

## ARTÍCULO 631 - 07

### LECHADA PARA DUCTOS DE CONCRETO PREESFORZADO

#### 631.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro de materiales y la mezcla de cemento, agua y, eventualmente, arena fina y aditivos, y su inyección en los ductos de las armaduras activas para establecer la necesaria adherencia entre dichas armaduras y el concreto, así como protegerlas contra la corrosión.

#### 631.2 MATERIALES

##### 631.2.1 Agua

El Constructor deberá someter a la aprobación del Interventor, las fuentes de agua que se propone utilizar, indicando los sistemas de tratamiento, si se requieren, y presentando los análisis químicos respectivos.

El agua que se utilice para fabricación de la lechada, deberá ser limpia, libre de aceites, tierra, materia orgánica, azúcar, sedimentos, sales, álcalis, ácidos y cualquier otra sustancia que pueda afectar la calidad, resistencia y/o durabilidad de las obras. En particular, no deberá contener más de doscientos cincuenta miligramos ( 250 mg ) de ión cloro por litro de agua, según la norma de ensayo ASTM D-512; su pH, determinado según la norma ASTM D-1293 deberá estar entre seis y ocho ( 6 y 8 ); y no podrá presentar trazas de hidratos de carbono.

Si se emplea agua potable, no se requiere ningún ensayo para verificar su calidad.

##### 631.2.2 Cemento

El Cemento para la lechada será Portland que corresponda a los tipos I, II ó III de los establecidos en el Artículo 501 de estas especificaciones. El cemento que se use en la inyección deberá ser fresco y no contendrá grumos, ni otras muestras de hidratación o fraguado falso.

##### 631.2.3 Arena

La arena que se emplee eventualmente en la lechada deberá pasar, en su totalidad, el tamiz de 600  $\mu\text{m}$  (No.30) y no deberá contener partículas de tamaño inferior al tamiz de 75 $\mu\text{m}$  (No.200). Deberá, además, estar exenta de impurezas y sustancias perjudiciales, tales como iones ácidos, y de partículas laminares procedentes de mica o pizarra.

##### 631.2.4 Aditivos

Se permitirá el uso de aditivos, si se demuestra que ellos mejoran las propiedades de la mezcla y no causan efectos perjudiciales sobre el acero de pre-esfuerzo. Su empleo se deberá efectuar siguiendo las instrucciones del fabricante.

### **631.3 EQUIPO**

El equipo para la inyección deberá incluir un mezclador capaz de realizar una mezcla mecánica continua que produzca una lechada libre de grumos y cemento no disperso, una bomba de inyección y equipo de limpieza con suministro de agua. El equipo debe permitir el bombeo de la lechada de manera que cumpla todos los requisitos. Deberán proveerse, además, equipos accesorios que proporcionen medidas de los sólidos y líquidos para obtener una mezcla adecuada.

Entre el mezclador y la bomba se deberá instalar un filtro a través del cual se tamizará la lechada. Este filtro deberá ser de fácil inspección y limpieza.

La bomba deberá ser de desplazamiento positivo y ser capaz de producir una presión de salida de al menos diez kilogramos por centímetro cuadrado (10 kg/cm<sup>2</sup>). Deberá, además, disponer de sellos adecuados para prevenir el ingreso de aceite, aire o sustancias extrañas en la mezcla, y para prevenir la pérdida de agua; igualmente, deberá estar provista de un dispositivo de seguridad que evite sobrepresiones que se puedan producir por atascos en el interior de los ductos. Su alimentación deberá ser por gravedad, desde una tolva colocada directamente sobre ella, la cual deberá mantenerse llena, al menos parcialmente, durante todo el proceso de bombeo, de modo que se evite la entrada de aire en el ducto.

Bajo condiciones normales, el equipo para la inyección deberá ser capaz de suministrar lechada al tendón más largo en un tiempo inferior a veinte (20) minutos.

### **631.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **631.4.1 Generalidades**

La inyección se deberá llevar a cabo lo antes posible después del tensado, no debiendo transcurrir entre la iniciación de éste y el principio de aquella más de los plazos establecidos en el numeral 631.4.5 de esta especificación, salvo si se ha previsto una adecuada protección provisional de las armaduras, o existe autorización expresa del Interventor.

#### **631.4.2 Preparación de los ductos**

Antes de proceder a la inyección se deberán limpiar los ductos con aire a presión, observando si éste llega a salir por el extremo opuesto en forma continua y regular, o si, por el contrario, existe algún tapón en el ducto, capaz de impedir el paso de la inyección, en cuyo caso se tomarán las medidas oportunas para asegurar que el conducto quede correctamente inyectado.

Si los cables han sido lubricados o protegidos provisionalmente, se deberá inyectar agua hasta eliminar el producto utilizado.

#### **631.4.3 Diseño y elaboración de la lechada**

La composición de la mezcla deberá contar con la aprobación del Interventor y se podrá establecer mediante ensayos efectuados antes de realizar la inyección, o puede ser seleccionada con base en experiencias previas con materiales y equipos similares en condiciones climáticas equivalentes. Salvo que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, no se utilizará la arena fina en la inyección de ductos de diámetro inferior a quince centímetros (15 cm).

La lechada deberá tener la consistencia máxima compatible con la inyectabilidad. Sus características se indican en el numeral 631.5. Por lo general, la relación agua/cemento no deberá exceder de cuarenta y cinco centésimas (0.45).

Para su fabricación, los componentes se introducen en el depósito de mezcla en el siguiente orden: agua, cemento y arena, en el caso de recomendarse el uso de esta última. Si se emplea algún aditivo, éste se deberá agregar en la segunda mitad del tiempo de mezclado, a no ser que el fabricante recomiende algo diferente.

El tiempo de mezclado dependerá del tipo de mezclador utilizado, pero deberá ser el suficiente para obtener una lechada uniforme, sin exceso de incrementos de temperatura o pérdida de propiedades expansivas del aditivo, pero no puede ser menor de 4 minutos. La lechada deberá ser permanentemente agitada durante el bombeo. No se permitirá la adición de agua para incrementar la manejabilidad de la mezcla, cuando ésta haya disminuido por uso tardío de la lechada.

#### **631.4.4 Inyección**

Todas las coberturas de llenado y ventilación deberán estar abiertas en el momento de iniciar la inyección. La inyección se deberá efectuar desde el anclaje más bajo o la abertura de ventilación inferior del ducto, con todos los tubos restantes abiertos. A medida que la inyección vaya saliendo por los sucesivos tubos de purga más próximos al punto por donde se inyecta, se irán cerrando éstos, dejando previamente fluir por ellos la lechada hasta que tenga la misma consistencia que la que se inyecta y hayan cesado de salir burbujas de aire.

La capacidad de la bomba inyectora debe poder asegurar dentro de los ductos de menos de diez centímetros (10 cm) de diámetro una progresión de seis (6) a doce (12) metros por minuto, con una presión compatible con la resistencia de los ductos y, como mínimo cero punto cinco megapascals (0.5 MPa) o cinco kilogramos por centímetro cuadrado ( $5 \text{ kg/cm}^2$ ) y como máximo un megapascal (1 MPa) o diez kilogramos por centímetro cuadrado ( $10 \text{ kg/cm}^2$ ).

La inyección de cada ducto se hará de forma continua e ininterrumpida, con la uniformidad necesaria para impedir la segregación de la mezcla, y hasta que se observe que la consistencia de la lechada en la salida del ducto corresponde a la misma que se está aplicando en el extremo opuesto.

Una vez aprobada la consistencia de la lechada en la salida del ducto y para asegurar que el tendón permanece lleno de lechada, se cerrará el orificio de salida y se dejará que la presión de bombeo llegue hasta la utilizada, presión que se mantendrá durante un mínimo de tres (3) minutos, procediendo a continuación, a tapar la entrada. Los tapones, válvulas y demás accesorios no se deberán remover hasta que la lechada haya secado.

No deberán transcurrir más de treinta (30) minutos desde el amasado hasta el comienzo de la inyección, a no ser que se utilicen retardadores.

Para evitar grumos, se recomienda pasar el mortero por un tamiz al momento de efectuar la inyección. Este tamiz eliminará al mismo tiempo las posibles impurezas. La abertura de la malla será de No 10.

En caso de defectos en la operación de inyección, tales como fugas por rotura de ductos, o por falta de compactación en el concreto que los rodea, éstos deberán ser reparados hasta lograr que la lechada los llene perfectamente. En caso de taponamientos en los ductos, tales taponamientos deberán ser localizados y eliminados; para ello, se lavará en sentido contrario a la inyección, inyectando agua a alta presión hasta lavar totalmente el ducto en sentido contrario. Luego se lavará nuevamente en sentido de la inyección y se repetirá la operación de inyección.

Si no se logra eliminar el taponamiento, se deberá perforar el concreto por medio de barrenos hasta las proximidades del taponamiento, para proporcionar paso a la inyección y asegurar el llenado del resto del ducto.

Por ningún motivo se permitirá que un ducto o parte del mismo quede sin la protección que proporciona la lechada, pues se corre el riesgo de que se rompa por efecto de la corrosión.

#### **631.4.5 Limitaciones en la ejecución**

Cuando la temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0°C), los ductos se deberán mantener libres de agua.

La temperatura del concreto deberá ser, como mínimo, dos grados Celsius (2°C), desde el momento de la inyección hasta que la resistencia de cubos de prueba de lechada alcance un valor mínimo de cincuenta y seis kilogramos por centímetro cuadrado (56 kg/cm<sup>2</sup>).

La lechada no deberá tener una temperatura superior a treinta y seis grados Celsius (36°C) durante el proceso de mezcla o bombeo. Si es necesario, el agua de mezclado deberá ser enfriada.

El intervalo permisible entre la instalación del acero de alta resistencia y la inyección de la lechada de cemento, sin el uso de un inhibidor de corrosión, para las diferentes condiciones climáticas a que puede estar expuesta la estructura, está dado por:

- a) Atmósfera muy húmeda (humedad relativa mayor a 70%), no deben pasar más de 7 días.
- b) Atmósfera moderada (humedad relativa entre un 40% y 70%), no deben pasar más de 15 días.
- c) Atmósfera muy seca (humedad relativa menor a 40%), no deben pasar más de 20 días.

#### **631.4.6 Manejo ambiental**

Todas las labores de fabricación y ejecución de la lechada para ductos de concreto preesforzado se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### **631.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### **631.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Constructor.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Controlar la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada.
- Verificar la resistencia de la lechada endurecida.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Controlar las presiones del manómetro de la bomba durante la inyección.
- En caso de duda sobre la calidad de la inyección realizada, exigir la realización de radiografías del ducto, las cuales se tomarán a costa del Constructor.

### **631.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **631.5.2.1 Calidad de los materiales**

El Interventor efectuará todas las comprobaciones que considere necesarias, para asegurar que los materiales se ajustan a los requisitos de calidad establecidos en el numeral 631.2 de este Artículo. Todo material que no los satisfaga, será rechazado.

#### **631.5.2.2 Calidad de la lechada**

La lechada deberá tener la máxima consistencia que sea compatible con la inyectabilidad. El valor de la fluidez, expresado por el tiempo que tarda en salir un litro de lechada (1 l) por el cono de Marsh, estará comprendido entre diecisiete y veinticinco segundos (17 s - 25 s).

El valor de la exudación, medido en probeta cilíndrica, herméticamente cerrada, de diez centímetros (10 cm) de diámetro y diez centímetros (10 cm) de altura, no será superior al dos por ciento (2%) a las tres (3) horas, ni al cuatro por ciento (4%), como máximo absoluto y la propia lechada deberá reabsorber el agua exudada pasadas veinticuatro (24) horas.

La reducción de volumen o contracción, medida sobre la misma probeta, no será superior al dos por ciento (2%).

En cuanto a la expansión eventual, que se presenta cuando se utilizan aditivos destinados para tal fin, no podrá exceder del diez por ciento (10%).

La resistencia a compresión de la pasta no será inferior a treinta megapascales (30 MPa) o trescientos kilogramos por centímetro cuadrado ( $300 \text{ kg/cm}^2$ ), a los veintiocho (28) días.

#### **631.5.2.3 Calidad del producto terminado**

Todos los ductos deberán ser llenados totalmente por la lechada. En caso de defectos, se procederá como se indica en el numeral 631.4.4.

El Interventor se abstendrá de aceptar materiales y mezcla cuya calidad no se ajuste a las exigencias de la presente especificación, como tampoco trabajos cuyas deficiencias atenten, a su juicio, contra la calidad y duración de la obra en la cual se inyecta la lechada. Todas las correcciones y modificaciones que se deban efectuar correrán por cuenta del Constructor, quien deberá realizarlas a plena satisfacción del Interventor, en el menor tiempo posible.

#### **631.6 MEDIDA**

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la lechada requerida para llenar los ductos de concreto preesforzado.

#### **631.7 FORMA DE PAGO**

No habrá pago separado por la lechada para ductos de concreto preesforzado. Por lo tanto, todos los costos de suministro de materiales, almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos, inyección, radiografías y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos especificados deberá estar incluido en el ítem correspondiente a el Artículo 641, “Acero de preesfuerzo”.