

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
**CONSTRUCCIÓN PRESA Y OBRAS ANEXAS**

**CAPÍTULO 9**  
**HORMIGÓN PROYECTADO**

**TABLA DE CONTENIDO**

9.	HORMIGÓN PROYECTADO .....	2
9.1	GENERALIDADES .....	2
9.2	HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO SECO .....	2
9.2.1	Especificaciones .....	3
9.2.2	Proporciones .....	5
9.2.3	Dispositivos para dosificación y mezcla .....	5
9.2.4	Equipo .....	6
9.3	HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO HÚMEDO .....	7
9.3.1	Especificaciones .....	7
9.4	HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO HÚMEDO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO .....	7
9.4.1	Generalidades .....	7
9.4.2	Especificaciones .....	8
9.4.3	Proporciones .....	10
9.4.4	Dispositivos para dosificación y mezcla .....	10
9.4.5	Equipo .....	11
9.5	PREPARACION DE LAS SUPERFICIES .....	11
9.5.1	Limpieza .....	11
9.5.2	Calibradores para medir el espesor .....	11
9.5.3	Perforaciones de control .....	11
9.5.4	Aplicación .....	12
9.6	HORMIGÓN PROYECTADO EN SUPERFICIES DE EXCAVACIÓN EN CORTE ABIERTO O SUPERFICIES NATURALES .....	13
9.7	HORMIGÓN PROYECTADO EN LA FUNDACION DE LA PRESA .....	14
9.8	HORMIGÓN PROYECTADO EN EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS .....	14
9.9	HORMIGÓN PROYECTADO DAÑADO O DEFECTUOSO .....	14
9.10	ENSAYOS .....	15
9.10.1	Generalidades .....	15
9.10.2	Ensayos previos a la aplicación de hormigón proyectado .....	16
9.10.3	Pruebas durante la construcción .....	19
9.11	AUMENTO DE ESPESORES POR BAJA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA O POR BAJOS CONTENIDOS DE FIBRA .....	20
9.12	SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	22
9.13	MEDIDA Y PAGO .....	22
9.13.1	Generalidades .....	22
9.13.2	Trabajos que tendrán medida y pago por separado .....	23
9.13.3	Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado .....	23
9.13.4	Requisitos para la medida y pago .....	24
9.13.5	Medida .....	25
9.13.6	Pago .....	25
9.14	ÍTEMS DE PAGO .....	25

## 9. HORMIGÓN PROYECTADO

### 9.1 GENERALIDADES

Este capítulo se relaciona con los requisitos que se deben cumplir para la elaboración y aplicación del hormigón proyectado, preparado por método seco o húmedo que sea necesario para la obra, y establece los procedimientos para medida y pago de la parte de la obra relacionada con la aplicación de hormigón proyectado, la cual incluye:

- Hormigón proyectado para el soporte de excavaciones subterráneas.
- Hormigón proyectado para la protección y/o soporte de superficies de las excavaciones en corte abierto o superficies naturales y fundación de la presa o donde LA SUPERVISIÓN lo requiera.

Para el propósito de la obra, el hormigón proyectado preparado por el método seco, se define como una mezcla de cemento, agregados grueso y fino y un aditivo acelerante, cuando sea necesario, conducida a través de una manguera y proyectada neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, agregando el agua en la boquilla. Este hormigón se aplicará sobre malla electrosoldada de refuerzo y tendrá lagrimales donde se muestre en los planos o cuando así lo indique LA SUPERVISIÓN.

El hormigón proyectado preparado por el método húmedo, reforzado o no con fibra de acero, se define como la mezcla del cemento, agregados grueso y fino, agua, aditivos y fibra de acero, cuando LA SUPERVISIÓN lo indique o apruebe, preparada en una planta dosificadora con anterioridad a la conducción y aplicación de la mezcla mediante la máquina impulsora. El hormigón proyectado preparado por el método húmedo contará, al igual que el preparado por el método seco, con lagrimales donde se muestre en los planos o cuando así lo indique LA SUPERVISIÓN.

En la excavación subterránea en terreno tipo I no se requerirá el uso de malla electrosoldada ni de fibra de acero con el hormigón proyectado, a menos que LA SUPERVISIÓN así lo indique. En los demás tipos de terreno el hormigón proyectado se colocará sobre malla electrosoldada o llevará incorporado la fibra de acero.

Tanto el hormigón proyectado preparado por el método seco como el preparado por el método húmedo, se tratarán detalladamente y aparte en este capítulo.

El Contratista podrá proponer, para aprobación de LA SUPERVISIÓN, la utilización en la obra de cualquiera de los dos métodos seco y húmedo y su aprobación y utilización en la obra no será motivo de reclamos de cualquier índole.

La escogencia de hormigón proyectado preparado por el método seco colocado sobre malla electrosoldada y hormigón proyectado preparado por el método húmedo reforzado con fibra de acero, no podrá en ningún caso representar para LA SUPERVISIÓN mayores costos en el soporte de las excavaciones subterráneas o en corte abierto.

En ningún caso se permitirá la aplicación de hormigón proyectado, preparado por cualquier método, hasta tanto se haya verificado por parte de LA SUPERVISIÓN que se cumplen con las resistencias especificadas en este capítulo, en especial las resistencias tempranas.

No habrá distinción en el pago del hormigón proyectado preparado por el método seco o húmedo. Tanto para las excavaciones subterráneas como para las excavaciones en corte abierto se pagará el volumen de hormigón proyectado por m<sup>3</sup> teórico colocado. El costo unitario del hormigón proyectado incluirá además del hormigón proyectado, los aditivos de cualquier tipo que se requieran, los cuales no tendrán medida ni pago por separado.

### 9.2 HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO SECO

Esta sección incluye los requisitos que se deben cumplir para la elaboración y aplicación del hormigón proyectado preparado por el método seco que sea necesario para la obra, en los siguientes sectores:

- Hormigón proyectado para el soporte de excavaciones subterráneas.

- Hormigón proyectado para la protección y/o soporte de superficies de las excavaciones en corte abierto o superficies naturales y fundación de la presa donde LA SUPERVISIÓN lo requiera.

### 9.2.1 Especificaciones

#### 9.2.1.1 Materiales

##### *Cemento*

El cemento para el hormigón proyectado deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos para el cemento Portland Tipo I en el Capítulo 11 – Hormigón convencional -. No se permitirá utilizar cemento para las mezclas que tenga temperaturas superiores a 50 C durante la colocación, ni a 70 C en los silos de almacenamiento.

##### *Agregados*

Los agregados para el hormigón proyectado, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capítulo 11 - Hormigón convencional -.

En el Cuadro 9.1 se especifican los límites de granulometría del conjunto de agregados gruesos y finos, que deberán tener un tamaño máximo nominal de 12,7 mm. Los agregados combinados deberán ser bien gradados y estar completamente dentro de tales límites. Por ningún motivo se aceptará un conjunto de agregados que no cumpla con los límites establecidos y principalmente que presente tamaños mayores que los especificados en el Cuadro 9.1, o que tenga un contenido de finos (material que pase tamices Nos. 100 y 200) mayores que los especificados.

**CUADRO 9.1**

#### **GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS**

Tamaño del tamiz U.S. estándar malla cuadrada	Porcentaje que pasa en peso
3/4" (19,1 mm)	100
1/2" (12,7 mm)	80 – 95
3/8" (9,5 mm)	70 – 90
Nº 4	50 – 74
Nº 8	35 – 55
Nº 16	20 – 40
Nº 30	10 – 30
Nº 50	5 – 17
Nº 100	2 – 10
Nº 200	0 – 5

La granulometría real de los agregados para mezclas con tamaños nominales menores de 12,7 mm deberá ser ajustada por El Contratista a los límites establecidos y sometida oportunamente a aprobación de LA SUPERVISIÓN.

*Aditivos*

Para el hormigón proyectado, se deberá utilizar un aditivo, en polvo o líquido, acelerante de fraguado, aprobado por LA SUPERVISIÓN, para obtener altas resistencias en corto tiempo de acuerdo con lo especificado en el Cuadro 9.2. En el mismo cuadro se indican los tiempos máximos de fraguado inicial y final de la mezcla cemento-aditivo.

**CUADRO 9.2****TIEMPOS DE FRAGUADO Y RESISTENCIA A LAS OCHO HORAS**

Tiempo máximo para el fraguado inicial	3 minutos
Tiempo máximo para el fraguado final	40 minutos
Resistencia mínima a la compresión inconfiada a las ocho horas, determinada sobre probetas cúbicas con aristas de 75 mm	4,0 MPa

El tiempo de fraguado deberá determinarse de acuerdo con la última versión de la Norma ASTM-C-191 modificada como se indica a continuación: el acelerante deberá mezclarse con 500 gramos de cemento en lugar de 650 gramos; la pasta se deberá preparar agregando agua de tal forma que la relación agua-cemento sea igual a 0,4. En esta operación deberá utilizarse el menor tiempo posible para obtener una mezcla apropiada sin alterar el fraguado inicial de la pasta.

La resistencia a la compresión del mortero deberá ser determinada de acuerdo con la última versión de la Norma ASTM-C-109, excepto que el acelerante deberá agregarse a un mortero, preparado con una relación agua-cemento igual a 0,4, en el porcentaje que se espera utilizar en la mezcla de hormigón proyectado. Para poder lograr el molde de las muestras antes de que ocurra el fraguado inicial de la mezcla, los intervalos de tiempo fijados por la norma anterior no tendrán que cumplirse.

Los aditivos no deberán causar corrosión al acero o malla de refuerzo ni deberán ocasionar otros efectos indeseables tales como descascaramiento o agrietamiento del hormigón. Las cantidades y tipos de aditivos que se empleen deberán ser tales que la resistencia final del hormigón sea siempre igual o mayor que la resistencia mínima a la compresión inconfiada a los 28 días de edad, especificada en el numeral 9.2.2.

Para el caso de los aditivos en polvo éstos deberán ser suministrados en bolsas a prueba de humedad y transportarse, manejarse y almacenarse de tal manera que se evite la absorción de humedad por el material o que éste se deteriore o se pierda. El material que se haya aglutinado debido a la humedad u otra causa será rechazado. Los aditivos líquidos acelerantes de fraguado deberán almacenarse de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

LA SUPERVISIÓN podrá considerar la reducción de los aditivos acelerantes para los hormigones lanzados en las excavaciones subterráneas en las capas que no se colocan al avance de la excavación, según lo establecido en el Capítulo 4 – Excavaciones subterráneas –, para los diferentes tipos de soporte. La reducción de los aditivos podrá ser aprobada por LA SUPERVISIÓN siempre que se cumpla con la resistencia establecida a los 28 días para el hormigón proyectado y no se requiera obtener resistencias tempranas en estas capas para la estabilidad de la excavación.

El Contratista podrá proponer para aprobación por parte de LA SUPERVISIÓN, el uso de aditivos adicionales a los acelerantes de fraguado. Los aditivos de cualquier clase, incluyendo los acelerantes, no tendrán pago por separado. El Contratista deberá incluir su costo en los ítems de pago correspondientes a hormigón proyectado de la Lista de cantidades y precios del contrato.

### *Agua*

El agua para el hormigón proyectado deberá cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 11 -Hormigón convencional -.

### *Malla de refuerzo*

La malla de refuerzo para hormigón proyectado deberá cumplir con todos los requisitos establecidos en el Capítulo 13 - Acero de refuerzo - . La malla tendrá medida y pago por separado.

## **9.2.2 Proporciones**

Las proporciones de los materiales para el hormigón proyectado deberán ser determinadas por El Contratista y sometidas a la aprobación de LA SUPERVISIÓN, pero dicha aprobación no relevará al Contratista en forma alguna de su responsabilidad de producir un hormigón proyectado de la calidad especificada, con resistencia mínima a la compresión confinada de 26 MPa a los 28 días, determinada en probetas cilíndricas que tengan una relación diámetro-altura de 0,5. La relación aproximada de cemento-agregados deberá ser de 1:4 a 1:4,5 con base en el peso seco para agregados que tengan una gravedad específica de  $2,7 \pm 0,05$ . Si la gravedad específica de los agregados está fuera de estos límites se deberán efectuar los ajustes necesarios en la relación cemento- agregados.

La relación agua-cemento deberá estar siempre dentro de los límites 0,3 a 0,5 dependiendo del tamaño, gradación y calidad de los agregados usados.

Las proporciones del aditivo acelerante serán las que apruebe LA SUPERVISIÓN. Estas proporciones se determinarán mediante la ejecución de los ensayos de paneles, indicados en el numeral 9.10.2.3 para diferentes porcentajes de aditivo. Estos mismos ensayos servirán para establecer el porcentaje óptimo de aditivo a fin de obtener las resistencias inicial y final especificadas.

## **9.2.3 Dispositivos para dosificación y mezcla**

Las operaciones de dosificación y mezclado de los agregados y el cemento se deberán efectuar mediante el empleo de una planta de mezcla y de dispositivos de dosificación adecuados y aprobados por LA SUPERVISIÓN. La proporción de agregados y cemento se deberá establecer con base en el peso de los ingredientes. La planta de mezcla y los dispositivos de dosificación deberán cumplir con todos los requisitos establecidos para tal fin en el Capítulo 11.

Los agregados y el cemento deberán mezclarse de tal forma que no se presente segregación, antes de que se depositen en la máquina eyectora. El contenido de humedad del agregado en el momento de la operación de mezclado deberá estar entre el 3% y el 6% con respecto al peso del agregado secado al horno a una temperatura de 110° C .

El material ya mezclado deberá utilizarse dentro de un tiempo máximo de 60 minutos o de lo contrario se desechará sin pago alguno, excepto cuando dicho tiempo sea prorrogado a criterio de LA SUPERVISIÓN, si considera que las condiciones de trabajo son tales que se puedan obtener resultados satisfactorios de acuerdo con lo estipulado.

El aditivo acelerante se deberá añadir inmediatamente antes de depositar los materiales en la máquina eyectora. Se deberán proveer además los medios y elementos necesarios para dosificar exactamente en peso y en forma completa el aditivo seco o líquido con los demás ingredientes. No se aceptará bajo ninguna circunstancia la dosificación manual, en cuyo caso se suspenderán las actividades de lanzado, hasta que El Contratista utilice un dosificador mecánico apropiado.

#### 9.2.4 Equipo

El equipo para aplicación de hormigón proyectado, por el método seco, deberá consistir en una boquilla apta para la expulsión de agregados, cemento, aditivo y agua en una mezcla íntima; con mangueras separadas para conducir la mezcla seca de agregados, cemento y aditivo, en caso de ser polvo, y el agua y el aditivo líquido a la boquilla; una máquina impulsora adecuada para introducir la mezcla seca de agregados, cemento y aditivo a la manguera de conducción, a la presión neumática que se especifica más adelante, y sistemas para suministro de aire comprimido y de agua a presión. El equipo deberá ser capaz de manejar y aplicar mezclas que contengan agregados con tamaño máximo hasta de 28,6 mm (1 1/8").

El sistema de agua podrá consistir en un recipiente portátil y en una bomba que sean capaces de suministrar el caudal de agua requerido, con el aditivo líquido en caso de ser la opción utilizada, en forma continua y a presiones hasta de 0,6 MPa, a través de una válvula reguladora que pueda ser accionada en forma fácil y precisa por el operario de la boquilla.

El sistema de suministro de aire comprimido deberá tener capacidad suficiente para el suministro continuo de aire a la máquina impulsora y a la manguera de conducción de la mezcla de agregados, cemento y aditivo, a las presiones y volúmenes que recomiende el fabricante de la máquina impulsora. No se permitirán equipos que suministren aire comprimido contaminado.

La máquina impulsora deberá tener capacidad suficiente para suministrar materiales secos a la manguera de conducción y a la boquilla, a una tasa uniforme y con una velocidad tal que la aplicación del material sobre la superficie que se va a revestir se realice con un mínimo de rebote y un máximo de adherencia y densidad.

El sistema completo deberá estar montado de tal manera que el operador de la boquilla pueda utilizar agua y aire en cualquier combinación, bien sea para preparar las superficies antes de iniciar la aplicación de hormigón proyectado o para limpiar el trabajo terminado. Se deberá disponer además de una manguera adicional para remover, utilizando aire a presión, el polvo y material de rebote, generado durante la aplicación del hormigón proyectado.

Se deberán proveer plataformas de trabajo o andamios que permitan aplicar hormigón proyectado desde una distancia a partir de la boquilla de aproximadamente 1 m a la superficie que se va a recubrir.

El equipo completo para mezclar y aplicar hormigón proyectado en trabajos subterráneos deberá ser lo suficientemente compacto para que pueda movilizarse rápidamente hacia el frente de excavación después de una voladura o cuando se requiera y cumplir con lo que se especifica en el Capítulo 4 -Excavaciones subterráneas -, sobre simultaneidad de las operaciones de excavación y colocación de soportes.

Se deberán proveer manómetros para controlar las presiones de aire y de agua, de tal manera que durante la aplicación del hormigón proyectado, se cumplan los valores aprobados. Por ningún motivo se permitirá el empleo de equipos que no dispongan de manómetros que estén funcionando correctamente o no tengan la capacidad para registrar las presiones de trabajo. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensión de plazo o compensación de cualquier otra índole, por atrasos ocasionados en la aplicación de hormigón proyectado por no disponer de manómetros y demás equipos en perfectas condiciones de funcionamiento.

El Contratista podrá proponer, para aprobación de LA SUPERVISIÓN, además de los sistemas convencionales de lanzado, la utilización de "robots" o cualquier sistema similar para la colocación del hormigón proyectado. El Contratista podrá utilizar estos " robots ", o sistemas similares para la aplicación del hormigón proyectado siempre y cuando demuestre que su utilización garantiza todos los requisitos especificados en este capítulo respecto a la aplicación del hormigón proyectado, la dosificación de los aditivos, el control de las presiones de agua y aire, las resistencias tempranas y a 28 días y en general todos los demás requisitos que garanticen la aplicación correcta del hormigón proyectado. El Contratista no tendrá ningún tipo de reconocimiento adicional de cualquier índole por la aprobación de este tipo de equipo para el lanzado.

### 9.3 HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO HÚMEDO

El hormigón proyectado preparado por el método húmedo es una técnica en la cual los agregados, el cemento y el agua son proyectados neumáticamente a alta velocidad desde una boquilla sobre la superficie a proteger. La mezcla de cemento, agregados y agua se lleva a cabo en una planta dosificadora con anterioridad a la conducción y aplicación de los mismos. El acelerante de fraguado se adiciona y se integra a la mezcla en la boquilla.

Esta sección incluye los requisitos que se deben cumplir para la elaboración y aplicación del hormigón proyectado preparado por el método húmedo que sea necesario para la obra. La aplicación del hormigón proyectado preparado por el método húmedo tiene el mismo alcance descrito en la sección 9.2.

#### 9.3.1 Especificaciones

##### 9.3.1.1 Materiales

###### *Cemento*

El cemento para el hormigón proyectado deberá cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 9.2.1.1.

###### *Agregados*

Los agregados para el hormigón proyectado deberán cumplir los requisitos establecidos en el numeral 9.2.1.1.

###### *Aditivos*

Se utilizará un aditivo acelerante de fraguado, aprobado por LA SUPERVISIÓN, para obtener altas resistencias en corto tiempo de acuerdo con lo establecido en el Cuadro 9.2. Los tiempos de fraguado inicial y final de la mezcla cemento-aditivo deberán ser los establecidos en dicho cuadro.

El tiempo de fraguado deberá determinarse de acuerdo con la Norma ASTM-C-191 y las modificaciones indicadas en el numeral 9.2.1.1.

La resistencia a la compresión deberá determinarse de acuerdo con la Norma ASTM-C-109 y las modificaciones indicadas en el numeral 9.2.1.1.

Todos los aditivos deberán cumplir con lo establecido en el numeral 9.2.1.1.

###### *Agua*

El agua para el hormigón proyectado deberá cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 11 – Hormigón convencional -.

### 9.4 HORMIGÓN PROYECTADO MÉTODO HÚMEDO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

#### 9.4.1 Generalidades

El hormigón proyectado mezcla húmeda reforzada con fibra de acero es un hormigón proyectado que contiene fibras de acero discontinuas, distribuidas aleatoriamente, con una concentración uniforme en toda la mezcla, que es neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie. La adición de la fibra de acero al hormigón proyectado permite mejorar las propiedades de ductilidad, tenacidad y resistencia a la flexión y no requiere la instalación de la malla electrosoldada de soporte.

## 9.4.2 Especificaciones

### 9.4.2.1 Materiales

#### *Cemento*

El cemento para el hormigón proyectado deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos para el cemento Portland Tipo I, en el Capítulo 11 – Cemento -.

#### *Agregados*

Los agregados para el hormigón proyectado deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capítulo 11 - Hormigón convencional -.

Para los agregados de la mezcla por el método húmedo se debe cumplir lo mencionado en el numeral 9.2.1.1; con un tamaño máximo nominal de 12,7 mm . La granulometría real de los agregados para mezclas con tamaños nominales menores de 12,7 mm deberá ser ajustada por El Contratista a los límites establecidos en éste capítulo y sometida oportunamente para aprobación de LA SUPERVISIÓN.

#### *Aditivos*

Se utilizará un aditivo acelerante de fraguado, líquido, aprobado por LA SUPERVISIÓN, en la cantidad óptima necesaria para obtener altas resistencias en corto tiempo de acuerdo con lo establecido en el Cuadro 9.2. Los tiempos de fraguado inicial y final de la mezcla cemento-aditivo deberán ser los establecidos en el Cuadro 9.2.

El porcentaje de aditivo acelerante de fraguado, suministrado a la mezcla de hormigón proyectado deberá garantizar además de las resistencias iniciales mencionadas, una resistencia a los 28 días de 26 MPa, determinada en probetas cilíndricas que tengan una relación diámetro-altura de 0,5.

En general, se requiere un mayor porcentaje de aditivo acelerante de fraguado para la mezcla de hormigón proyectado preparado por método húmedo que para el método seco.

No tendrán medida ni pago por separado los aditivos acelerantes de fraguado o de cualquier tipo que El Contratista proponga y LA SUPERVISIÓN apruebe. El Contratista deberá considerar sus costos en los ítems de pago de la Lista de cantidades y precios del contrato.

Los aditivos deberán almacenarse siguiendo las recomendaciones de los fabricantes.

#### *Aditivos adicionales*

La elaboración y colocación del hormigón proyectado preparado por el método húmedo reforzado con fibra de acero puede requerir el uso de aditivos adicionales al acelerante de fraguado, tales como plastificantes o retardantes de fraguado así como aditivos para mejorar la adherencia del hormigón reduciendo el rebote.

En caso de requerirse el uso de estos aditivos, deberán ser previamente aprobados por LA SUPERVISIÓN y cumplir lo especificado en el numeral 9.2.1.1 en cuanto a las características y efectos sobre la malla, fibra o acero de refuerzo

Los aditivos adicionales que requiera El Contratista no tendrán pago por separado, como tampoco tendrá pago por separado el aditivo acelerante de fraguado para cualquier mezcla de hormigón proyectado.

#### *Agua*

El agua para el hormigón proyectado deberá cumplir con indicado en el numeral 9.2.1.1.

*Fibras de acero*

Las fibras conformadas por alambres de acero trefilado que se adicionen al hormigón proyectado deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La longitud de la fibra no deberá ser mayor que el 70% del diámetro de la manguera de lanzado y como mínimo 30 mm. Igualmente deberá ser como mínimo tres veces el tamaño máximo de agregado a utilizar en la mezcla y no exceder de 50 mm.
- El diámetro de la fibra deberá estar entre 0,25 mm y 0,76 mm.
- La relación longitud / diámetro deberá ser mayor a 50.
- Las fibras deberán ser fabricadas con acero al carbono de una resistencia última a la tracción no menor de 1000 MPa. Las fibras podrán tener los extremos doblados o preformados.
- Las fibras deberán ceñirse en un todo a lo establecido en la Norma ASTM A820 en su última versión.
- Las fibras no deberán disminuir la durabilidad y propiedades del hormigón proyectado a edad temprana ni a largo plazo.
- La cantidad de fibra de acero que se dosifique en la mezcla de hormigón proyectado deberá establecerse mediante ensayos previos de campo y laboratorio tal como se indica más adelante.
- Las fibras de acero deberán almacenarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, manteniéndolas siempre en condición seca. Las fibras deberán estar libres de corrosión, aceite, polvo, humedad y cualquier otro material deletéreo que pueda afectar el proceso de elaboración de la mezcla y/o la calidad del hormigón proyectado.
- La cantidad de fibra de acero en la mezcla de hormigón proyectado deberá satisfacer los requerimientos de absorción de energía y resistencia residual, mencionados en el numeral 9.10.2.4
- Las fibras individuales deberán distribuirse en forma aleatoria y con una concentración uniforme en toda la mezcla y no deben presentar la tendencia a formar acumulaciones o apelmazamientos.

La cantidad de fibra de acero por m<sup>3</sup> de hormigón proyectado preparado por el método húmedo, será aprobada por LA SUPERVISIÓN con base en los resultados de los ensayos previos. Las fibras de acero tendrán medida y pago por separado, según lo especificado en el numeral 9.13.2, si LA SUPERVISIÓN aprueba el uso del hormigón proyectado preparado por vía húmeda reforzado con fibras de acero.

LA SUPERVISIÓN no aceptará mayores costos por la escogencia entre el hormigón proyectado preparado por el método seco colocado sobre malla electrosoldada y el hormigón proyectado preparado por el método húmedo reforzado con fibra.

Lo anterior implica que no habrá distinción entre el pago del hormigón proyectado, preparado por cualquier método, el cual se pagará por volumen en m<sup>3</sup> teórico colocado en las excavaciones. Para la malla electrosoldada que va con el hormigón proyectado preparado por el método seco, se reconocerá para pago el área soportada en m<sup>2</sup>, en corte subterráneo o abierto y para la fibra de acero utilizada con el hormigón preparado por el método húmedo se reconocerá para el pago bajo el ítem de malla electrosoldada el área en m<sup>2</sup> sobre la que se lance el hormigón preparado por el método húmedo. La cantidad de fibra en Kg por m<sup>3</sup> que se coloque será la que se determine en los ensayos previos especificados en el numeral 9.10.2. El espesor del hormigón proyectado será el establecido en los planos de construcción o indique LA SUPERVISIÓN. No habrá reducción de los espesores de hormigón proyectado por la adopción de uno de los dos métodos de preparación de hormigón proyectado.

### 9.4.3 Proporciones

Las proporciones agua/cemento de las mezclas de hormigón proyectado y la relación cemento agregado deberán cumplir lo especificado en el numeral 9.2.2. Sin embargo, la relación agua-cemento deberá estar siempre dentro de los límites 0,40 a 0,55 dependiendo del tamaño, gradación y calidad de los agregados usados. El asentamiento de la mezcla sin fibra inmediatamente antes del lanzado deberá estar entre 1½ y 3 pulgadas.

La cantidad en kilogramos de fibra de acero a adicionar por m<sup>3</sup> de mezcla de hormigón deberá ser establecida mediante los ensayos de campo previstos el numeral 9.10.2, de tal forma que las mezclas finales cumplan con las propiedades establecidas en éstas especificaciones para la densidad, resistencia a la compresión uniaxial, tenacidad y resistencia a la flexión del hormigón proyectado.

Las proporciones del aditivo acelerante serán las que apruebe LA SUPERVISIÓN. Estas proporciones se establecerán mediante la ejecución de ensayos sobre paneles, indicados en el numeral 9.10.2.4 para diferentes porcentajes de aditivos, y deberán cumplir los requisitos de resistencia temprana y final especificados para el hormigón proyectado.

### 9.4.4 Dispositivos para dosificación y mezcla

La operación de dosificación y mezclado del agua, los agregados y el cemento se deberá efectuar mediante el empleo de una planta de mezcla y de dispositivos de dosificación adecuados y aprobados por LA SUPERVISIÓN. La proporción de agregados y cemento se deberá establecer con base en el peso de los ingredientes. La planta de mezcla y los dispositivos de dosificación deberán cumplir con todos los requisitos establecidos para tal fin en el Capítulo 11 - Hormigón convencional - y en el numeral 9.2.3.

Los agregados, el cemento y el agua deberán mezclarse de tal forma que no se presente segregación antes de que se depositen en la máquina eyectora. La cantidad de agua de diseño de la mezcla deberá corregirse según el contenido de humedad de los agregados a utilizar.

El material ya mezclado deberá utilizarse dentro de un tiempo máximo de 60 minutos o de lo contrario se desechará sin pago alguno, excepto cuando dicho tiempo sea prorrogado a criterio de LA SUPERVISIÓN si se considera que las condiciones de trabajo son tales que se puedan obtener resultados satisfactorios y de acuerdo con lo estipulado en estas especificaciones. LA SUPERVISIÓN podrá aprobar el uso de mezclas de mayor edad cuando El Contratista demuestre que con el uso de aditivos tales como retardantes, plastificantes o cualquier otro tipo de aditivo se logre mantener la mezcla en condiciones de bombeo para su lanzado sin que se afecten las resistencias tempranas y finales indicadas en las especificaciones.

El aditivo acelerante líquido se deberá añadir directamente en la boquilla mediante un sistema mecánico o de impulsión lanzado, que permita una dosificación exacta del aditivo de acuerdo con el flujo de mezcla que se esté proyectando en cada momento por la boquilla.

La fibra de acero deberá dosificarse por peso durante el pesaje de los componentes o durante el mezclado del hormigón. En el caso de dosificarse por bolsas de un peso determinado, éste deberá ser certificado por el fabricante de la fibra, y comprobado periódicamente por LA SUPERVISIÓN. La cantidad de fibra adicionada a la mezcla no podrá tener una variación superior al  $\pm 3\%$  del peso de fibra establecido en el diseño de la mezcla. El Contratista previamente al inicio de la aplicación del hormigón proyectado método húmedo reforzado con fibra de acero en la obra, deberá demostrar mediante pruebas de campo la adecuada dosificación y mezclado de la fibra de acero con el hormigón proyectado.

Para el mezclado El Contratista deberá contar con equipos que garanticen una separación completa en fibras individuales cuando éstas se suministren en paquetes adheridas entre sí, igualmente se deberá garantizar la distribución uniforme de las fibras individuales en el hormigón y que no se presente acumulación o aglutinamiento de las fibras.

#### 9.4.5 Equipo

El equipo requerido para la aplicación del hormigón proyectado preparado por método húmedo y reforzado con fibra de acero podrá ser similar al utilizado para la colocación del hormigón proyectado preparado por el método seco pero deberá cumplir en general con lo establecido en el numeral 9.2.4. Además, deberá garantizar el bombeo de la mezcla preparada hasta la boquilla en un flujo denso y continuo para asegurar la colocación uniforme del hormigón. Para el caso en que se requiera, deberá contar con dispositivos que permitan añadir en la boquilla en cantidades exactas los aditivos y el aire para la proyección de la mezcla.

### 9.5 PREPARACION DE LAS SUPERFICIES

#### 9.5.1 Limpieza

Todas las superficies, ya sean de roca descubierta o previamente revestidas con hormigón proyectado, que hayan de recibir hormigón proyectado, se deberán limpiar de material suelto o flojo, polvo, barro o cualquiera otra materia objetable. La limpieza se deberá hacer con chorros de aire y agua a presión no menor de 0,5 MPa o por cualquier otro método aprobado por LA SUPERVISIÓN y que muestre que es igualmente eficaz.

Las operaciones de limpieza se deberán llevar a cabo de tal manera que se evite aflojar, agrietar o fragmentar la superficie que va a recibir hormigón proyectado.

Cualquier material de la superficie que en opinión de LA SUPERVISIÓN esté flojo o deteriorado, se deberá remover hasta una profundidad que permita encontrar una base lo suficientemente firme como para recibir el hormigón proyectado. Las superficies se deberán mantener humedecidas desde el momento en que se termine la limpieza hasta cuando se aplique el hormigón proyectado.

#### 9.5.2 Calibradores para medir el espesor

Antes de aplicar el hormigón proyectado, El Contratista deberá suministrar e instalar en las superficies que van a recibirlo, varillas de calibración aprobadas por LA SUPERVISIÓN, con el fin de medir el espesor de las capas de hormigón proyectado. Estas varillas deberán instalarse de tal manera que haya por lo menos una varilla de calibración por cada 0,5 m<sup>2</sup> de superficie preparada y aprobada para recibir el hormigón proyectado, distribuidas según el patrón indicado por LA SUPERVISIÓN. Este espaciamiento se podrá reducir si, a juicio de LA SUPERVISIÓN, se requieren más calibradores para asegurar espesores uniformes. Estas varillas de calibración deberán tener un diámetro mínimo de 4,0 mm.

Su longitud será establecida por LA SUPERVISIÓN para las diferentes excavaciones, dependiendo del espesor de hormigón proyectado que se requiera.

#### 9.5.3 Perforaciones de control

Cuando El Contratista complete la aplicación de hormigón proyectado en un sector determinado, deberá ejecutar perforaciones de control de 38 mm de diámetro mínimo a través del hormigón proyectado en los sitios que ordene LA SUPERVISIÓN, con el objeto de hacer una comprobación adicional de los espesores colocados. La frecuencia con la cual se deben hacer estas perforaciones de control será como mínimo de un grupo de cinco por cada 100 m<sup>2</sup> de área soportada en corte abierto o excavación subterránea.

En el caso de que en tres o más de estas perforaciones se encuentre que el espesor de hormigón proyectado es menor que el especificado u ordenado, el sector muestreado no será considerado para medida y pago hasta que El Contratista aplique el espesor faltante a satisfacción de LA SUPERVISIÓN. En este caso El Contratista deberá ejecutar otras cinco perforaciones de control como lo ordene LA SUPERVISIÓN; si aún así se encuentran espesores faltantes se deberá repetir el proceso anterior cuantas veces sea necesario hasta que se compruebe que los espesores de hormigón proyectado cumplen con lo establecido en las especificaciones, mostrado en los planos o indicado por LA SUPERVISIÓN.

Además, si en una zona lanzada y aceptada para pago, se encuentra que el espesor del hormigón proyectado es menor que el especificado u ordenado, El Contratista deberá aplicar el espesor faltante y realizar nuevas perforaciones de control, de acuerdo con esta especificación, para lograr la aceptación final.

#### **9.5.4 Aplicación**

##### **9.5.4.1 Mano de obra**

El hormigón proyectado con la mezcla aprobada se deberá aplicar en forma circular hasta obtener el espesor requerido en la respectiva capa. Los operarios de la boquilla de riego deberán tener amplia experiencia en la aplicación de hormigón proyectado con cualquier método, o deberán trabajar bajo la inmediata supervisión de un capataz o instructor experimentado en esta clase de trabajos. Cada cuadrilla de trabajo deberá demostrar, a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, que tiene habilidad en la aplicación de hormigón proyectado sobre paneles de prueba verticales, de techo y horizontales antes de empezar el trabajo de aplicación de hormigón proyectado en la obra. LA SUPERVISIÓN podrá exigir en cualquier momento el retiro y reemplazo de cualquier operario que demuestre incompetencia para este trabajo.

Tal como se especificó anteriormente, El Contratista sólo podrá iniciar la aplicación de hormigón proyectado en la obra, hasta que hayan realizado las pruebas que permitan demostrar que dispone de personal con amplia experiencia en la realización de estas actividades.

El Contratista podrá utilizar " robots " para la aplicación del hormigón proyectado siempre y cuando demuestre que su utilización garantiza todos los requisitos especificados en este capítulo. Su utilización, previa aprobación por parte de LA SUPERVISIÓN, no exime al Contratista de su responsabilidad en su operación y no podrá presentar reclamos de ninguna índole por su uso.

El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensión de plazo ni a compensación de ninguna índole, por razón de las demoras que pueda tener para dar cumplimiento a lo especificado anteriormente, en relación con la experiencia del personal.

##### **9.5.4.2 Manejo de agua**

Los flujos e infiltraciones de +/- deberá coleccionar el agua por medio de elementos embebidos en el hormigón como tubos, mangueras, ranuras, o por cualquier otro método apropiado que haya sido aprobado por LA SUPERVISIÓN. En algunos casos, si la superficie sobre la cual se va a aplicar hormigón proyectado está completamente saturada, se deberán realizar perforaciones cortas, separadas a poca distancia, con el objeto de coleccionar las aguas de infiltración antes de aplicar el hormigón proyectado. Estas perforaciones no se calificarán ni como hueco de drenaje ni como lagrimales. No se hará ningún pago por separado por este trabajo y su costo deberá estar incluido dentro de los ítems de pago correspondientes al hormigón proyectado.

##### **9.5.4.3 Remoción y disposición del rebote**

El Contratista deberá remover de las áreas de trabajo todo el material de rebote del hormigón proyectado de tal manera que no haya acumulación del mismo. El material de rebote se deberá transportar a las zonas de depósito que se muestran en los planos, o a los sitios indicados por LA SUPERVISIÓN. Bajo ninguna circunstancia se permitirá la reutilización del material de rebote.

Para el hormigón proyectado reforzado con fibra de acero, adicionalmente a lo citado, se deberá considerar que el rebote de la fibra deberá ser el mínimo posible, de tal forma que en todos los casos el contenido de fibra de acero en el hormigón proyectado colocado sea superior al mínimo establecido en los ensayos de prueba. Para reducir el rebote, El Contratista deberá tener en cuenta el uso de microsíllica o ceniza volante cumpliendo en un

todo con las resistencias especificadas, para lo cual deberá presentar con anticipación para aprobación de LAS EMPRESAS el uso de este tipo de aditivos.

#### 9.5.4.4 Curado

El hormigón proyectado que haya endurecido lo suficiente, especialmente el que haya sido aplicado en superficies de excavación en corte abierto, se deberá curar siguiendo las especificaciones establecidas en el Capítulo 11 - Hormigón convencional -, referente al curado del hormigón convencional. No se requerirá curado del hormigón proyectado aplicado a excavaciones subterráneas si se mantiene una humedad relativa mínima del 85% en la zona de aplicación durante un mínimo de 14 días a partir de la fecha de aplicación.

### 9.6 HORMIGÓN PROYECTADO EN SUPERFICIES DE EXCAVACIÓN EN CORTE ABIERTO O SUPERFICIES NATURALES

Siempre que lo requiera LA SUPERVISIÓN, El Contratista deberá aplicar hormigón proyectado sobre las superficies de las excavaciones en corte abierto o superficies naturales, con el espesor indicado por LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los elementos que sean necesarios para lograr un drenaje adecuado de las superficies de excavación en corte abierto que se hayan cubierto con hormigón proyectado.

Tales elementos deberán consistir en tubos de hierro galvanizado de diámetro no menor de 4,0 cm, los cuales deben quedar empotrados dentro del terreno en una longitud no menor de 20 cm. LA SUPERVISIÓN establecerá si tales tubos deben instalarse con anterioridad a la aplicación del hormigón proyectado o si pueden colocarse después de aplicado el hormigón proyectado, para lo cual El Contratista deberá perforar lagrimales a través del hormigón proyectado, insertar el tubo de hierro galvanizado y sujetarlo firmemente al terreno y al hormigón proyectado mediante inyecciones o mediante cualquier otro procedimiento aprobado por LA SUPERVISIÓN. Si se instalan los tubos de hierro galvanizado con anterioridad a la aplicación del hormigón proyectado, El Contratista deberá proveer tales tubos con tapones temporales para asegurar que los tubos no se obstruyan total o parcialmente durante las operaciones de aplicación de hormigón proyectado. Tales tapones se deberán remover después de terminadas las operaciones de aplicación del hormigón proyectado.

Los tubos de hierro galvanizado deberán sobresalir de la superficie de hormigón proyectado en una longitud no menor de 15 cm. Los tubos de hierro galvanizado se deberán colocar de acuerdo con el patrón establecido por LA SUPERVISIÓN y a espaciamientos tales que haya por lo menos un tubo por cada 4,0 m<sup>2</sup> de superficie que se vaya a cubrir con hormigón proyectado. Estos espaciamientos se deberán reducir si a juicio de LA SUPERVISIÓN se requiere un mayor número de tubos para asegurar el drenaje adecuado de la superficie que se vaya a cubrir con hormigón proyectado.

En algunos casos se requerirá el uso de varillas de acero para obtener una unión adecuada entre el hormigón proyectado y la superficie. Siempre que se usen tales varillas, se deberá emplear también malla metálica. Las varillas deberán ser de un diámetro no menor de 25,4 mm y deberán cumplir con todos los requisitos especificados en el Capítulo 13 - Acero de refuerzo -. Las varillas deberán empotrarse dentro del terreno en una longitud no menor de 50 cm. Para tal fin, El Contratista deberá perforar huecos de un diámetro no menor de 5,0 cm, insertar las varillas y sujetarlas firmemente al terreno mediante mortero o inyecciones de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. Las varillas se deberán instalar de acuerdo con el patrón establecido por LA SUPERVISIÓN, pero en ningún caso los espaciamientos podrán ser mayores de 1,0 m. Para la colocación de las varillas y malla metálica, deberán instalarse primero las varillas, colocar después la malla metálica, asegurar la malla metálica a las varillas mediante soldadura o amarrándola firmemente con alambre y posteriormente proceder a aplicar el hormigón proyectado.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para no cubrir con hormigón proyectado o con material de rebote, cualquier parte de la obra que no se vaya a recubrir con hormigón proyectado.

### **9.7 HORMIGÓN PROYECTADO EN LA FUNDACION DE LA PRESA**

En general se ha previsto el uso de hormigón dental para el tratamiento de las fundaciones de la presa, para la regularización de las superficies de fundación. Sin embargo, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la colocación de hormigón proyectado en zonas localizadas en cualquier área de la fundación de la presa o sobre cualquier superficie natural según lo mostrado en los planos o de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN, para los casos específicos ya mencionados, o bien para cubrir íntegramente áreas de la fundación donde la roca presente tal grado de fracturación que en opinión de LA SUPERVISIÓN sea adecuada como fundación de la presa pero requiera ser cubierta con hormigón proyectado.

El hormigón proyectado deberá tener una gradación acorde con lo indicado en el numeral 9.2.1.1 y podrá no requerir aditivos, a menos que LA SUPERVISIÓN lo solicite específicamente. Si LA SUPERVISIÓN ordena la colocación de hormigón proyectado en la fundación de la presa éste se deberá aplicar con anterioridad a la iniciación de las actividades relacionadas con inyecciones superficiales, las cuales se especifican en el Capítulo 10 - Inyecciones a presión y huecos de drenaje -.

Todas las actividades relacionadas con la aplicación de hormigón proyectado en el área de fundación de la presa se deberán llevar a cabo en un todo de acuerdo con lo especificado en la Sección 9.5 para aplicación de hormigón proyectado en superficies excavadas en corte abierto excepto que no se requerirá dejar instalados tubos de hierro galvanizado para drenaje y tampoco se empleará malla metálica, ni fibra de acero en el caso de emplear hormigón proyectado preparado por el método húmedo.

### **9.8 HORMIGÓN PROYECTADO EN EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS**

El Contratista deberá usar hormigón proyectado como soporte de excavaciones subterráneas según se muestre en los planos o lo indique LA SUPERVISIÓN.

De acuerdo con las condiciones del terreno, el hormigón proyectado que se use como soporte deberá tener un espesor de 5,0 cm como mínimo y de 25 cm como máximo de acuerdo con lo mostrado en los planos.

Todas las actividades relacionadas con aplicación de hormigón proyectado en excavaciones subterráneas se deberán llevar a cabo en un todo de acuerdo con lo especificado en este capítulo y con lo estipulado en el Capítulo 4 - Excavaciones subterráneas -.

### **9.9 HORMIGÓN PROYECTADO DAÑADO O DEFECTUOSO**

Cuando así lo indique LA SUPERVISIÓN, el hormigón proyectado que no se adhiera a las superficies de roca o que se dañe en cualquier momento durante la ejecución de la obra, por cualquier causa y especialmente como resultado de empujes del terreno, deberá ser removido y reemplazado por El Contratista con hormigón proyectado nuevo de las mismas características y a entera satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

La demolición del hormigón proyectado agrietado se deberá hacer de tal manera que todos los cortes se hagan formando ángulos de 45 grados.

El pago por demoliciones de hormigón proyectado dañado por empujes del terreno que no hayan sido causados por procedimientos inadecuados del Contratista en la excavación y soporte, se hará a los precios unitarios del Ítem para excavación subterránea adicional o para excavación en corte abierto adicional, según sea el caso. El nuevo hormigón proyectado requerido se pagará de acuerdo con el Ítem para aplicación de hormigón proyectado en la parte de la obra correspondiente.

Cuando el hormigón proyectado previamente aplicado no cumpla con alguno de los requisitos especificados en este capítulo, o la resistencia a los 28 días de las muestras de prueba del hormigón proyectado endurecido, representativas del hormigón proyectado aplicado en cualquier parte de la obra sea menor que 26 MPa, determinada en probetas cilíndricas que tengan una relación diámetro-altura de 0,5, LA SUPERVISIÓN decidirá si dicho hormigón proyectado debe ser retirado y reemplazado por y a cuenta del Contratista, o aceptarlo,

ordenando espesores adicionales a costa del Contratista, como se especifica en la Sección 9.11.

No se permitirá por ninguna circunstancia efectuar reparaciones manuales en el hormigón proyectado. Tampoco se permitirá el aumento de espesor del hormigón proyectado de baja resistencia cuando dicho aumento de espesor ocasione una reducción inaceptable en el diámetro y por consiguiente en la capacidad de diseño hidráulico de las obras subterráneas. En tal caso, El Contratista deberá, a su costa, remover el hormigón de baja resistencia en un área previamente definida por LA SUPERVISIÓN y reemplazarlo por hormigón de resistencia adecuada, en un todo de acuerdo con lo especificado y a entera satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

Si la reducción en diámetro y capacidad hidráulica de las obras subterráneas se debe a empujes del terreno, El Contratista deberá remover el hormigón proyectado agrietado, reexcavar el conducto subterráneo hasta los límites originales de excavación o hasta donde lo indique LA SUPERVISIÓN y aplicará nuevamente hormigón proyectado, de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. La remoción del hormigón y la reexcavación del terreno hasta los límites indicados por LA SUPERVISIÓN, se pagarán de acuerdo con lo establecido en los Capítulos 2 y 4 para excavación adicional en corte abierto y subterráneo.

## 9.10 ENSAYOS

### 9.10.1 Generalidades

Se deberán ejecutar ensayos con una anterioridad mínima de 60 días, al comienzo de la aplicación de hormigón proyectado en la obra y durante la construcción, en un todo de acuerdo con lo especificado en esta sección y con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN.

Todos los ensayos previos a la aplicación del hormigón proyectado deberán llevarse a cabo con agregados elaborados en las plantas de trituración y mezcla que El Contratista usará para obtención de agregados durante la ejecución de la obra, con cemento y aditivos de los tipos y marcas que El Contratista se propone emplear durante la ejecución de la obra y con los equipos de dosificación de aditivo, suministro de aire comprimido y aplicación de hormigón proyectado que El Contratista se propone emplear durante la ejecución de la obra.

Si durante el desarrollo de los trabajos El Contratista cambia las fuentes de materiales, el tipo de cemento y aditivo y las instalaciones, equipos y procedimientos de aplicación de hormigón proyectado, o si se están obteniendo resultados que no cumplan con lo especificado en este capítulo, El Contratista deberá hacer todos los cambios de suministro de materiales, de instalación, equipos y procedimientos que le solicite LA SUPERVISIÓN y deberá realizar nuevos ensayos, previos a la aplicación del hormigón proyectado, de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN, hasta que se demuestre, a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, que El Contratista está en capacidad de elaborar y aplicar hormigón proyectado que cumpla con todos los requisitos establecidos en este capítulo. No habrá medida ni pago por el hormigón proyectado que El Contratista coloque en el frente o frentes de trabajo donde se estén obteniendo resultados que no cumplan con lo especificado en este capítulo.

No habrá medida ni pago por hormigón proyectado que El Contratista aplique en la obra con anterioridad a la ejecución de los ensayos previos a la aplicación de hormigón proyectado que se especifican en el numeral 9.10.2, o con anterioridad a la aprobación por escrito de LA SUPERVISIÓN de los materiales, instalaciones y equipo que El Contratista se proponga emplear durante la ejecución de la obra.

Tal aprobación estará sujeta a que los resultados de los ensayos previos a la aplicación de hormigón proyectado cumplan con lo establecido en estas especificaciones.

El Contratista no tendrá derecho a extensiones de plazo ni a compensación de cualquier otra índole por razón de las demoras o extracostos que pueda tener para cumplir con lo establecido en este numeral.

### 9.10.2 Ensayos previos a la aplicación de hormigón proyectado

Por lo menos con 60 días calendario de anterioridad a la iniciación de la aplicación de hormigón proyectado sobre cualquier superficie que forme parte permanente de la obra, El Contratista deberá suministrar muestras y ejecutar las pruebas o ensayos que se indican a continuación:

#### 9.10.2.1 Agregados

El Contratista deberá suministrar a LA SUPERVISIÓN por lo menos cinco muestras de los agregados que esté elaborando y que se proponga emplear en la elaboración de hormigón proyectado, para que LA SUPERVISIÓN verifique el cumplimiento de los requisitos granulométricos establecidos para los hormigones preparados por los métodos seco y húmedo, y los requisitos aplicables establecidos en el Capítulo 11 - Hormigón convencional -, para agregados. LA SUPERVISIÓN determinará los sitios de donde se deberán tomar las muestras y la cantidad requerida.

En caso de que una o más de las muestras no cumplan con los requisitos establecidos en este capítulo y en el Capítulo 11 – Hormigón convencional -, El Contratista deberá tomar cinco muestras adicionales, de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. Si una de estas muestras adicionales no cumple con las especificaciones, El Contratista deberá cambiar las fuentes de suministro o hacer las modificaciones a las plantas de trituración, dosificación y mezcla que sean necesarias para producir agregados que cumplan con las especificaciones.

#### 9.10.2.2 Cementos y aditivos

El Contratista deberá suministrar muestras del cemento y de los aditivos que se propone emplear para la obra, en las cantidades establecidas por LA SUPERVISIÓN, quien hará los ensayos necesarios para verificar que el cemento cumple con los requisitos establecidos en el Capítulo 11 – Cemento -, y determinar los tiempos de fraguado inicial y final y la resistencia a la compresión a las ocho horas de la mezcla cemento - aditivo, de acuerdo con lo especificado en el numeral 9.2.1.1 .

#### 9.10.2.3 Pruebas de las mezclas hormigón proyectado método seco

El Contratista deberá efectuar ensayos de mezclas por lo menos con 60 días calendario de anterioridad a la aplicación del hormigón proyectado en cualquier superficie que forme parte permanente de la obra. Las mezclas se deberán preparar con los mismos materiales y el mismo equipo de mezcla y colocación que El Contratista se propone emplear en la obra. No se podrán iniciar los ensayos de aplicación de hormigón proyectado hasta que El Contratista demuestre a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, que dispone de todos los equipos y accesorios necesarios para la correcta aplicación del hormigón proyectado, los cuales deberán estar y mantenerse en correcto estado de funcionamiento.

#### 9.10.2.4 Pruebas de resistencia a la compresión uniaxial

El Contratista deberá aplicar hormigón proyectado para cada una de las mezclas propuestas, por lo menos sobre dos paneles de madera colocados en posición vertical y dos paneles de madera colocados en posición horizontal para lanzado hacia arriba o hacia abajo. LA SUPERVISIÓN establecerá la forma y dimensiones de los paneles de madera.

El hormigón proyectado aplicado sobre los paneles de madera se deberá someter a curado de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN a quien le serán entregados los paneles de madera. De estos paneles se deberán cortar probetas cúbicas de aproximadamente 7,5 cm de lado para ensayos a las edades de 8 horas, 3 días y 28 días. El Contratista deberá suministrar un número suficiente de paneles para obtener un mínimo de diez probetas cúbicas para cada mezcla y para cada una de las edades establecidas anteriormente.

LA SUPERVISIÓN llevará a cabo ensayos de resistencia a la compresión inconfiada sobre estas probetas cúbicas.

Las mezclas del hormigón proyectado se deberán diseñar para obtener en los cubos de prueba resistencias a la compresión de 4,0 MPa a las 8 horas, 15,3 MPa a las 72 horas y 30,6 MPa a los 28 días de edad. Este criterio se basa en la resistencia a la compresión de 3,4 MPa a las 8 horas, de 13 MPa a las 72 horas y de 26 MPa a los 28 días de edad determinados según la ASTM para cilindros estándar teniendo en cuenta que la resistencia a la compresión del cilindro estándar equivale al 85% de la resistencia del cubo. Se deberá tener en cuenta que el criterio de resistencia para las mezclas de hormigón proyectado ensayadas se basará en que por lo menos un 80% de los ensayos de resistencia a la compresión deberán dar una resistencia igual o superior a la especificada, de acuerdo con el método de evaluación de resistencia del hormigón de la última versión del American Concrete Institute, ACI-214 R y ACI -506.

No se deberá aplicar en la obra ninguna mezcla de hormigón que no cumpla con estas especificaciones y hasta que las resistencias de compresión de la mezcla, según lo determinado sobre las muestras de las mezclas de ensayos, se ajusten a las especificaciones.

Las proporciones de los ingredientes, adoptadas para las mezclas de ensayo, deberán ser las mismas que se utilicen para el hormigón proyectado que se vaya a aplicar en la obra y no podrán variarse sin la aprobación previa de LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá efectuar pruebas semejantes a las descritas cuando se deseen cambiar las proporciones de los componentes del hormigón proyectado.

#### 9.10.2.5 Pruebas de las mezclas de hormigón proyectado método húmedo reforzado con fibra de acero

El Contratista deberá efectuar ensayos de mezclas de hormigón proyectado método húmedo reforzado con fibra de acero por lo menos con 60 días calendario de anterioridad a la aplicación del hormigón proyectado en cualquier superficie que forme parte permanente de la obra. Las mezclas se deberán preparar con los mismos materiales y el mismo equipo de mezcla y colocación que El Contratista se propone emplear en la obra. No se podrán iniciar los ensayos de aplicación de hormigón proyectado, preparado por el método húmedo hasta que El Contratista demuestre a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, que dispone de todos los equipos y accesorios necesarios para la correcta aplicación del hormigón proyectado, los cuales deberán estar y mantenerse en correcto estado de funcionamiento.

No se deberá aplicar en la obra ninguna mezcla de hormigón proyectado que no cumpla con estas especificaciones y hasta que las resistencias de compresión y la tenacidad de la mezcla, según lo determinado sobre las muestras de las mezclas de ensayo, se ajusten a las especificaciones. Las proporciones de los ingredientes, adoptadas para las mezclas de ensayo, deberán ser las mismas que se utilicen para el hormigón proyectado que se vaya a aplicar en la obra y no podrán variarse sin la aprobación previa de LA SUPERVISIÓN. El Contratista deberá efectuar pruebas semejantes a las descritas cuando se deseen cambiar las proporciones de los componentes del hormigón proyectado.

##### *Pruebas de resistencia a la compresión uniaxial*

El Contratista deberá cumplir con las condiciones mencionadas en el numeral 9.10.2.3 relacionado con la resistencia a la compresión confinada de la mezcla preparada por el método húmedo.

##### *Pruebas de tenacidad*

Las mezclas de prueba deberán proporcionar la cantidad suficiente de fibras de acero por m<sup>3</sup> de hormigón de tal forma que la energía absorbida sea como mínimo 1000 joules determinados en tres ensayos de prueba de acuerdo con la Norma " Energy Absortion Class-Plate Test" de la EFNARC. De cualquier forma en ningún caso se aceptarán cantidades de fibra inferiores a 30 kg/m<sup>3</sup> de hormigón proyectado colocado in situ.

*Contenido de fibra de acero en el hormigón proyectado aplicado*

Para determinar el contenido de fibra en el hormigón proyectado aplicado se deberán realizar para cada mezcla de prueba un mínimo de tres ensayos sobre muestras frescas o sobre núcleos de hormigón endurecido, según lo determine LA SUPERVISIÓN.

La determinación del contenido de fibra de acero será realizada por LA SUPERVISIÓN mediante alguno de los siguientes métodos, sobre muestras de hormigón proyectado aplicado fresco o sobre muestras de hormigón proyectado aplicado endurecido.

Para la determinación del contenido de fibra de acero en el hormigón proyectado aplicado fresco, se deberá tomar una muestra no menor de 5,0 kg de la superficie recién recubierta, con lavado previo del cemento por la malla # 200, antes que la mezcla haya endurecido. Una vez lavado el cemento, se extraen las partículas de fibra de acero con un imán. El contenido de fibra en el hormigón proyectado colocado se determinará como el resultado del producto de  $Fd$  y  $\rho$ , dividido por  $W$ , así:

$$S = \frac{(Fw)\rho}{W}$$

Donde:

$S$  = Contenido de fibra en el hormigón proyectado en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

$Fw$  = Peso en kg de las fibras contenidas en la muestra de hormigón fresco.

$\rho$  = Densidad en  $\text{kg}/\text{m}^3$  de la muestra de hormigón proyectado fresco.

$W$  = Peso de la muestra de hormigón proyectado en kg.

Para determinar el contenido de fibra de acero del hormigón proyectado endurecido se deberán tomar como mínimo tres núcleos de diámetro no menor de 60 mm de la superficie recubierta. En cada núcleo se determinará la densidad del hormigón. Posteriormente los núcleos se pulverizan suficientemente para extraer las fibras de acero contenidas en cada uno utilizando un imán. El contenido de fibra de acero del hormigón proyectado colocado se determinará como el producto de  $Fd$  por  $\rho d$  dividido por  $Wd$ , así:

$$Sd = \frac{(Fd)(\rho d)}{Wd}$$

Donde:

$Sd$  = Contenido promedio de fibra en los tres núcleos de hormigón proyectado endurecido en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$Fd$  = Peso promedio en kg de las fibras contenidas en los tres núcleos de hormigón proyectado endurecido

$\rho d$  = Densidad promedio en  $\text{kg}/\text{m}^3$  de los tres núcleos de hormigón proyectado endurecido

$Wd$  = Peso promedio de los núcleos de hormigón proyectado (kg)

### 9.10.3 Pruebas durante la construcción

#### 9.10.3.1 Pruebas de las mezclas hormigón método seco

El Contratista deberá extraer núcleos de hormigón proyectado colocado en la obra, por medio de perforaciones con broca de diamante, según la Norma ASTM-C 42 en su última versión y como se especifica más adelante. El Contratista deberá suministrar las brocas de diamante, los sacanúcleos, la energía y el equipo para llevar a cabo estas perforaciones. La perforación de los núcleos deberá hacerse de acuerdo con la mejor práctica y por personal competente y experimentado. La frecuencia aproximada para la toma de estos núcleos de hormigón proyectado deberá ser como mínimo de dos por cada 50 m<sup>3</sup> aplicados. El número de núcleos podrá ser incrementado si LA SUPERVISIÓN así lo ordena. Los núcleos se deberán obtener cuando lo indique LA SUPERVISIÓN, en el sitio y a la profundidad determinados por ésta.

La perforación para núcleos se deberá hacer perpendicularmente a la superficie del hormigón y deberá cubrir el espesor total del hormigón proyectado colocado y penetrar, además, 7,5 cm dentro de la roca.

Los núcleos deberán tener diámetros finales de 7,5 cm. Se deberá tener especial cuidado en la perforación y manejo de los núcleos a fin de obtener muestras enteras y adecuadas que sean razonablemente derechas, lisas y libres de residuos metálicos de la fibra de refuerzo y en la mejor condición posible. Cada núcleo se deberá perforar con la anticipación suficiente, antes de los 28 días calendario, determinada por LA SUPERVISIÓN, para permitir la preparación y ensayo de resistencia a la compresión cuando ésta lo indique. El Contratista deberá llevar en la forma que lo indique LA SUPERVISIÓN, un registro preciso de todas las perforaciones, incluyendo una descripción de las condiciones encontradas, características del hormigón proyectado perforado, y la localización de cualquier grieta, junta o rotura en los núcleos. Este registro deberá estar a disposición de LA SUPERVISIÓN en cualquier momento durante el progreso de la obra y se le deberá entregar a ésta cuando se termine el trabajo de perforación de cada núcleo.

Al Contratista podrá exigírsele el relleno con mortero de los huecos perforados en el hormigón proyectado, según lo determine LA SUPERVISIÓN.

Inmediatamente después de su extracción, cada núcleo, incluyendo todos los fragmentos si los hay, colocados en su correcto orden, se deberá envolver y sellar en papel impermeable o tela de polietileno y empacar en cajas de madera fuertes, con aserrín húmedo alrededor del mismo. Cada muestra y cada caja se deberán marcar a fin de identificar correctamente las muestras. No habrá pago por separado por la extracción de los núcleos, ni por el empaque y las cajas, transporte e identificación de los mismos.

Después de que las muestras se hayan empacado y marcado correctamente y que éstas, así como las cajas, estén marcadas, se debe proceder a asegurar las cajas con listones y a trasladarlas al lugar que indique LA SUPERVISIÓN.

Con el objeto de establecer un adecuado control sobre las resistencias iniciales del hormigón proyectado, periódicamente se realizarán ensayos sobre cubos a las edades de 8 horas y de 3 días. Para la obtención de estos cubos se seguirá un procedimiento similar al especificado en el numeral 9.10.2.3, con la diferencia de que la aplicación sobre los paneles se deberá realizar en el frente de excavación, inmediatamente antes de la aplicación normal del hormigón proyectado. Una vez realizada la aplicación sobre los paneles, El Contratista deberá trasladar los paneles a los patios de los portales y entregarlos a LA SUPERVISIÓN. No habrá pago por separado por la aplicación de hormigón proyectado sobre los paneles, los cuales se deberán realizar con la frecuencia que determine LA SUPERVISIÓN, pero siempre con una frecuencia mínima de dos por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón proyectado colocado. No habrá compensación ni prórroga de plazo por la interrupción o modificación que la aplicación de hormigón proyectado en los paneles pueda ocasionar en la ejecución de otras operaciones.

Periódicamente LA SUPERVISIÓN realizará los ensayos especificados en el numeral 9.10.2, para controlar la compatibilidad entre el cemento y el aditivo que se estén empleando en la obra. Para tal fin El Contratista deberá suministrar las muestras requeridas por LA SUPERVISIÓN.

### 9.10.3.2 Pruebas de las mezclas hormigón método húmedo reforzado con fibra de acero

#### *Resistencia a la compresión uniaxial*

Se realizarán según lo establecido en el numeral 9.10.3.1.

#### *Pruebas de tenacidad*

Se deberán realizar tres ensayos de tenacidad de acuerdo con la Norma " Energy Absortion Class-Plate Test" de la EFNARC cada 50 m<sup>3</sup> aplicados, como se mencionó en el numeral 9.10.2.4. Cuando las pruebas de tenacidad realizadas con los ensayos de la Norma EFNARC no cumplan los requisitos indicados en el numeral 9.10.2.4, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la colocación de espesores adicionales a costa del Contratista, según se describe en la Sección 9.11.

En ningún caso el espesor adicional de hormigón proyectado será inferior a 5,0 cm.

#### *Contenido de fibra de acero en el hormigón proyectado aplicado*

Se deberán realizar, como mínimo, dos ensayos por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón proyectado aplicado.

La determinación del contenido de fibra de acero será realizada por LA SUPERVISIÓN mediante alguno de los métodos descritos en el numeral 9.10.2.4, sobre muestras de hormigón proyectado aplicado fresco o sobre muestras de hormigón proyectado aplicado endurecido.

La frecuencia de los ensayos será determinada por LA SUPERVISIÓN pero en ningún caso será menor a dos ensayos por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón proyectado colocado en la obra.

Los núcleos deberán ser extraídos del hormigón proyectado colocado en la obra por El Contratista por medio de perforaciones con broca de diamante, según la Norma ASTM C42. El Contratista deberá suministrar las brocas de diamante, los saca núcleos, la energía, la mano de obra, el equipo y todo lo necesario para llevar a cabo estas perforaciones. La perforación de los núcleos deberá hacerse de acuerdo con la mejor práctica y por personal competente y experimentado. La perforación de los núcleos deberá hacerse perpendicularmente a la superficie del hormigón y deberá cubrir el espesor total del hormigón proyectado colocado. Los núcleos no podrán tomarse antes de tres días de aplicado el hormigón proyectado. LA SUPERVISIÓN podrá exigir al Contratista el relleno con mortero de los huecos perforados en el hormigón proyectado. Cada muestra se deberá identificar correctamente.

No habrá pago por separado por la extracción identificación y transporte de los núcleos, ni por la toma de muestras de hormigón proyectado fresco para la determinación del contenido de fibra del hormigón proyectado aplicado.

## **9.11 AUMENTO DE ESPESORES POR BAJA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA O POR BAJOS CONTENIDOS DE FIBRA**

Si la resistencia promedio de los núcleos sometidos al ensayo de compresión, tomados con la frecuencia señalada, indica que el hormigón proyectado colocado no tiene la resistencia especificada de 26 MPa, LA SUPERVISIÓN podrá aceptar el volumen de hormigón proyectado de baja resistencia representado por dichos núcleos de prueba, pero El Contratista deberá colocar, a su costa, espesores adicionales de hormigón proyectado, de acuerdo con lo establecido en el Cuadro 9.5, pero teniendo en cuenta la salvedad especificada en la Sección 9.9 referente a reducción de capacidad hidráulica requerida en las obras subterráneas y que la resistencia final a los 28 días no podrá en ningún caso ser inferior a 15,6 MPa.

En ningún caso, el espesor adicional de hormigón proyectado será inferior a 5,0 cm. Para el caso específico del hormigón proyectado reforzado con fibra de acero, el espesor adicional que se coloque, debido a baja resistencia confinada no requerirá de fibra de acero siempre

y cuando se demuestre que el hormigón ya colocado contiene la cantidad de fibra de acero prevista por m<sup>3</sup> de hormigón reforzado.

La capa adicional deberá aplicarse dentro de los límites establecidos por LA SUPERVISIÓN. El volumen por aplicarse corresponderá a la capa del espesor adicional especificado por el área evaluada donde se tomaron los núcleos cuyas resistencias fueron bajas. Una vez colocado este hormigón, se deberán realizar de nuevo las perforaciones de control para verificar el espesor.

**CUADRO 9.5**  
**AUMENTO DE ESPESOR**

<b>Resistencia de los núcleos de prueba MPa</b>	<b>Espesor adicional</b>
20,9 a 25,9	20% del espesor aplicado
18,3 a 20,8	30% del espesor aplicado
Resistencia de los núcleos de prueba MPa	Espesor adicional
15,6 a 18,2	40% del espesor aplicado
Menos de 15,5	El hormigón proyectado deberá y será retirado y reemplazado por y a costa del Contratista.

Si durante las pruebas para la verificación del contenido de fibras en el hormigón colocado se encuentra que éste es inferior a 30 kg/m<sup>3</sup> de hormigón o la cantidad de fibra por m<sup>3</sup> determinada en los ensayos se deberá colocar un espesor adicional de hormigón reforzado con fibra, en cantidades establecidas por LA SUPERVISIÓN, de tal forma que se garantice en el producto final una energía absorbida de no menos de 1000 joules determinada de acuerdo con los criterios establecidos en el numeral 9.10.2.4 .

### 9.12 SEGURIDAD INDUSTRIAL

El Contratista deberá tomar todas las precauciones que sean necesarias para garantizar la máxima seguridad del personal que se dedique a la elaboración y aplicación del hormigón proyectado. El operario del equipo de aplicación del hormigón deberá llevar una máscara apropiada, equipada con un dispositivo de filtro que retenga materiales tóxicos, así mismo deberá proveerse a todo el personal que ejecute esta labor, de cascos, botas, guantes y todo el vestuario necesario para protegerlos de la acción del álcalis y otros químicos contenidos en las mezclas del hormigón proyectado.

El Contratista deberá proveer todos los elementos necesarios para una aplicación del hormigón proyectado cómoda y segura para el operario, la cual deberá ejecutarse con las técnicas de práctica común. Deberá adoptar todas las medidas que sean necesarias para garantizar la seguridad del personal durante y después de la colocación del hormigón proyectado, tanto en superficie como en excavaciones subterráneas, incluyendo entre otras, el desabombe adecuado e intenso de las superficies sobre las cuales se aplicará el hormigón proyectado.

Con una anticipación de 30 días a la iniciación de los trabajos de colocación del hormigón proyectado en la obra, El Contratista deberá presentar, para aprobación de LA SUPERVISIÓN, el plan de seguridad industrial que se propone implementar en la ejecución de estos trabajos. Dicho plan deberá incluir, pero no limitarse, al control de la estática eléctrica en el frente de aplicación, las normas para aplicación que debe conocer el operario, el control de riesgos por rebote de material, el mantenimiento rutinario para evitar roturas o taponamientos en mangueras y boquillas, el manejo de materiales y la prevención de accidentes por toxicidad o quemaduras cáusticas causadas por los aditivos, y el control de polvo de desecho.

En caso de que El Contratista opte por la utilización de equipos como "robots" para la colocación del hormigón proyectado, El Contratista deberá garantizar la seguridad industrial de todo el personal que labore en la zona de aplicación del hormigón proyectado.

### 9.13 MEDIDA Y PAGO

#### 9.13.1 Generalidades

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios del Ítem 9 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en la aplicación de hormigón proyectado en la obra por los métodos seco y húmedo, con refuerzo de fibra de acero o sin él, aprobado por LA

SUPERVISIÓN, y se pagará a los precios unitarios de los Ítems 9 de la Lista de cantidades y precios. El hormigón proyectado se aplicará sobre superficies de roca, superficies naturales o excavadas, sobre soportes de acero y sobre hormigón proyectado aprobado previamente, en los sitios mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

A menos que se especifique algo diferente, en estos precios se deberá incluir el suministro de todos los materiales, toda la mano de obra, instalaciones y equipos necesarios para preparar las superficies que habrán de recibir el hormigón proyectado, así como también la dosificación, mezcla, transporte y aplicación del hormigón proyectado, según lo especificado.

### **9.13.2 Trabajos que tendrán medida y pago por separado**

Los siguientes trabajos, que se deben realizar para completar esta parte de la obra, se medirán y pagarán según se establece a continuación:

- Perforación de lagrimales y huecos de drenaje, según lo especificado en el Capítulo 10 - Inyecciones a presión y huecos de drenaje.
- La malla electrosoldada sobre la cual se podrá colocar el hormigón proyectado tendrá medida y pago por separado, según lo especificado en el Capítulo 13 – Acero de refuerzo. En caso de aprobarse el uso del hormigón proyectado preparado por el método húmedo reforzado con fibra de acero, ésta tendrá medida y pago por separado como la malla electrosoldada reemplazada según lo especificado en el Capítulo 13 – Acero de refuerzo.
- La remoción del hormigón proyectado dañado por empujes del terreno que no hayan sido causados por procedimientos inadecuados del Contratista en la excavación y soporte, y la reexcavación del terreno hasta los límites indicados por LA SUPERVISIÓN, según lo especificado en la Sección 9.9 se medirán y pagarán de acuerdo con lo establecido en los Capítulos 2 y 4 para excavación adicional en corte abierto y subterránea, respectivamente.

### **9.13.3 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado**

No habrá medida ni pago por separado por la realización de los siguientes trabajos requeridos para completar esta parte de la obra:

- Preparación de las superficies sobre las cuales se vaya a aplicar hormigón proyectado de acuerdo con lo especificado en el numeral 9.5.1 .
- Los trabajos de topografía necesarios para la medición y control permanente de la obra.
- Suministro e instalación de calibradores para medir espesores de hormigón proyectado y ejecución de perforaciones para verificar espesores, según lo especificado en el numeral 9.5.2.
- Control y manejo del agua de infiltración que se encuentre en las superficies sobre las cuales se vaya a aplicar hormigón proyectado, según lo especificado en el numeral 9.5.4.2 y en la Sección 9.6 .
- El material de rebote y su remoción y disposición, según lo especificado en el numeral 9.5.4.3.
- Curado del hormigón proyectado, según lo especificado en el numeral 9.5.4.4.
- Suministro e instalación de tubos de drenaje en superficies de excavaciones en corte abierto, según lo especificado en el numeral 9.5.4.2.
- Retiro y reemplazo de hormigón proyectado dañado o defectuoso que haya sufrido deterioro por causas imputables al Contratista.
- Retiro y reemplazo de hormigón proyectado con resistencias inferiores a 25,9 MPa, cuando lo exija LA SUPERVISIÓN, o aplicación de espesores adicionales según lo especificado en la Sección 9.11.

- Retiro y, si es necesario, excavación del terreno y reemplazo del hormigón proyectado que quede por dentro de los límites de soporte mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.
- Suministro de muestras, toma de núcleos, aplicación de hormigón proyectado en paneles de prueba y ejecución de todo lo necesario para los ensayos, de acuerdo con lo especificado en la Sección 9.10, incluyendo el relleno con mortero de las perforaciones para control y extracción de núcleos.
- El hormigón proyectado que se aplique en el frontón de las excavaciones subterráneas como sistema provisional de soporte, cuyo costo deberá estar involucrado en los precios unitarios de dichas excavaciones subterráneas.
- Hormigón proyectado usado por El Contratista para su propia conveniencia, incluido el hormigón proyectado que El Contratista aplique con anterioridad al cumplimiento de todos los requisitos previos establecidos en este capítulo.
- Aditivos acelerantes de fraguado o aditivos de cualquier otro tipo aprobados por LA SUPERVISIÓN utilizados hormigón proyectado.
- El hormigón proyectado que El Contratista aplique en la obra con anterioridad a la ejecución de los ensayos previos a la aplicación de hormigón proyectado que se especifican en el numeral 9.10.2, o con anterioridad a la aprobación por escrito de LA SUPERVISIÓN de los materiales, instalaciones y equipo que El Contratista se proponga emplear durante la ejecución de la obra.
- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar El Contratista para cumplir lo especificado en este capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.

#### **9.13.4 Requisitos para la medida y pago**

LA SUPERVISIÓN autorizará la medida y pago de los ítems enumerados en la Sección 9.14, cuando El Contratista haya completado a satisfacción de LA SUPERVISIÓN y todo de acuerdo con estas especificaciones, los siguientes trabajos:

- Suministro de muestras y ejecución de todos los ensayos establecidos en la Sección 9.10 .
- Realización de pruebas de aplicación de hormigón proyectado para verificar la idoneidad del personal del Contratista.
- Producción o suministro de agregados que cumplan con todos los requisitos establecidos en las especificaciones.
- Aplicación de hormigón proyectado con los espesores mínimos requeridos por LA SUPERVISIÓN.
- Utilización de dosificadores mecánicos de aditivo.
- Comprobación de resistencia y de espesores de hormigón proyectado mediante perforaciones de control.
- Verificación del contenido de fibras de acero en caso de utilizar hormigón proyectado preparado por método húmedo.
- Cargue, acarreo y disposición en las zonas de depósito del material de rebote del hormigón proyectado.
- Ejecución de las pruebas establecidas en las especificaciones para controlar las resistencias iniciales y a los 28 días del hormigón proyectado, según lo establecido en los numerales 9.10.2.3 y 9.10.2.4.

### 9.13.5 Medida

La medida para el pago del hormigón proyectado en superficies de excavación en corte abierto, será el volumen teórico en m<sup>3</sup> aproximado al décimo de m<sup>3</sup> del hormigón proyectado colocado y aceptado por LA SUPERVISIÓN, incluyendo todos los aditivos acelerantes de fraguado o de cualquier otro tipo requerido en la obra, en excavaciones subterráneas o a corte abierto. El volumen teórico de hormigón proyectado será calculado multiplicando el área teórica sobre la cual se aplica, que corresponderá siempre a la línea teórica de excavación, por el espesor mostrado en los planos o autorizado por escrito y verificado en campo por LA SUPERVISIÓN. Por lo tanto no se reconocerá el pago por el material de rebote, ni por el hormigón proyectado adicional que se aplique por causa de las sobreexcavaciones o baja resistencia.

La medida para el pago del hormigón proyectado aplicado en excavaciones en la fundación de la presa y superficies naturales, será el volumen en m<sup>3</sup> aproximado al décimo de m<sup>3</sup> del hormigón proyectado descargado a través de la boquilla de riego y aceptado por LA SUPERVISIÓN. El volumen de hormigón proyectado será calculado convirtiendo el peso del material mezclado en la máquina de dosificación a m<sup>3</sup>; para tal fin se establece que 2090 kg de material mezclado en bruto (cemento y agregados superficialmente secos) producen un m<sup>3</sup> de hormigón proyectado.

La medida para el pago del hormigón proyectado durante la excavación subterránea, será el volumen teórico de hormigón proyectado calculado multiplicando el área teórica sobre la cual se aplica, que corresponderá siempre a la línea teórica de excavación, por el espesor mostrado en los planos o autorizado por escrito y verificado en campo por LA SUPERVISIÓN. Por lo tanto, no se reconocerá el pago por el material de rebote, ni por el hormigón proyectado adicional que se aplique por causa de las sobreexcavaciones o baja resistencia. Para la excavación y soporte en terreno tipo I no se requerirá malla electrosoldada ni fibra de acero con el hormigón proyectado a menos que LA SUPERVISIÓN lo indique.

### 9.13.6 Pago

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios de los Ítems 9 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la elaboración y aplicación de hormigón proyectado y deberá incluir el suministro de todos los materiales, instalaciones, equipo y mano de obra para realizar los trabajos que no tendrán medida ni pago por separado según lo establecido en el numeral 9.13.3 y para realizar todos los trabajos que sean necesarios para completar esta parte de la obra, incluyendo todos los costos en que tenga que incurrir El Contratista para hacer cambios y modificaciones de instalaciones, equipos, materiales y mano de obra, según lo establecido en el numeral 9.13.4.

## 9.14 ÍTEMS DE PAGO

Todo el costo de los trabajos especificados en este capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados por El Contratista para los siguientes ítems:

Ítem	Descripción	Unidad de medida
9.1	Hormigón proyectado, en superficies de excavación en corte abierto	m <sup>3</sup>
9.2	Hormigón proyectado en la fundación de la presa y superficies naturales	m <sup>3</sup>
9.3	Hormigón proyectado en superficies de excavación subterránea	m <sup>3</sup>