidad, se consideran críticas para una aplicación, los valores de cumplimiento y la frecuencia de ensayo deberán ser acordados entre el comprador y el fabricante.

## **9 No conformidad**

### **9.1 Incumplimiento**

- Si una sola plancha incumple los requisitos de cumplimiento, el HRFV afectado será el fabricado entre la plancha de prueba anterior que sí cumplía los requisitos y la siguiente plancha que también cumpla los requisitos.
- Si no se realizan ensayos a diario, se pueden probar las planchas conservadas (véase el punto 6.2) para determinar el alcance de la no conformidad del producto.

### **9.2 Medidas en caso de no conformidad**

Las medidas a tomar con respecto a productos que no cumplan estas especificaciones deben determinarse con la debida consideración de las consecuencias técnicas de adoptar medidas correctivas o sustituir los productos rechazados.

Al estimar la calidad del HRFV defectuoso y determinar las medidas por tomar, se deberá establecer la siguiente información cuando sea posible. La validez de las pruebas deberá confirmarse comprobando que las muestras, los ensayos y los cálculos se hayan realizado de

acuerdo con estas especificaciones.

- Que las materias primas y la proporción de la mezcla utilizadas en el HRFV bajo investigación cumplan estas especificaciones y/o las acordadas entre el comprador y el fabricante.
- Que el régimen de curado adoptado antes de los ensayos cumpla las recomendaciones de estas Especificaciones. La repetición de ensayos de planchas de prueba puede resultar apropiada cuando se considere que las condiciones de almacenaje del producto pueden mejorar las propiedades a causa de un curado más prolongado.
- El efecto de cualquier reducción de las propiedades del HRFV sobre la resistencia y la durabilidad del producto.

Hay tres puntos que se deben tener en cuenta:

- Los factores de seguridad adoptados en el diseño.
- El grosor de los productos de HRFV fabricados en comparación con el grosor de diseño.
- La resistencia MOR/LOP que exigen los cálculos de ingeniería.

**Tabla 5: Resistencias mínimas**

| <b>GRADO</b>   | <b>8 / 8P</b> | <b>10 / 10P</b> | <b>18 / 18P</b> |
|--|---------------|-----------------|-----------------|
| <b>LOP (MPa)</b>   |               |                 |                 |
| Promedio de 4 promedios de planchas de prueba consecutivas | 7,25          | 8               | 8               |
| Mínimo del promedio de la plancha de prueba individual     | 5,75          | 6               | 6               |
| <b>MOR (MPa)</b>   |               |                 |                 |
| Promedio de 4 promedios de planchas de prueba consecutivas | 9,50          | 12              | 21              |
| Mínimo del promedio de la plancha de prueba individual     | 7,50          | 8,50            | 15              |

## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

"Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" de la GRCA.

"Guía de especificación del hormigón reforzado con fibra de vidrio (HRFV)" de la GRCA.

"Análisis de los resultados de ensayos del HRFV" de la GRCA.

"Reglamento del Registro de Fabricantes Autorizados (AMS)" de la GRCA.

Otras publicaciones de la GRCA. Vaya a [www.grca.org.uk](http://www.grca.org.uk) para ver una lista actualizada de nuestras publicaciones.

### The Concrete Bookshop (Librería del hormigón)

Tel.: 07004 607777 (solo R. Unido) ó +44 (0)1276 607140

C. electrónico: [enquiries@concretebookshop.com](mailto:enquiries@concretebookshop.com)

Sitio web: [www.concretebookshop.com](http://www.concretebookshop.com)

Además, la Asociación Internacional del Hormigón Reforzado con Fibras de Vidrio (GRCA) cuenta con una base de datos de las actas de los Congresos de la GRCA y muchas otras publicaciones relacionadas con el HRFV, incluidas descargas gratuitas. Sitio web: [www.grca.org.uk](http://www.grca.org.uk).

*Especificación H40 del NBS, mayo de 2002, Componentes para revestimientos de hormigón reforzado con fibra de vidrio.*

### Normas europeas

**BS EN 1169: 1999:** *Productos prefabricados de hormigón: Reglas generales para el control de la producción en fábricas de productos de cemento reforzado con fibras de vidrio.*

**BS EN 1170: 1998:** *Partes 1 a 8, Productos prefabricados de hormigón: Métodos de ensayo del cemento reforzado con fibras de vidrio.*

*Parte 1. Cómo medir la plasticidad del mortero: Método del ensayo de asentamiento.*

*Parte 2. Cómo medir el contenido de fibras del HRFV fresco: Método de lavado.*

*Parte 3. Cómo medir el contenido de fibras del HRFV rociado.*

*Parte 4. Cómo medir la resistencia a la flexión: Método de ensayo de flexión simplificado.*

*Parte 5. Cómo medir la resistencia a la flexión: Método de ensayo de flexión completo.*

*Parte 6. Cómo determinar la absorción de agua por inmersión y la densidad seca.*

*Parte 7. Cómo medir extremos de variaciones dimensionales debidas al contenido de humedad.*

*Parte 8. Ensayo cíclico de envejecimiento a la intemperie*

**BS EN 14649: 2005** *Productos prefabricados de hormigón: Método de ensayo para la determinación de la resistencia remanente de las fibras de vidrio en el cemento y el hormigón (ENSAYO SIC).*

**BS EN 15422: 2008** *Productos prefabricados de hormigón: Especificaciones de fibras de vidrio para el refuerzo de morteros y hormigones.*

**BS EN 1169: 1999.** *Productos prefabricados de hormigón: Reglas generales para el control de la producción en fábricas de cemento reforzado con fibras de vidrio.*

## **EE. UU.**

### **Instituto del Hormigón Pretensado (Prestressed Concrete Institute/PCI) de EE. UU.**

**Tel.: +1 312 786 0300.**

**Sitio web: [www.pci.org](http://www.pci.org)**

*Método recomendado para paneles de hormigón reforzado con fibras de vidrio, 4.ª edición, 2001. Manual para el control de calidad de fábricas y la fabricación de productos de hormigón reforzado con fibras de vidrio, 1991.*

### **ACI 549.2R-04**

Productos cementosos reforzados de bajo espesor. Informe del Comité 549 de ACI  
ACI 549.XR. Premezcla de hormigón reforzado con fibras de vidrio Informe del Comité 549 de ACI

### **ASTM**

C948, Método de ensayo normalizado de la densidad aparente en mojado, absorción de agua y la porosidad aparente del hormigón reforzado con fibras de vidrio de bajo espesor.

C1229, Práctica normalizada para la preparación de cupones para ensayos de flexión y lavado del hormigón reforzado con fibras de vidrio.

C1229, Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de fibras de vidrio del hormigón reforzado con fibras de vidrio.

C1230, Método de ensayo normalizado para realizar ensayos de tracción de las zonas de conexión del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV).

C1560, Método de ensayo normalizado del envejecimiento acelerado por agua caliente del hormigón reforzado con fibras de vidrio.

## **AUSTRALIA**

### **Asociación Nacional Australiana del Hormigón Prefabricado / Grupo del sector del HRFV**

#### **(National Precast Concrete Association of Australia / GRC Industry Group)**

**Tel.: +61 (029890) 8853**

**Correo electrónico: [info@npcaa.com.au](mailto:info@npcaa.com.au)**

**Sitio web: [www.npcaa.com.au](http://www.npcaa.com.au)**

*Diseño, fabricación e instalación del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)*